

# **LES DEGATS DE CRUES**

**Akka AOUDA**

*Directeur provincial des Travaux Publics d'Errachidia*

*Le maintien de la circulation en période hivernale constitue une tâche de plus en plus importante qui incombe au gestionnaire du réseau routier. Ce souci du maintien de la circulation nécessite une politique globale de conception du réseau et de sa gestion en vue de minimiser la gêne apportée à la circulation.*

*Après une période de sécheresse anormalement prolongée qui a sévi depuis 1980, on assiste à partir de 1987 à une amélioration des conditions hydrologiques et climatologiques.*

*Cette amélioration du module pluviométrique s'est accompagnée d'importants dégâts enregistrés au niveau du réseau routier national.*

#### ***Importance du phénomène sur le plan économique et social.***

*La plupart des crues violentes sont causes de mort par noyade, de dégâts et destructions.*

*Au niveau des infrastructures routières, l'interruption ou la perturbation du trafic occasionnées par les crues constituent une charge trop lourde pour la collectivité. Cette charge se situe à deux niveaux :*

- Sur le plan de la paralysie des échanges assurés par la route et peut si la coupure est durable, avoir des répercussions néfastes sur les régions desservies.*
- Au niveau des crédits nécessaires au rétablissement de la circulation sur les zones de coupure.*

*Pour illustrer l'importance du phénomène, il est nécessaire de souligner que les crédits alloués entre 1987 et 1989 pour la réparation des dégâts de crue sont estimés à 50.000.000 DH.*

## **I/ APPROCHE DU PHENOMENE.**

Pour mieux apprécier le phénomène, il sera utile de donner un aperçu sur ces principales manifestations.

De par son climat semi-aride et par la présence de terrains instables, le phénomène d'érosion constitue un paramètre important mais souvent négligé au niveau de la conception et de l'entretien des routes.

Les sols érodables ont pour dénominateurs communs les caractéristiques suivantes :

- Sols fins à cohésion faible.
- Sols gonflants.
- Sols à structure hétérogène.

Traditionnellement on distingue :

### **A/ La solifluxion.**

Elle constitue un cas particulier du fluage due principalement aux variations volumétriques du sol.

Bien que superficielle, la coulée boueuse peut s'étendre sur des longueurs importantes pouvant entraîner la coupure de la route.

### **B/ Ravinement.**

Ce phénomène apparaît sous forme :

- D'érosion en nappe
- D'érosion en rigole
- D'érosion en ravine

L'Erosion en nappe correspond au début de l'averse; les écoulements d'eau et le transport solide n'ont pas encore dessiné de chemins privilégiés.

L'érosion en rigole apparaît après plusieurs précipitations.

L'érosion en ravine se manifeste essentiellement dans les régions où les précipitations sont orageuses et brèves.

### **C/ Les glissements.**

Dans la gamme des glissements on distingue :

- Les glissements plans qui affectent les terrains de remblais constitués de matériaux pulvérulents à pente raidée ainsi que les talus de déblais présentant des couches de matériaux à caractéristiques faibles, les variations du niveau de la nappe pouvant accélérer le phénomène.

Quant aux glissements rotationnels, ceux-ci sont plus complexes et peuvent toucher aussi bien les talus en déblais ou en remblais.

### **D/ Ecoulements.**

Les écoulements concernent les masses rocheuses, ils sont spectaculaires et dangereux car ils sont soudains. La masse se disloque pendant la chute d'autant plus facilement qu'il existe auparavant un réseau de fissures important. Les blocs se fracturent au contact du sol et peuvent parcourir des distances importantes.

A signaler également des écoulements par fluage dans les zones où les falaises rocheuses reposent sur des marnes plus déformables du fait des contraintes transmises par la falaise et du régime hydraulique défavorable.

### **E/ Sapement de berges.**

Ce phénomène est rencontré aux droits de coudes formés par l'Oued ou l'une des berges est plus exposée à l'écoulement.

### **F/ L'affouillement des lits mobiles.**

L'affouillement des lits d'Oued qui constitue une des causes importantes des dégâts ou de la destruction de certains ouvrages routiers, est un phénomène complexe et brutal qui rassemble des problèmes physiques ou mécaniques liés à l'érosion, la mise en suspension, le transport et la sédimentation.

Ce phénomène dépend :

- De la vitesse de l'eau.
- De la mobilité des matières solides constituant le lit de l'Oued.
- La forme et la grandeur des obstacles.
- L'insuffisance du débouché superficiel des ouvrages.

On distingue généralement :

- L'affouillement généralisé, phénomène qui intervient avant la construction de l'ouvrage routier.
- L'affouillement provoqué par le rétrécissement du cours d'eau occasionné par

l'existence de l'ouvrage et les remblais d'accès.

- L'affouillement localisé autour des piles ou à l'avant des culées de ponts.

a)- L'affouillement généralisé.

Pendant la crue on assiste à une montée du niveau du plan d'eau, phénomène accompagné d'une baisse du niveau du lit de l'Oued (notamment en cas de matériaux pulvérulents).

Par la suite le matériau du lit est soulevé et transporté, les éléments fins sont mis en suspension, les éléments moyens progressent par "sauts", tandis que les gros éléments roulent sur le lit (phénomène de saltation et de charriage).

b)- Affouillement par retrécissement du cours d'eau.

Pour des raisons d'économie surtout, certains ouvrages sont construits plus courts que la largeur de la rivière. Dans la partie rétrécie, le cours du lit s'adapte pour permettre la plus grande profondeur possible.

c)- Affouillement localisé autour de la pile d'un pont.

La présence de la pile engendre un mouvement tourbillonnaire pouvant aller jusqu'à la destruction de l'ouvrage.

D'autres circonstances peuvent s'ajouter aux 3 phénomènes ci-dessous : comme l'obstruction du lit d'Oued par des corps flottants formant barrage (troncs d'arbres arrachés par la crue, etc...).

L'affouillement proprement dit correspond à la somme des 3 affouillements énumérés ci-dessus.

Ces phénomènes de mobilisation et de transport intéressent les matériaux sur une épaisseur notable mais qu'il est difficile d'estimer d'une façon exacte, pour plusieurs raisons :

- L'observation des affouillements au moment de leur apparition sur le site est douteuse, il en est de même de l'épaisseur d'affouillement observé après la crue laquelle ne reflète pas la situation pendant les hautes eaux.

- La deuxième particularité vient de la géométrie même de la section du lit qui, généralement au Maroc, présente un lit mineur assez réduit et un lit majeur important.

La particularité du régime des oueds marocains réside dans un faible débit d'étiage (parfois même inexistant) et un fort débit de crue pendant des durées très limitées.

- Toutes les expérimentations faites en canal simulent des conditions d'écoulement uniforme, ce qui ne correspond pas à la réalité.

## **II/ MESURES PREVENTIVES.**

### **A/ Au niveau de la conception des projets.**

A travers les sinistres constatés, il est permis d'affirmer qu'un grand nombre de dégâts et de destruction d'ouvrages peuvent être évités au moment de la conception du projet. Les insuffisances constatées se rapportent à la saisie des paramètres suivants :

#### **a)- Etudes hydrologiques des ouvrages d'art.**

Certains ouvrages d'art ont péri par manque d'études hydrologiques détaillées.

L'évaluation des débits est faite à partir de formules non adaptées au contexte hydrologique et géologique locales, ceci par absence de formules régionales, en pur méconnaissance de la valeur de la crue, le site sur lequel est projeté l'ouvrage n'a pas fait l'objet de mesures hydrologiques significatives.

Au niveau de l'appréciation des affouillements, des investigations ont été lancées sur certains oueds mais ces études se sont heurtées à l'absence de certains paramètres importants, tels :

- L'absence de données hydrauliques étalées sur une période assez longue.
- Absence de formules donnant l'affouillement et qui sont calées par des essais expérimentaux sur les Oueds marocains.
- Les estimations faites au niveau national ne distinguent pas séparément l'affouillement généralisé et l'affouillement localisé dû à la présence d'obstacles.

Les investigations entamées devront être poursuivies en vue d'une meilleure appréciation des données hydrologiques par :

- L'extension de stations hydrologiques de mesures.
- L'élaboration de formules régionales de l'estimation des débits et des affouillements.
- La poursuite des efforts très importants entrepris au niveau de la construction de retenues qui sont à même de régulariser les débits des oueds et atténuer le transport solide.

b)- Au niveau de la conception des tracés routiers.

L'étude des caractéristiques géométriques d'un tracé routier ne doit pas être dissocié de celle intéressant l'environnement immédiat du projet, d'où l'importance des études géotechniques et géologiques.

#### **B/ Connaissance du réseau - Inventaire des points sensibles.**

Dans la phase de l'exploitation du réseau routier, la connaissance des points faibles du réseau est une donnée essentielle qui incombe au gestionnaire de la route en vue de prévenir la coupure potentielle.

Cet objectif nécessite la mise en place d'une politique globale de gestion de ces points sensibles. Les différents aspects de cette politique englobent :

- La mise au point d'un système de surveillance.
- Un entretien préventif adapté à chaque cas (remise en état, renforcement) en vue de supprimer les points de coupure.

A coup sûr les ouvrages d'art constituent les points les plus névralgiques d'un réseau, ces ouvrages devront être utilisés en permanence par les usagers dans des conditions acceptables de sécurité.

a)- Rappel sur les principales investigations entreprises.

Une circulaire du 20 Février 1963 fixait les conditions de surveillance et de l'entretien des ouvrages d'art dont la portée est supérieure ou égale à 5 mètres.

Des séminaires ont été organisés dans ce sens ainsi que la création d'un comité chargé de la réorganisation et du suivi des ouvrages d'art. Les travaux de ce comité ont abouti aux mesures suivantes :

- Elaboration d'un projet de directives sur la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art.
- Création d'une cellule centrale chargée du suivi et de la surveillance des ouvrages d'art.
- Etablissement d'une nomenclature des parties d'ouvrages et des principaux défauts apparents, dans le but de normaliser la terminologie et faciliter aux services extérieurs de la D.R.C.R. les missions d'inspections qu'ils sont appelés à effectuer.

L'application des directives se heurtent à plusieurs difficultés :

- Les fiches synthétiques sur les ouvrages d'art sont incomplètes, soit par manque de dossiers complets sur chaque ouvrage, soit par manque de formation dans ce domaine.
- Les inspections se font de façon ponctuelle.

Pour remédier à cette situation, il est indispensable de reconduire et d'appliquer strictement les directives :

- Mise en place d'une cellule d'ouvrages d'art au sein des Directions Régionales ainsi qu'une cellule indépendante au niveau des services infrastructures.
- Multiplication des séances de formation continue sur la pathologie des ouvrages d'art, en mettant l'accent sur les fondations qui sont vraisemblablement l'élément le plus important de la structure.

### **III/ ACTIONS CURATIVES.**

Les mesures préventives prises lors des études et dans la phase d'exploitation de la route, sont essentielles pour le prolongement de la durée de vie des ouvrages mais ne peuvent pas garantir d'une manière absolue la pérennité de la circulation.

Des dégâts plus ou moins importants peuvent affecter le réseau à la suite par exemple d'une crue exceptionnelle pour laquelle l'ouvrage n'a pas été calculé.

Le rétablissement de la circulation, en cas de coupure, est une opération nécessitant une grande efficacité, une certaine rapidité dans l'action en vue de réduire le temps d'arrêt des flux de circulation.

#### **A/ Organisation actuelle.**

Devant la répétition de dégâts de crue, la Direction des Routes et de la Circulation Routière diffuse chaque année une note faisant le point des dispositions et mesures de sécurité à prendre au cours des saisons hivernales.

Les consignes données aux services extérieurs en vue de faire face aux situations de crise portent sur les points suivants :

- La permanence.
- Le système d'information.
- Le système d'action.
- Le système de contrôle.

#### *Permanence.*

L'installation d'une permanence obligatoire a été instituée au niveau de chaque DRTP/DPTP ainsi qu'au niveau de chaque subdivision. Cette permanence doit être assurée par des agents compétents qui disposent d'un dossier comprenant tous les éléments d'appréciation nécessaires, notamment :

- Le tableau des permanences et des astreints.
- Les points névralgiques du réseau qui doivent faire l'objet d'une surveillance stricte.



Cette brigade de permanence comprend, outre l'Ingénieur responsable :

- Le chef de la brigade.
- 1 chauffeur.
- 1 mécanicien.
- 1 conducteur d'engin.
- 1 standardiste.

#### *Système d'information.*

Ce système permet la collecte d'informations concernant les prévisions météorologiques, les données du réseau d'annonce de crue fournies par les stations hydrométriques principales.

Pour des Directions à grand rayon d'action, les renseignements collectés auprès des autorités locales et de la Gendarmerie sont souvent très précieux.

#### *Système d'action.*

En situation de crise, il serait illusoire de prétendre garantir en toute circonstance et à chaque instant la libre circulation sur l'ensemble du réseau routier, d'où la nécessité de définir des niveaux de service compte tenu de l'importance de la desserte sur le plan du trafic et de son rôle stratégique pour l'économie de la région.

La carte des points sensibles devra comporter les solutions alternatives de déviation de la circulation en cas de coupure.

La rapidité dans l'action nécessite un certain nombre de préalables :

- Matérialisation des zones névralgiques par des systèmes de barrières fixes.
- Disposer d'une signalisation suffisante et conforme à la réglementation.
- Constituer des stocks de matériaux "Prêts à l'emploi", tels que gabions, buses, profilés métalliques, etc...

## **IV/ PARTICULARITES DES DEGATS DE CRUES DANS LES REGIONS SUBATLASIQUES.**

### **A/ Contexte hydrologique - climatologique.**

Cet ensemble régional est caractérisé par un climat du type aride. La pluviométrie est généralement faible et irrégulière mais les précipitations sont souvent dévastatrices.

Le régime torrentiel du réseau hydrographique peut s'expliquer par le fait que, d'une part l'érosion sur les sols rencontrés est très active ceci en particulier sur les flyschs crétacés, d'autre part la concentration des précipitations sur une période très courte de l'année, phénomène aggravé par l'absence du couvert végétal.

Cette érosion se manifeste par un transport de matériaux depuis le bassin versant et une sédimentation dans les cuvettes et points de rupture de pente.

Pour illustrer le régime torrentiel des ces oueds, contentons nous de donner quelques débits de pointe enregistrés lors des crues d'octobre à décembre 1989 :

| Point de mesure  | Oued                | Débit de pointe<br>$m^3/s$ |
|------------------|---------------------|----------------------------|
| * Station Zaabel | Ziz Errachidia      | 3.400                      |
| * Tadighoust     | Ghèris à Errachidia | 3.500                      |
| * Marroutcha     | Todra à Errachidia  | 2.900                      |
| * Tagougaght     | Guir à Errachidia   | 970                        |
| * Tinouar        | Dadès à Ouarzazate  | 4.200                      |

Ces crues correspondent en général à des périodes de retour variant entre 30 et 40 ans.

#### **B/ Vulnérabilité du réseau routier en période de pluie.**

Pour des raisons d'économie, le réseau routier des Provinces Sud-Atalsiques a été conçu d'une façon assez sommaire.

La morphologie du terrain, l'implantation des agglomérations, le plus souvent à côté des zones vivrières le long des oueds, expliquent la vulnérabilité de ce réseau qui est soumis à des sapements importants en cas de crue. D'une manière générale, les dégâts de crue apparaissent aux niveaux de traversées d'oueds (remblais d'accès emportés, destruction partielle ou complète de certains ouvrages).

a)- Le radier comme solution de franchissement des oueds.

Le franchissement des oueds du Sud est souvent assuré par des radiers.

On distingue :

- Les radiers ordinaires qui sont submersibles pour tout débit du cours d'eau. La chaussée contruite à même le chenal présente l'inconvénient de créer une zone où l'eau ruisselle au lieu de s'infiltrer, ce qui oblige les véhicules à ralentir.

En général ces ouvrages, qui sont fondés sur des terrasses alluvionnaires, ne peuvent pas résister aux crues violentes.

- Les radiers évidés où l'écoulement au dessous de la plate-forme est assuré par des buses.

En période de crue importante, les buses sont facilement comblées par les produits de charriages faisant office de barrage, de ce fait l'ouvrage ne peut résister à l'épreuve de la vitesse de l'eau.

- Le radier semi-submersible surélevé, ancré sur des fondations inaffouillables.

b)- Aspects économiques de la solution radier.

Le franchissement du cours d'eau par un radier est certainement moins coûteux que la construction d'un pont, de plus le manque de données hydrologiques sur ces oueds ne permet pas d'édifier un pont en toute sécurité, mais la solution radier présente un inconvénient important qui est celui de l'interruption du trafic dans l'attente de la décrue.

Ce temps de coupure qui est fonction de la taille du bassin versant, de son allure et de la durée des précipitations, peut atteindre deux à trois jours.

La solution de franchissement à adopter revêt en fait un aspect économique où devront être analysées les incidences de la coupure.

Pour une route d'intérêt national où le trafic est important, on considérera que l'interruption du trafic est inacceptable.

Au contraire pour des dessertes à caractère provincial ou communal, l'interruption du trafic par submersion peut être tolérée.

Par ailleurs et pour un itinéraire donné, il est nécessaire d'assurer une compatibilité hydraulique, c'est-à-dire, admettre la submersion sur tous les ouvrages de cet axe ou ne pas l'admettre.

La construction de radier semi-submersible sur fondations inaffouillables, peut constituer une solution intermédiaire intéressante pour les axes principaux.

## CONCLUSION

Quoique aléatoires, les dégâts occasionnés par les crues peuvent être atténués voire évités. Les actions à mener dans ce sens revêtent différents aspects qui vont depuis la conception des ouvrages jusqu'à la phase de leur entretien.

Au niveau des études, il est primordial d'appréhender tous les paramètres particulièrement ceux ayant trait à l'hydrologie et au phénomène de l'affouillement.

Les investigations déjà entreprises dans ce sens doivent être poursuivies, l'objectif étant de disposer de formules régionales adaptées.

L'entretien préventif des ouvrages d'art constitue un volet important pour la sauvegarde de ce patrimoine, d'où la nécessité de redynamiser et d'appliquer les directives concernant la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art.

Dans les réseaux routiers du Sud, les études d'assainissement de la chaussée sont souvent sommaires eu égard à la faiblesse des précipitations. Devant la répétition de dégâts qui affectent ce réseau, il est essentiel de donner une importance particulière à l'étude des ouvrages d'art.

La solution de recours au radier comme ouvrage de franchissement des oueds du Sud, doit être revue pour certains itinéraires importants. Le radier semi-submersible sur fondations inafouillables et dont le débouché est susceptible de transiter une crue cinquantennale, peut constituer une solution intermédiaire intéressante entre le radier submersible et le pont.

Le rétablissement de la circulation en cas de coupure nécessite une grande efficacité dans l'action.

Pour permettre une meilleure circulation de l'information, il est nécessaire de doter les services extérieurs de moyens de transmission radio.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1<sup>er</sup> Congrès National de la Route (surveillance et entretien des ouvrages d'art)
- 2<sup>ème</sup> Congrès de la Route (Les ouvrages d'art)
- Erosion des fonds mobiles et affouillements autour des piles dans les oueds (DRCR 1978)
- Revue Marocaine du Génie Civil (LPEE) - Revue n° 16 d'avril 1987
- Projet de directive sur la surveillance et l'entretien des ouvrages d'art
- Notes DRCR sur le service hivernal
- Séminaires sur la pathologie des ouvrages
- Dossiers de certaines DRTP/DPTP concernant les dégâts de crue.