

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique.
Université Abderrahmane Mira de Bejaia



Faculté de Technologie



Département d'Hydraulique

Laboratoire de Recherche en Hydraulique
Appliqué et Environnement

Mémoire de Magister

Présenté par :

BECHROUNE Abdelhakim

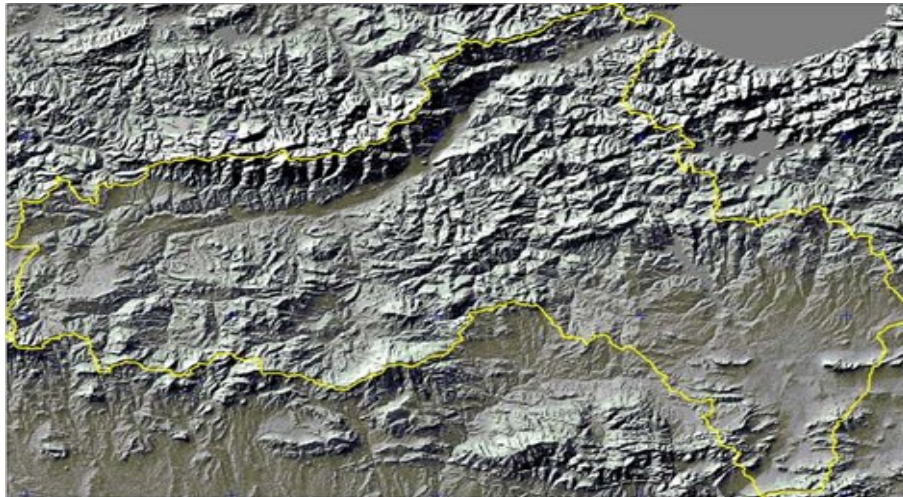
Ingénieur d'Etat en Hydraulique

En vue de l'obtention du diplôme de Magister en Hydraulique

Option : Hydraulique Générale

Thème :

Elaboration d'une base de données Hydrologique du Bassin Versant de la Soummam via le modèle hydrologique HEC-HMS



Le Jury :

<u>Président :</u>	<i>Mr M. MAZA : Maître de Conférences – Université de Béjaia</i>
<u>Directeur de Mémoire :</u>	<i>Mme S. BENMAMAR : Maître de Conférences à l'ENP d'Alger</i>
<u>Examineurs :</u>	<i>Mr K. MADANI : Maître de Conférences – Université de Béjaia</i> <i>Mr M. KADRI : Maître de Conférences – Université de Boumerdes</i>
<u>Invité :</u>	<i>Mr A. HAMMOUCHE : Maître assistant – Université de Béjaia</i>

Année Universitaire : 2009/2010

Résumé :

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la problématique liée à la lutte contre les inondations dans le bassin versant de la Soummam. Cela, par l'élaboration d'une base de données hydrologiques des caractéristiques physiques et morphométriques du bassin et la simulation du comportement hydrologique de son réseau hydrographique lors des crues.

Ce travail représente une contribution à l'élaboration d'une méthodologie de travail et de planification pour la prévision du risque par l'utilisation de la modélisation hydrologique et la simulation du comportement de la transformation pluie-débit.

Dans ce travail, nous avons présenté les étapes de la préparation des données nécessaires à la simulation, cela, tout d'abord par la construction du modèle numérique du terrain, ensuite la détermination d'une base de données des caractéristiques et paramètres du bassin versant et enfin l'application d'un modèle hydrologique, en l'occurrence HEC-HMS, pour la prévision des crues.

Mots clés : Modélisation hydrologique – Inondations – transformation pluie-débit - MNT – SIG – HEC-GéoHMS - HEC-HMS.

Summary :

Our work lies within the scope of the dependent problems has the fight against the floods in the catchment area of Soummam. That, by the development of a hydrological data base of the physical and hydrological characteristics of the basin and the simulation of the hydrological behavior of its hydrographic network at the time of the risings.

This work represents a contribution to the development of a methodology of work and planning for the forecast of the risk by the use of hydrological modeling and the simulation of the behavior of transformation rain-flow.

In this work, we presented the stages of the preparation of the data necessary to simulation, that, first of all by the digital construction of the models of the ground, then determination of a data base of the characteristics and parameters of the catchment area, and finally the application of a hydrological model, in fact Hec-HMS, for the forecast of the risings.

Key words : Hydrological modeling - Floods - transformation rain-flow - DTM – GIS – HEC-GéoHMS - HEC-HMS.

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Allah le clément et le miséricordieux de m'avoir donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier chaleureusement ma directrice de mémoire Mme. S. BENMAMAR, Maître de Conférences à l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, de m'avoir suivi et dirigé tout au long de la réalisation de ce travail, je lui exprime ma reconnaissance pour ses grandes qualités pédagogiques, son encadrement, sa serviabilité, et sa confiance.

Mes vifs remerciements vont à Monsieur le professeur A. Kettab de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, pour m'avoir accueilli dans son laboratoire LRS-Eau, et pour tout le matériel qu'il a mit à ma disposition.

J'adresse mes sincères remerciements à messieurs les membres de jury : Monsieur MAZA M. de m'avoir fait l'honneur de présider ma soutenance ; Monsieur MADANI K. et Monsieur KADRI, pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant d'être examinateurs de ce mémoire.

J'exprime mes plus sincères remerciements à Monsieur MADANI K. et Mme MAANE de la faculté de Biologie de l'université de Béjaïa, de m'avoir ouvert les portes de leur laboratoire 3BS et de m'avoir facilité l'accès à des données sur le BV de la Soummam.

Je remercie vivement Monsieur ZEROUROU M. et Monsieur Abba A. de la DHW de Béjaïa de m'avoir facilité l'accès à la documentation et aux données sur le BV de la Soummam.

Je remercie les étudiants de l'Ecole Nationale Polytechnique d'Alger, Messieurs : AMZAL Amirouche, GOUDJIL Samir et SEMAOUNE Mansour de m'avoir aidé lors de mes premières utilisations des SIG et de m'avoir facilité mon séjour à Alger.

Je remercie Messieurs HAMMOUCHE A. et Monsieur BEDJOU A. du département Hydraulique de l'université de Béjaïa, de m'avoir aidé lors de mes premiers pas de travail avec les SIG et de m'avoir offert des cartes topographiques de la région de la Soummam.

Qu'il me soit permis de rendre hommage à tous mes enseignants, sans exception, qui ont contribué à ma formation depuis mes études primaires jusqu'à mes études de Magister, qu'ils trouvent tous ici, ma profonde reconnaissance et qu'ils en soient vivement remerciés.

Je remercie chaleureusement mes amis : BACHIR BEY Mustapha, AMOUR Abdallah, AMIROUCHE Mokrane, Lyès, pour leur sympathie et leur soutien moral et matériel tout au long de réalisation de ce mémoire.

Un remerciement spécial va à mes très chers parents, que dieu les garde, et à tout le reste de ma famille de m'avoir soutenu et encouragé tout au long des mes études, surtout pour leur patience, leur sympathie et leur générosité.

Et finalement, je remercie toutes autres personnes qui ont contribués de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Liste des figures

Figure I.1 : Composants d'un modèle	4
Figure I.2 : Schéma fonctionnel du modèle pluie-débit.....	5
Figure I.3: Développement d'un modèle numérique hydrologique à fin prévisionnelles	10
Figure I.4 : Classification des modèles proposée par Singh (1995).....	12
Figure I.5 : La fonction de production du modèle hydrologique CEQUEAU	23
Figure I.6 : La fonction de transfert du modèle CEQUEAU	23
Figure I.7 : Structure simplifiée du modèle SHE.....	25
Figure I.8 : Transfert d'information entre les modules du modèle SHE	26
Figure I-9 : Schéma du modèle ORAGE	27
Figure II.1 : Schéma général du processus de transformation pluie-débit	32
Figure II.2 : Illustration de la méthode des polygones de Thiessen et des isohyètes	48
Figure II.3 : Exemple de la distribution de la Pluie basée sur la fréquence	49
Figure II.4 : Répartition de la précipitation au cours de l'évènement.....	49
Figure II.5 : Importation du modèle de bassin dans HEC-HMS.....	51
Figure II.6 : Modèles de pertes, de ruissellement et des écoulements souterrains	52
Figure II.7 : Modèles de transfert.....	53
Figure II.8 : Spécification du mode d'introduction des données de précipitations	54
Figure II.9 : Fenêtre du modèle météorologique.....	54
Figure II.10 : Fenêtre des Spécifications de contrôle.....	55
Figure III-1 : Position géographique du bassin de la Soummam	60
Figure III-2 : Etages bioclimatiques du bassin de la Soummam	63
Figure III-3 : Carte géologique du bassin versant de la Soummam.....	64
Figure III-4 : Carte des sols du bassin de la Soummam	65
Figure III-5 : Carte du réseau hydrographique du bassin de la Soummam	66
Figure III-6 : Longueur des principaux oueds du bassin	66
Figure III-7 : Profil en long de l'oued Soummam.....	67
Figure III.8 : Carte du relief du bassin versant de la Soummam.....	72
Figure III.9 : Courbe hypsométrique du bassin de la Soummam	74
Figure IV-1 : SIG; un ensemble de couches d'information superposées	82

Figure IV-2 : Fonctionnalités d'un SIG	83
Figure IV-3 : Base de données géographiques BDG	85
Figure IV-4 : Mode de représentation Raster et Vecteur	86
Figure IV-5 : Les deux modes de représentation MNT	90
Figure IV-6 : Sources d'informations d'un M.N.T.....	93
Figure IV-7 : MNT sous forme de grille régulière.....	94
Figure IV-8 : Exemple d'un MNT sous forme de T.I.N.....	94
Figure IV-9 : Exemple d'une surface représentée par grille triangulée.....	95
Figure IV-10 : Surface représentée par des courbes isohypses	95
Figure IV-11 : Les étapes principales de réalisation du MNA.....	98
Figure IV-12 : Exemple de carte scannée en mode trait (<i>Noir & blanc</i>).....	99
Figure IV-13 : Importation de fichier image sous l'interface AutoCadMap & CadOverly	99
Figure IV-14 : Carte topographique à l'échelle 1/25000 importée sous AutoCadMap- CadOverly	100
Figure IV-15 : Les outils de vectorisation du logiciel adOverly 2000i	101
Figure IV-16 : Numérisation des courbes de niveau sous CadOverly 2000i	101
Figure IV-17 : Introduction des altitudes 'z'.....	102
Figure IV-18 : Exportation du fichier sous format « .dxf ».....	102
Figure IV-19 : Conversion du fichier «.dxf » en format «.tab » sous Mapinfo.....	103
Figure IV-20 : Transformations des polygones en de points par vertical Mapper.....	104
Figure IV-21 : Lancement de l'interpolation et choix de maillage TIN.....	105
Figure IV-22 : Différents types de maillage proposés par Vertical Mapper	105
Figure IV-23 : Une partie du MNA du BV de la Soummam en 3 dimensions	106
Figure V-1 : Relation entre le SIG, HEC-GeoHMS et HEC-HMS	108
Figure V-2 : Téléchargement des extensions sous ArcView	109
Figure V-3 : Importation du MNT sur la vue ArcView et découpage de la zone du BV de la Soummam.....	110
Figure V-4 : Fonctions du programme " <i>Terrain Preprocessing</i> "	110
Figure V-5 : Chargement du Grid sur <i>MainView</i>	111
Figure V-6 : MNT corrigé.....	111
Figure V-7 : Direction de l'écoulement	112
Figure V-8 : L'accumulation de l'écoulement	112

Figure V-9 : Définition des cours d'eau	113
Figure V-10 : Segmentation des cours d'eau.....	113
Figure V-11 : Délimitation des lignes de partages	114
Figure V-12 : Polygone des lignes de partage	114
Figure V-13 : Représentation vectorielle des cours d'eau	115
Figure V-14 : Agrégation des lignes de partage	115
Figure V-15 : Définition de l'exutoire.....	116
Figure V-16 : Lancement d'un nouveau projet.....	116
Figure V-17 : Génération du nouveau projet	117
Figure V-18 : Programme traitement des sous bassins.....	117
Figure V-19 : Programme de calcul des caractéristiques des sous bassins.....	118
Figure V-20 : Caractéristiques du BV de la Soummam	118
Figure V-21 : Caractéristiques des sous bassins	119
Figure V-22 : Caractéristiques des cours d'eau.....	119
Figure V-23 : Caractéristiques des centroides des sous bassin.....	119
Figure V-24 : Caractéristiques des chemins d'écoulement.....	120
Figure V-25 : Centroides des cours d'eau principaux.....	120
Figure V-26 : Schématisation du bassin en HMS.....	121
Figure V-27 : Représentation des éléments par la légende HMS.....	121
Figure V-28 : Coordonnées des différents éléments points HMS.....	122
Figure V-29 : Coordonnées des différents connections HMS	122
Figure V-30 : Position du sous bassin d'application (1504).....	123
Figure V-31 : Importation du modèle de bassin sur HEC-HMS.....	124
Figure V-32 : Modèle du bassin.....	125
Figure V-33 : Création de la station météorologique.....	126
Figure V-34 : Visualisation des données de pluie introduites	127
Figure V-35 : Fenêtre du modèle météorologique.....	127
Figure V-36 : Introduction des paramètres «spécification de contrôle»	128
Figure V-37 : Visualisation des résultats de simulation.....	129
Figure V-38 : L'hydrogramme de crue résultant sous forme de graphe et de tableau détaillé.....	129
Figure V-39 : Tableau récapitulatif des résultats.....	130

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Ordre de grandeur du taux de perte constant selon le type de sol.....	34
Tableau II.2 : Diverses informations à connaître pour chaque élément du bassin	40
Tableau II.3 : Les valeurs minimales et maximales des modèles acceptées par le HEC-HMS	45
Tableau III.1 : La numérotation des bassins de l'Algérie d'après le service A.N.R.H.....	60
Tableau III.2 : Paramètres hydrographiques du bassin de la Soummam	69
Tableau III.3 : Caractéristiques du bassin de la Soummam.....	74
Tableau III.4 : Estimation des eaux souterraines dans le bassin de la Soummam.....	75
Tableau III.5 : Potentialités en eaux superficielles du bassin de la Soummam.....	75
Tableau III.6 : Caractéristiques des barrages du B.V Soummam	75
Tableau III.7 : Mobilisation de la ressource en eaux souterraines.....	76
Tableau III.8 : Stations de mesures hydrométriques	77
Tableau III.9 : Stations de mesures pluviométriques	77



Sommaire



Sommaire

Introduction	1
Chapitre I :	
Aperçu bibliographique sur la modélisation hydrologique	3
I.1. Introduction.....	3
I.2. Définitions	3
I.2.1 Le modèle	3
I.2.2 La modélisation hydrologique.....	4
I.2.3. Le fonctionnement du modèle pluie-débit.....	5
I.3. Principes de la modélisation	6
I.3.1 Développement d'un modèle.....	7
I.4. Objet des modèles hydrologiques	10
I.4.1. La prévision	11
I.4.2. La simulation	11
I.4.3. Evaluation d'impact.....	11
I.4.4. Le contrôle.....	11
I.5. Classification et typologie des modèles hydrologiques.....	11
I.5.1. Classification.....	11
I.5.2. Différenciations entre les approches des modèles	12
I.6. Présentation de quelques modèles hydrologiques.....	19
I.6.1. Modèles déterministes.....	19
I.7. Choix d'un modèle hydrologique.....	28
I.8. Conclusion	30
Chapitre II :	
Présentation du modèle hydrologique HEC-HMS.....	31
II.1. Introduction.....	31
II.2. Principes généraux	31
II.3. La Modélisation sous le HEC-HMS	32
II.3.1. Modélisation du bassin versant	33
II.3.2. Modélisation de la météorologie	46

II.3.3. Les spécifications particulières de contrôle	50
II.4. Réalisation de la simulation avec le HEC-HMS.....	50
II.4.1. Préparation des entrées du modèle de bassin.....	51
II.4.2. Modélisation du bassin.....	52
II.4.3. Modèle météorologique	53
II.4.4. Paramètres de contrôle.....	55
II.4.5. Exécution de la simulation et visualisation des résultats	55
II.4.6. Le calage du modèle.....	56
II.5. Conclusion.....	57
Chapitre III :	
Présentation des caractéristiques du bassin versant de la Soummam.....	59
III.1. Introduction.....	59
III.2. Définitions	59
III.3. Situation géographique du bassin de la Soummam.....	59
III.4. Aspect socio économique de la région.....	60
III.5. Le climat de la région	61
III.5.1 Climat littoral.....	61
III.5.2 Climat de l'Atlas tellien	61
III.5.3 Climat des hautes plaines telliennes	62
III.6. Couvert végétal.....	63
III.7. La Géologie	63
III.8. Les sols	65
III.9. Réseau Hydrographique.....	66
III.9.1. Description de l'oued de la Soummam.....	67
III.9.2. Classification du chevelu hydrographique.....	68
III.9.3. Le degré de développement du réseau	68
III.10. Caractéristiques physiques et morphométriques	70
III.10.1. Paramètres morphométriques	70
III.10.2. Paramètres du relief	72
III.11. Les potentialités en eau dans le bassin de la Soummam	74
III.11.1. Les eaux souterraines	74
III.11.2. Eaux superficielles.....	75

III.12. Mobilisation de la ressource en eau.....	75
III.12.1. Eaux superficielles (Barrage et retenues collinaires).....	75
III.12.2. Eaux souterraines.....	76
III.13. La météorologie.....	76
III.13.1. Pluviométrie.....	76
III.13.2. Evapotranspiration.....	76
III.14. Réseau hydro-pluviométrique.....	76
III.14.1. Stations de mesures hydrométriques.....	77
III.14.2. Stations de mesures pluviométriques.....	77
III.15. Conclusion.....	78
Chapitre IV :	
Elaboration du modèle numérique de terrain du bassin versant de la Soummam	80
IV.1. Introduction.....	80
IV.2. Présentation des SIG.....	80
IV.2.1. Définition.....	80
IV.2.2. Mise en œuvre des SIG.....	81
IV.2.3. Principe de fonctionnement.....	82
IV.2.4. Fonctionnalités du SIG.....	82
IV.2.5. Les composantes d'un SIG.....	84
IV.2.6. Modèles de représentation des données dans un SIG.....	86
IV.2.7. Types des SIG.....	87
IV.2.8. Intérêts des SIG.....	87
IV.2.9. Questions auxquelles peuvent répondre les SIG.....	88
IV.3. Modèle Numérique de Terrain (MNT).....	88
IV.3.1. Définition.....	88
IV.3.2. Représentation du MNT.....	89
IV.3.3. Les caractéristiques d'un MNT.....	90
IV.3.4. Acquisition de données.....	91
IV.3.5. Sources d'informations.....	91
IV.3.6. Les formats d' MNT.....	93
IV.3.7. Précision d'un MNT.....	95
IV.3.8. Utilisations des MNTs.....	96

IV.4. Elaboration du Modèle Numérique d'Altitude du B.V de la Soummam	97
IV.4.1. Construction du MNA.....	97
IV.5. Conclusion	06
Chapitre V :	
Application du modèle HEC-HMS sur le bassin versant de la Soummam.....	107
V.1. Introduction	107
V.2. Préparation des entrées par l'élaboration de la base de données	107
V.3. Schématisation du bassin par Hec-GéoHms	108
V.4. Procédure de schématisation du bassin.....	109
V.4.1. Chargement des extensions sous ArcView	109
V.4.2. Importation du MNT	109
V.4.3. Traitement du MNT	110
V.4.4. Installation du modèle hydrologique	115
V.4.5. Traitement des sous bassins.....	117
V.4.6. Caractéristiques des sous bassins	117
V.4.7. Conversion en HMS	120
V.5. Modélisation du comportement du BV de la Soummam par le HEC-HMS	123
V.5.1. Importation du modèle de bassin dans HEC-HMS	123
V.5.2. Estimation des paramètres théoriques	124
V.5.3. Configuration et exécution de la simulation.....	128
V.5.4. Visualisation des résultats.....	128
V.6. Conclusion.....	130
Conclusion générale.....	131
Références bibliographiques	133

Introduction générale

Introduction générale

L'eau source de vie, elle est l'enjeu de tout potentiel économique considérable. Cette eau qui est indispensable pour le développement de la vie de l'homme sur terre, est parfois la cause de son malheur suite à des situations catastrophiques causées par les effets dévastateurs des inondations.

Les pluies exceptionnelles qui sont particulièrement violentes provoquent des situations d'inondations dont l'origine est l'augmentation du débit des cours d'eau jusqu'à un niveau maximal, causant ainsi le débordement de l'eau sur les rives.

La connaissance du comportement hydrologique du bassin versant et l'étude du comportement physique des cours d'eau révèle donc d'une importance majeure et devient une nécessité actuelle qui permet aux services concernés de mieux maîtriser les apports des cours d'eau, de mieux contribuer ainsi à assurer la sécurité des personnes et de leurs biens.

Les progrès de la recherche sur ce phénomène visent à approfondir et améliorer sa gestion en procédant à l'établissement des mesures de prévention et de prévision. C'est dans ce contexte, que dès les années 1940, les hydrologues se préoccupèrent de développer des modèles de calcul mathématique des relations entre les pluies et les débits générés sur les bassins versants de façon à pouvoir prédire l'impact d'évènements spécifiques sur les écoulements. Si l'usage de ces modèles hydrologiques, traités manuellement à l'origine, demeura longtemps laborieux, l'utilisation de l'informatique a permis de notables progrès dans la conception et le calcul de ces modèles. Aujourd'hui, l'ingénieur ou l'hydrologue s'oriente de plus en plus vers des modèles qui intègrent la composante spatiale vu que les systèmes naturels étudiés sont si complexes qu'il est nécessaire de les représenter schématiquement par des modèles.

L'application de ces modèles spatialisés, nécessite la connaissance de toutes les caractéristiques en tout point d'un bassin versant. C'est pour cela, que leur utilisation est directement liée à la représentation du terrain naturel avec toutes ses informations caractéristiques dans des systèmes bien structurés appelés Systèmes d'Information Géographiques (SIG).

Destinés à rassembler les informations et utilisés pour permettre leur diffusion, les systèmes d'informations géographiques (SIG) sont devenus les outils indispensables à toute entité gérant de l'information. Ces systèmes rassemblent et gèrent des masses importantes d'information et permettent d'avoir ainsi accès à cette dernière en retrouvant les renseignements recherchés ou en indiquant au minimum l'endroit où le support les contenant. Cela fourni ainsi, un outil de travail pouvant être partagé par

l'ensemble des collaborateurs qui ont accès à la totalité de l'information et non uniquement ceux qu'ils les possèdent ou ceux dont ils connaissent l'existence. L'information disponible est alors valorisée car son organisation autorisera une consultation poussée, permettant la réalisation de produits à valeur ajoutée (analyses, calculs, références etc.).

Ces systèmes d'information et leurs produits dérivés sont utilisés comme outils d'aide à la décision permettant l'acquisition, l'archivage, l'analyse et l'affichage des données, par abstraction afin de modéliser le monde réel.

C'est dans ce cadre que s'inscrit notre travail qui a pour but l'élaboration d'une base de données hydrologiques du bassin versant de la Soummam et la simulation de la transformation pluie-débit sur ce bassin afin de déterminer son comportement hydrologique approprié.

Pour cela, notre travail est structuré en cinq chapitres de la manière suivante :

Dans le premier chapitre, nous présentons une synthèse bibliographique sur les modèles hydrologiques où nous donnons les définitions des notions du modèles et de la modélisation avec les différentes approches utilisées, comme nous présentons quelques modèles les plus utilisés dans le domaine de la modélisation hydrologique ainsi que des logiciels les plus courants et disponibles dans le domaine public.

Dans le deuxième chapitre, nous nous proposons de décrire le modèle hydrologique HEC-HMS, et de présenter les différents modèles mathématiques qu'il utilise pour le calcul et la modélisation des différents processus du cycle de l'eau.

Dans le troisième chapitre, nous présentons un résumé sur les caractéristiques du bassin versant de la zone d'étude qui est celui de la Soummam.

Au quatrième chapitre, nous entamons les systèmes d'informations géographiques et les modèles numériques de terrain, avec la présentation de toutes les étapes suivies pour l'élaboration du modèle numérique d'altitude du bassin versant de la Soummam.

Enfin, en cinquième et dernier chapitre, nous présenterons une application du modèle HEC-HMS sur le bassin versant de la Soummam, tout en exploitant les informations déterminées, qui sont stockées dans la base de données spatiale élaborée, afin de réaliser la simulation du comportement hydrologique et de déterminer les hydrogrammes de crues possibles à générer suite à des pluies rares à très forte pluviométrie.

A la fin, nous terminons notre travail par la présentation d'une conclusion générale sur le travail réalisé.

Chapitre I :

*Aperçu bibliographique sur la
modélisation hydrologique*
