

# Méthode d'identification du risque de coupure du réseau routier

P-A. Versini<sup>1</sup>, H. Andrieu<sup>1</sup>, E. Gaume<sup>2</sup>

<sup>1</sup> LCPC ([Pierre-Antoine.Versini@lcpc.fr](mailto:Pierre-Antoine.Versini@lcpc.fr)), <sup>2</sup> ENPC-CEREVE

## Résumé :

Il a été constaté que les réseaux routiers représentent une zone de vulnérabilité importante, qui fait peser un risque sur les usagers, lorsque surviennent des événements pluvieux intenses provoquant des inondations. Ce risque a été mis en évidence lors des récents événements catastrophiques qui se sont produits dans le Sud-Est, et notamment les 8-9 septembre 2002 dans le Gard, où plus de 300 véhicules de secours ont été immobilisés ou emportés par les flots, et certaines victimes se sont retrouvées prisonnières de leur véhicule. Le besoin de développer des méthodes permettant de mieux apprécier ce risque est donc apparu nécessaire en procédant en deux étapes : d'abord proposer des outils de diagnostic a priori pour déterminer les parties du réseau routier les plus vulnérables, susceptibles d'être inondées en cas de pluie intense; ensuite, réfléchir à une modélisation qui pourrait préfigurer un système d'alerte permettant la détection des possibles submersions.

Cette communication traite du premier volet et s'intéresse à la définition d'une méthode d'identification des points du réseau routier susceptibles d'être exposés aux crues. La démarche adoptée s'appuie sur les informations géographiques (MNT, géologie, occupation des sols), hydrologiques et historiques disponibles, ainsi que sur la description des infrastructures routières. Le cadre de l'étude est constitué de la partie du département du Gard sur laquelle a été élaboré le PICH, qui a permis le recensement des points du réseau routier ayant déjà été submergés. Ces données ont permis de conduire une analyse statistique des points de coupure connus et de déterminer des indices discriminants permettant de les retrouver et de les classer. Sur des zones d'études, ce travail a été mené au niveau local pour caractériser le positionnement de la route dans son environnement, ainsi qu'à l'échelle du bassin versant placé en amont. Dans les deux cas, cela a permis de relier la sensibilité aux submersions à certaines des caractéristiques définies à ces deux échelles (pente et altitude locales, surface du bassin versant, occupation du sol et dimensionnement de l'ouvrage par rapport à un débit décennal). La méthode a ensuite été validée sur d'autres zones avec un relatif succès.

## I. Éléments Méthodologiques :

### 1) Objectif

L'objectif est ici de mettre en place une méthode générale d'identification du risque de coupure du réseau routier. Ce travail est une première étape dans l'élaboration d'un outil de prévision des tronçons submergés. L'absence d'information hydrologique, ainsi que la difficile détermination du comportement des bassins versants vis à vis du réseau routier, nous a conduit à placer notre démarche dans le cadre de la prévision des bassins non jaugés. L'information géographique a été privilégiée, et a été placée au centre du travail. Elle permet d'étudier d'une part la route dans son environnement local et d'autre part le comportement hydrologique du bassin.

Cette double analyse permet dans un premier temps d'identifier a priori les points de coupure du réseau et dans un deuxième temps d'y calculer des débits.

### 2) Zone d'étude

La zone choisie s'étend sur le Nord-Ouest du département du Gard, sur laquelle a été réalisé le PICH (Plan d'Intervention des Crises Hydrologiques) par le service d'aménagement des Cévennes (DDE 30). C'est un inventaire (non exhaustif) des coupures historiques du réseau routier. Il distingue 3 types de coupure : intersections (78%), points bas (13%) et côtoiements (9%).

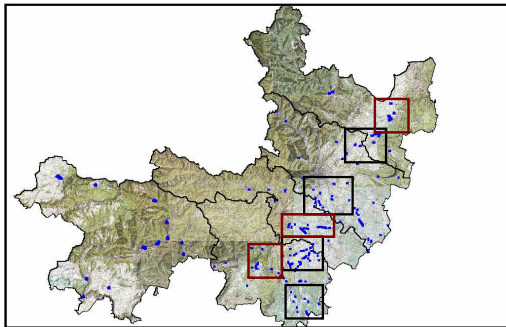


Figure 1: Points submersibles répertoriés dans le PICH, secteurs de calage (noir) et de validation (rouge)

C'est cet inventaire qui a servi à caler et valider les méthodes d'extraction des points sensibles du réseau routier proposées. Quatre secteurs ont été choisis pour le calage et trois secteurs pour la validation.

### 3) Extraction des points potentiellement submersibles

Le modèle numérique de terrain du Gard, ainsi que les bases de données géographiques décrivant le réseau hydrographique et le réseau routier ont été exploités et croisés afin d'extraire un ensemble de points potentiellement submersibles du réseau routier : (i) point d'intersection entre thalwegs et routes, (ii) points bas du réseau routier, (iii) zones de côtoiemement entre routes et réseau hydrographique (cf. figure 2).

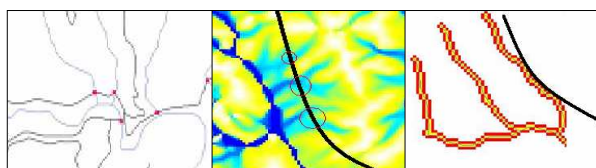


Figure 2 : points reconstitués sous SIG

Ce premier traitement permet d'extraire 532 points sensibles dans les quatre secteurs de calage. Cet échantillon contient presque tous les points identifiés dans le PICH : 62 sur 69. L'étape suivante a consisté à analyser les spécificités des points PICH afin de pouvoir hiérarchiser les 532 points sensibles identifiés.

## II. Mise en place d'un indice de sensibilité à la submersion:

### 1) Recherche de caractéristiques discriminantes

Partant de l'hypothèse que les points répertoriés dans le PICH sont effectivement les plus vulnérables, les spécificités des points PICH par rapport aux autres points potentiellement sensibles ont été recherchées. Deux grands types de caractéristiques ont été analysées : (i) locales, c'est-à-dire les caractéristiques propres du point routier route (altitude, la pente locale, forme de la topographie locale), (ii) caractéristiques du bassin versant amont du point (surface, altitude moyenne, pentes et indice topographique moyens, occupation du sol, géologie, rapport entre le débit décennal théorique et le débit critique de l'ouvrage si disponible).

La comparaison des distributions statistiques des caractéristiques des points PICH et non PICH, a permis la détermination de 4 caractéristiques discriminantes : altitude et pente locales, surface du bassin versant et rapport entre le débit décennal et le débit critique de l'ouvrage.

### 2) Définition d'un indice de sensibilité

Comment combiner ces 4 caractéristiques pour construire un indice de sensibilité ?

Afin d'homogénéiser les valeurs des caractéristiques entre elles et entre les secteurs, il a été choisi de travailler non pas sur la valeur elle-même, mais sur son rang ou plutôt sa probabilité de non dépassement dans l'échantillon des points répertoriés de chaque secteur.

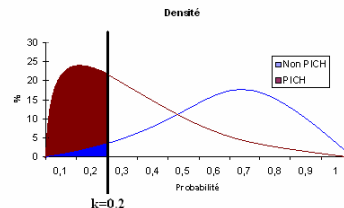


Figure 3 : densité de probabilité type avec un seuil à 0,2

Une combinaison de seuils de valeurs et de connecteurs logiques a ensuite été définie pour définir quatre classes de sensibilité : une classe ROUGE contenant une très grande majorité de points PICH, une ORANGE, une JAUNE et enfin une VERT contenant presque que des points non PICH. Le tableau suivant présente les agencements choisis ainsi que le pourcentage de points PICH et Non PICH sélectionnés. Les résultats obtenus sans l'indice de débit qui n'est pas disponible partout son indiqués entre parenthèses.

	Points retrouvés				
	connecteur	seuil	PICH	Non PICH	PICH/Total
ROUGE	OU (ET)	0,05 (0,4)	32% (26%)	7% (4%)	82% (87%)
ORANGE	ET (OU)	0,8 (0,3)	36% (62%)	31% (46%)	54% (57%)
JAUNE	OU (OU)	0,45 (0,6)	32% (12%)	40% (35%)	44% (26%)
VERT	OU (OU)	0,45 (0,6)	0% (0%)	22% (15%)	0% (0%)

Les proportions de points PICH et non PICH dans chacune des classes obtenues pour les secteurs de calage sont très comparables. La distinction entre point PICH, certainement les plus vulnérables, et non PICH n'est pas parfaite, il a été cependant été possible de raffiner cette distinction en combinant les caractéristiques des points pour construire un indice de sensibilité.

## III. Vers un outil temps réel : couplage avec un modèle pluie-débit

La détection en temps réel des points de coupure potentiels passe par une modélisation hydrologique simple et robuste, utilisant les propriétés géographiques du territoire. Dans ce cadre, le modèle CINECAR a été choisi. A partir d'une division du territoire en sous bassins (1km<sup>2</sup>), il permet l'utilisation des données pluviométriques actualisées ainsi qu'un calcul de l'hydrogramme de crue. La fonction de production utilisée actuellement est le modèle SCS-CN, mais elle peut être modifiée. Le transfert est quant à lui réalisé à l'aide d'un modèle d'onde cinématique.

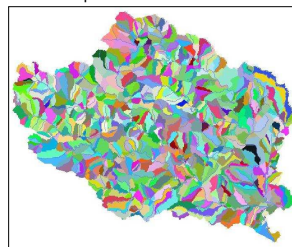


Figure 4 : zone des Gardons divisée en sous bassins

De nombreuses questions peuvent être soulevées lors de la mise en œuvre du modèle. Le mode opératoire sera le suivant :

- Définition et caractérisation géographique des bassins, construction du modèle,
- Essai sur les événements du 8-9 sept 2002
- « Calage » aux exutoires jaugés (2000-2005) : données OHMCV
  - Répartition spatiale de la pluie
  - Calcul des débits
- Transfert des paramètres