

CETE NORMANDIE-CENTRE
LABORATOIRE REGIONAL DES PONTS
ET CHAUSSEES DE BLOIS



UNIVERSITE DE TOURS
DESS IHCE



Rapport critique

Sur

le ruissellement en région Centre

*Rapport de stage réalisé dans le cadre de l'obtention du Diplôme d'Etudes
Supérieures Spécialisées Ingénierie des Hydrosystèmes Continentaux en Europe*

Cédric DELSAUX

mai – septembre 2004

Sommaire

Introduction.....	p.2
I. <u>Les retours d'expérience</u>.....	p.3
1. critique de la méthodologie.....	p.3
2. critique des résultats.....	p.4
II. <u>Le zonage d'aléa à Saint Martin d'Auxigny</u>.....	p.6
1. critique de la méthodologie.....	p.6
2. critique des résultats.....	p.8
Conclusion.....	p.10

Introduction

Ce stage m'a permis de réaliser un travail intéressant, aboutissant à des résultats concrets.

Il me permet notamment l'obtention d'un contrat à durée déterminée au LRPC de Blois, qui constituera ma première expérience professionnelle (hors stages) dans le domaine de l'eau.

En plus du travail de stage sur le ruissellement, j'ai aussi pu travailler sur un PPR inondation, plus précisément le PPR de l'Indre en secteur amont (recherche de laisses de crue, nivellement, modélisation et élaboration de l'atlas des zones inondables).

Enfin, j'ai travaillé au sein d'une équipe accueillante et compétente, travaillant sur des domaines variés, qui m'a aidé en cas de besoin, et que j'ai pu suivre sur le terrain pour des travaux de bathymétrie (surveillance des digues de la Loire), ou pour une formation sur la géologie de la région Centre.

Néanmoins, la méthodologie employée au cours du stage, et les résultats obtenus, peuvent faire l'objet d'un certain nombre de critiques.

Une première partie concerne les critiques sur les retours d'expérience.

Les critiques sur l'élaboration du zonage d'aléa à Saint Martin d'Auxigny sont énumérées en seconde partie.

I. Les retours d'expériences

1. Critique de la méthodologie

Le coefficient de ruissellement a généralement été estimé à partir de la formule rationnelle. Cette formule est la mieux adaptée pour les petits bassins versants étudiés lors des retours d'expérience.

Trois données sont donc requises pour déterminer le coefficient de ruissellement : la surface du bassin versant, le débit de pointe des écoulements dans le talweg, et l'intensité pluviométrique de l'orage.

Concernant le bassin versant, sa délimitation est prédéterminée à l'aide des renseignements topographiques donnés par le Scan 25. Sur le terrain, la délimitation est confirmée, et les facteurs influant sont pris en compte (exemple des chemins forestiers à Saint Amand Montrond qui augmentent la superficie du bassin versant efficace). La surface du bassin versant est ensuite aisément obtenue en utilisant le logiciel Mapinfo.

Obtenir l'intensité pluviométrique se révèle plus problématique. En effet, les stations de mesure de Météo France sont généralement absentes des bassins versants étudiés. Cela contraint à n'utiliser que des témoignages. Les témoignages, recoupés entre eux, permettent le plus souvent de déterminer assez finement l'intensité pluviométrique.

Mais parfois peu de témoignages sont disponibles : l'intensité pluviométrique prise en compte à Saint Amand Montrond ne se base que sur un seul témoignage, le recoupement n'a donc pas été possible.

Le débit de pointe est obtenu par une modélisation sous HEC-RAS, en y entrant des sections en travers et la hauteur d'eau maximale. La hauteur d'eau maximale est déterminée par l'observation de laisses de crue (débris végétaux, sédiments,...) sur le terrain. Pour que les traces laissées par l'écoulement soient visibles, il est nécessaire de se rendre sur le site le plus rapidement possible après l'orage.

Or les articles de presse relatant les événements me sont parvenus parfois longtemps après l'orage ayant provoqué l'inondation par ruissellement. Les laisses de crue ne sont alors plus visibles. Parfois des clichés photographiques ont été réalisés lors des événements. Il faut alors s'assurer qu'ils correspondent à la hauteur d'eau maximale, au pic de crue.

En l'absence de photographies, la hauteur d'eau maximale ne peut être déterminée qu'à partir de témoignages (souvent emprunts d'émotion) de riverains. Le recoupement de ces témoignages permet néanmoins d'arriver à un résultat fiable, mais il est préférable de baser la modélisation sur de véritables laisses de crue.

Il faut enfin noter la confusion possible entre la hauteur atteinte par la ligne d'eau et par la ligne de charge.

Une fois les données de hauteur d'eau acquises, on procède ensuite à une modélisation des écoulements pour déterminer le débit de pointe. Cela ne reste toutefois qu'une modélisation. En effet, aussi sophistiqués qu'ils soient, les modèles mathématiques ne peuvent traduire que de façon schématique et simplifiée une réalité beaucoup plus complexe.

2. Critique des résultats

Cette méthode permet d'arriver à des résultats empiriques. Il faudra dans l'avenir poursuivre ces retours d'expériences, avoir un maximum d'informations sur les coefficients de ruissellement, pour pouvoir généraliser et extrapoler sereinement ces données à d'autres bassins versants (dans le cadre d'un PPR ruissellement par exemple).

Il faut également noter que les coefficients de ruissellement obtenus le sont pour une intensité pluviométrique donnée. Or le coefficient de ruissellement varie évidemment avec la saturation du sol en eau (et donc avec le type de pluviométrie). Par exemple, sur un bassin donné, on considère deux types (il en existe d'autres) de ruissellement : un cas de ruissellement hortonien, du au fait que l'intensité pluviométrique est supérieure à la capacité d'absorption du sol. L'excédent d'eau va donc ruisseler (exemple d'un orage d'été, non précédé d'un important cumul de

précipitations). Le second cas serait un ruissellement par saturation de profils, possible en été mais plus caractéristique d'une pluviométrie hivernale. Dans ce cas le sol est saturé en eau, et tout apport supplémentaire ruisselle.

Selon ces deux cas au niveau de la pluviométrie (et de l'état hydrique du sol), pour un même bassin versant, le coefficient de ruissellement obtenu ne sera pas le même. De même, la formation d'une croûte de battance (due à l'impact des gouttes de pluie qui provoque un réarrangement de la couche pédologique superficielle) aura une forte influence sur la valeur obtenue pour un coefficient de ruissellement. Cette « imperméabilisation » du sol peut subvenir lors d'un orage, mais pas au suivant. Ce type de facteur est difficile à prendre en compte. Le ruissellement est en effet un processus complexe pour lequel de nombreux paramètres peuvent intervenir.

Malgré ces réserves, qu'il faut conserver à l'esprit, ces retours d'expériences permettent d'avoir de bonnes informations sur le comportement des petits bassins versants en région Centre. Les résultats obtenus pour les coefficients de ruissellement sont satisfaisants et cohérents entre eux. De plus, ce sont les seules données pertinentes pour la région Centre, car les données disponibles dans la littérature sont souvent valables pour le sud-est méditerranéen, mais elles ne le sont pas pour la région Centre.

Plus généralement, l'étude de différents cas d'inondations par ruissellement donne une meilleure vision du phénomène et des problèmes susceptibles de survenir. La poursuite de ce travail amène un gain d'expérience, et par la suite les futurs événements seront mieux appréhendés, et la prévention sera plus efficace.

II. Le zonage d'aléa à Saint Martin d'Auxigny

1. Critique de la méthodologie

Pour établir un zonage d'aléa, l'une des données essentielles est la pluie de projet. C'est à partir de cette intensité pluviométrique que sont calculés les débits d'apport. Elle a donc une importance primordiale sur l'aléa qui sera défini.

L'approche statistique n'a pas été retenue pour définir la pluie de projet, non seulement parce que les données nécessaires n'étaient pas disponibles, mais aussi parce que les résultats procurés par cette approche ont un domaine de validité précis. La détermination de la pluie de projet aurait probablement nécessité d'extrapoler la courbe IDF (courbe intensité-durée-fréquence élaborée lors de l'approche statistique) au-delà de son domaine de validité, ce qui est très risqué.

Dans le cas des bassins de Saint Martin d'Auxigny, la pluie de projet prise en compte est de 100mm/h. Cette valeur, décidée en début de stage, paraît raisonnable. Pourtant, plus tard au cours du stage, une intensité pluviométrique d'environ 200mm/h a été constatée à Levet. Cette commune est située à une trentaine de kilomètres au sud de Saint Martin d'Auxigny, dans un contexte géographique et climatique proche. Un tel orage pourrait donc toucher Saint Martin d'Auxigny.

Cet exemple amène aux questions suivantes : quel niveau de risque est-il raisonnable de prendre en compte ? Jusqu'où aller dans la prévention ? Car en effet, les choix faits en matière de pluie de projet amènent à considérer un ruissellement dont l'ampleur est variable. Si on augmente l'intensité pluviométrique de la pluie de projet, le ruissellement engendré sera plus important, et le coût des aménagements de protection et de prise en charge de l'écoulement sera plus élevé. Ici, c'est au maître d'ouvrage de décider du niveau de risque à prendre en compte.

Dans le cas de Saint Martin d'Auxigny, c'est la formule rationnelle qui a servi à calculer les débits d'apport.

Comme pour les retours d'expérience, la surface du bassin versant est obtenue grâce aux observations de terrain et aux potentialités du logiciel Mapinfo.

Les coefficients de ruissellement pris en compte sont déterminés à partir des valeurs de référence issus des retours d'expérience. La poursuite des retours d'expérience permettra donc de disposer d'un plus grand nombre de données, et donc d'un meilleur recul. Le calcul des débits d'apport sera donc meilleur, et l'aléa sera mieux défini.

La formule rationnelle est la mieux adaptée aux petits bassins versants étudiés à Saint Martin d'Auxigny. La formule de Kirpich, utilisée pour le calcul des temps de concentration, est aussi pertinente mais elle n'était pas la seule disponible. Il existe effectivement dans la littérature plusieurs techniques pour calculer les temps de concentration. Ces autres méthodes auraient pu être utilisées afin de faire des comparaisons sur les résultats. Ce travail n'a cependant pas été effectué.

L'approche naturaliste est elle aussi critiquable. En effet, elle s'appuie parfois sur la conviction de l'hydraulicien sur le terrain. Néanmoins, cette méthode est parfois la seule possible, et elle donne de bons résultats. Les hypothèses peuvent être confirmées par des témoignages, éventuellement par la modélisation de certains tronçons. Cela a été effectué pour l'étude des bassins versants de Saint Martin d'Auxigny.

Lorsque les recherches auront abouti, et si elles le permettent, l'utilisation de modèle 2D sera probablement intéressante pour modéliser les écoulements en milieu densément urbanisé.

L'approche par la modélisation hydraulique a elle aussi des limites, et des précautions s'imposent : par exemple, lors d'épisodes pluvieux exceptionnels, de nombreux phénomènes perturbent l'écoulement (particulièrement en milieu urbain) et les niveaux d'eau calculés par le modèle peuvent être différents des niveaux d'eau observés. La précision des niveaux d'eau calculés par le modèle doit être relativisée. La modélisation en elle même pourrait être plus fine en mesurant un plus grand nombre de sections d'écoulement. Cependant, les sections d'écoulement levées (à l'aide du géodimètre électronique couplé à un distance-mètre) sont suffisamment significatives pour obtenir un résultat pertinent.

La prise en compte des embâcles dans le réseau pluvial peut elle aussi s'avérer difficile. Ces réseaux peuvent prendre en charge une partie des écoulements, mais ils peuvent aussi être totalement inefficaces si ils sont obstrués par des embâcles. Dans ce cas, l'inondation serait aggravée.

Il est également parfois peu évident de connaître la configuration exacte du réseau pluvial, surtout quand il existe (en plus du réseau actuel) un ancien réseau pluvial encore en partie fonctionnel, pour lequel aucun plan n'est disponible, comme c'est le cas dans le centre-bourg de Saint Martin d'Auxigny.

Cependant, ce réseau pluvial est vétuste et n'est pas entretenu. Il est donc probablement obstrué en de nombreux endroits. De plus, la présence de cet ancien réseau pluvial n'a presque pas été observée lors des prospections sur le terrain. Pour le cas du centre-bourg de Saint Martin d'Auxigny, il a donc été négligé.

2. Critique des résultats

L'une des difficultés majeures dans la prévision des écoulements (et donc dans la prévention et dans les choix de gestion et de protection) est d'intégrer d'éventuelles embâcles. Ces embâcles peuvent évidemment obstruer le réseau pluvial. En milieu urbain, les embâcles peuvent aussi obstruer (en partie ou totalement) un axe d'écoulement tel qu'une rue.

En effet, selon les chiffres avancés par le Ministère de l'écologie et du développement durable (note complémentaire sur les PPR, risque d'inondation, ruissellement péri-urbain, p.32), une vitesse d'écoulement de 1m/s est atteinte sur une voirie dès qu'elle dispose d'une pente de 0,2%, l'hauteur d'eau est alors de 20cm. C'est déjà au-delà du seuil pour lequel un véhicule déjauge et est entraîné. Avec une pente de 4%, pour une voiture de 800kg et dont la hauteur de caisse est de 15cm, la limite de déjaugage correspond à une hauteur d'eau de 15,6cm et une vitesse d'écoulement de 3,5m/s.

Ce type de valeur est atteint à Saint Martin d'Auxigny. Un véhicule (ainsi que de nombreux autres objets présents en milieu urbain) pourrait donc être entraîné et obstruer un axe d'écoulement. Un remous important se formerait alors, et la hauteur d'eau en amont de l'obstacle serait bien plus élevée que la hauteur d'eau annoncée

en prévision. De plus, l'accumulation d'eau en amont exercerait une forte pression sur l'embâcle, et il serait alors possible que l'embâcle soit rompue. Une vague déferlerait alors vers l'aval. Cette possibilité ne peut évidemment pas être intégrée dans le zonage d'aléa.

Par ailleurs, le zonage d'aléa établi ne sera plus valable en cas de changement d'occupation (installation d'une grande surface, d'un vaste parking,...), qui amènerait obligatoirement à une variation du coefficient de ruissellement. Les débits d'apport ne seraient plus les mêmes et l'aléa serait différent.

De même, sur une parcelle agricole cultivée, les écoulements engendrés ne seront pas identiques selon la période de l'année : si la terre est à nue, la rugosité diminue et cela a une influence directe sur la hauteur d'eau et la vitesse.

Plus généralement, dès qu'un nouvel aménagement est réalisé (modification du réseau pluvial, construction d'un mur perpendiculaire au talweg,...), le fonctionnement hydraulique du bassin est susceptible d'être modifié et l'aléa auquel est soumis un secteur peut varier. En fait, le zonage d'aléa est défini pour une configuration précise du bassin et des axes d'écoulement. Cependant ce zonage n'est pas fixe et reste dépendant des aménagements effectués.

Ce stage aura permis d'arriver à un certain nombre de résultats.

Néanmoins, pour utiliser ces résultats, les critiques précédemment formulées devront être conservées à l'esprit.

Le ruissellement est un processus complexe, pour lequel de nombreux paramètres interviennent. Des recherches sont actuellement en cours pour mieux comprendre le phénomène, et les résultats permettront peut être de mettre à la disposition des aménageurs de nouveaux outils. Par exemple, les recherches sur une possible modélisation des écoulements (modèle 2D) en secteur urbain apporteront peut être un outil très intéressant pour la détermination des aléas.

Toutefois, c'est surtout en climatologie et plus précisément sur la connaissance de la pluviométrie que les progrès devront être faits. Car sans cela comment connaître l'intensité de l'événement à prendre en compte ? Quelle est la probabilité qu'un fort orage sévisse en un point donné ? Quels facteurs influencent la formation de ces orages ?

Il faudra probablement du temps, et un meilleur recul par rapport aux données disponibles, pour avancer sur ces points.

Ces questions sont capitales pour mettre en place une gestion efficace, à grande échelle, du risque lié au ruissellement.