

Remerciements

Je tiens d'abord exprimer ma profonde gratitude à mon directeur de recherche Mr. Hassan TABYAOUI, Professeur à la Faculté Polydisciplinaire de Taza, qui est à l'origine de ce travail. C'est un honneur pour moi de travailler avec lui et je ne peux qu'admirer son talent. Je lui suis infiniment reconnaissante, non seulement parce qu'il a accepté de me prendre en thèse, mais aussi parce qu'il a partagé ses idées avec moi. Il a dirigé ma thèse avec beaucoup de patience et il a dédié beaucoup de temps à mon travail en étant toujours très disponible et en venant me chercher très souvent pour que l'on discute, ce qui m'a énormément encouragée. Je le remercie aussi d'avoir lu très sérieusement beaucoup de versions préliminaires de ces travaux.

Ce manuscrit et le travail qu'il synthétise, bien que très « solitaires », n'ont abouti que grâce aux multiples aides que j'ai reçues. Je tenais donc à remercier particulièrement les personnes suivantes, pour ce qu'elles m'ont apporté, en espérant n'avoir oublié personne.

Mr. Abderrahim LAHRACH, Professeur à la faculté des Sciences et Technique pour l'intérêt qu'il a montré pour cette thèse, pour ses remarques sur mon travail, et pour sa participation au jury de thèse.

J'adresse toute ma gratitude à Mr. Abdelfatah TAHIRI, Professeur à l'Institut Scientifique, Rabat pour avoir accepté d'être rapporteur de ces travaux.

J'adresse également ma profonde reconnaissance à Mr. Bouamar BAGHDAD, Professeur à l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, Rabat, pour sa participation au jury en temps que rapporteur et pour le temps qu'il a consacré à la critique de ce manuscrit.

Mr. Benoit DEFFONTAINES, Professeur à l'Université de Paris-Est- Marne-La-Vallée, France, a accepté d'examiner ce travail. Je lui exprime ma sincère reconnaissance et je le remercie vivement de m'avoir accepté en tant que stagiaire à Paris.

Mr. Benabidat Lahcen, Professeur à la faculté des Sciences et Technique d'avoir accepté de faire partie de jury. C'est un grand honneur pour moi de le remercier.

Mes remerciements s'adressent aussi à Mme Fatima EL HAMMACHI, Professeur à la Faculté Polydisciplinaire de Taza, pour l'honneur qu'elle me fait en prenant la charge de rapporter et en siégeant à ce jury.

Merci également à Mme Samira EL HOUAT, Directrice de l'Agence du Bassin Hydraulique de Sebou comme invitée au jury de thèse et d'avoir répondu présente et pour ses remarques et ses conseils.

J'adresse également tous mes remerciements pour leur soutien quotidien à mes collègues Aziza et Ihssan KOUCHOU, Khawla EL KINANY, Amal LOQMAN et Kaoutar DRIF.

A mes parents, qui me sont les plus chères au Monde et qui ont fait de moi ce que je suis. Ils m'ont élevé et m'ont toujours soutenu. Ils n'ont jamais cessé de croire en moi et voyaient le monde à travers mes yeux. Aucun mot, aucune langue ne saurait exprimer mon grand amour ni ma profonde reconnaissance à leur égard. A ma sœur adorable Sara, mes frères Hamid et Simohamed et à toute ma famille pour leur disponibilité inconditionnelle. Je dédie ce modeste travail.

Je sais qu'il reste encore plusieurs noms à souligner ... mais que tous ceux que je n'ai pas cités explicitement et qui, cependant, ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce présent travail, sachent que je leur adresse ma sincère gratitude.

Le Maroc, par sa situation géographique et son contexte climatique, est soumis à des inondations. Certaines provoquent des dommages importants et compromettent le développement socio-économique des régions exposées. Différentes études pour la gestion du risque et la caractérisation de l'aléa inondation ont été développées. Elles se basent sur des méthodes qualitatives, se basant sur la morphologie du cours d'eau et quantitatives permettant la modélisation et la simulation des processus de crues. Des essais d'inventaire ont été entreprises en faisant recours aux outils de l'informatique et du SIG.

Dans cette étude, nous avons élaboré une structure d'inventaire des données sur les inondations au Maroc. Cet inventaire sous forme de base de données relationnelle est un outil de décision pour l'appréhension globale du risque. Il englobe des données à caractère spatial (localisation de la zone à risque dans un référentiel commun à l'échelle du Maroc) et attributaires (processus à l'origine du risque inondation).

La base de données inondations est structurée par la logique Merise avec une schématisation plus ou moins simple du monde réel. Elle est structurée de façon à être évolutive au gré de l'avancement du travail de saisie des historiques des crues, des calculs hydrologiques et hydrauliques ou lorsque des améliorations sont apportées par de nouveaux modèles ou techniques. Elle comprend 35 tables de saisie et un dictionnaire ou référence commune des données structurée autour de 33 tables, facilitant les échanges, la communication et l'approfondissement du questionnement.

MS- Access a servi pour la création et la gestion de la base de données et POWER AMC a été utilisé pour vérifier la cohérence entre les données et maintenir le dictionnaire de données du système d'information. 5 formulaires principaux regroupent 36 onglets et sous-onglets sous MS-Access permettent la saisie et la consultation des données attributaires. Ces données sont exploitées dans un logiciel SIG par l'intermédiaire de connexions ODBC. Des règles de jointure et de topologie sont créées, présentées et discutées.

Ce travail présente aussi l'approche d'inventaire de données spatiales directement sur une plate forme de SIG et ce par la création de la Géodatabase *BD_Risque_Inondation*. La structure de la Géodatabase est générée à l'aide d'outils ArcGIS- Diagrammer couplé par le logiciel Microsoft-Visio et structurée à l'aide du langage UML. Elle est organisée sous forme des tables spatiales (feature classe), tables non spatiales et tables lexiques regroupés en 6 jeux de classes. La structure des fichiers respecte des règles de nommage et les prescriptions du dictionnaire de données. Les métadonnées sont élaborées de façon normalisée en vue d'une diffusion large à vocation pédagogique. Elles comprennent les propriétés et la documentation associée. Elles s'affichent sous forme d'une page HTML avec laquelle nous pouvons interagir dans un navigateur Web.

La base de données dispose de plusieurs fonctionnalités (interrogation, mise à jour, visualisation, extraction des données, etc.) et est accessible à plusieurs utilisateurs à travers un portail web d'accès et de visualisation des données. La plateforme WebSIG répond à plusieurs des préoccupations des utilisateurs de l'information géographique. Elle est mise en place avec des outils Open-sources (GeoServer, Apache). Les données sont accessibles sous forme de cartes et de graphiques et peuvent être visualisées dans des OpenLayers (Google Maps et MSN Virtual Earth), au format GML (Geography Markup Language) ou KML (Keyhole Markup Language).

Cette étude a permis de créer, pour la première fois au Maroc, un SGBD-Access sur les inondations au Maroc, et une Géodatabase – risque inondation - avec son interface web. Leurs créations sont conformes aux normes d'échanges internationaux à savoir : OGC (Open Geospatial Consortium), WMS (Web Map Service) et WFS (Web Feature Service).

Abstract

Morocco, by its geographical situation and its climatic context, is subject to flooding. Some cause significant damage and compromise the socio-economic development of the exposed areas. Various studies for the risk management and characterization of the flood hazard were developed. They are based on qualitative methods based on the morphology of the watercourse and quantitative methods allowing the modeling and simulation of flood processes. Inventory testing was undertaken using computer and GIS tools.

In this study, we developed a database structure on flooding in Morocco. This inventory is a decision-making tool for the global apprehension of risk. It includes spatial data (location of the risk area in a common reference to Morocco's scale) and attribute (the origin of the flood risk process).

The flood database is structured by Merise logic with a more or less simple schematization of the real world. It is structured in such a way as to evolve with the advancement of the work of capturing flood histories, hydrological and hydraulic calculations or when improvements are made by new models or techniques. It comprises 35 input tables and a dictionary or common data reference structured around 33 tables, facilitating exchanges, communication and deepening of the questioning.

MS-Access was used for the creation and management of the database and POWER AMC was used to check the consistency between the data and maintain the data dictionary of the information system. 36 forms grouped on tabs and sub-tabs under MS-Access allow the entry and the consultation of the attribute data. This data is used in GIS software via ODBC connections. Join and topology rules are created, presented, and discussed.

This paper also presents the inventory approach of spatial data directly on a GIS platform by creating the BD_Risk_Flood Geodatabase. The structure of the Geodatabase is generated using ArcGIS-Diagrammer tools coupled by Microsoft-Visio software and structured using the UML language. It is organized as spatial tables (feature classe), non-spatial tables and domains grouped into 6 feature dataset. The file structure complies with naming rules and data dictionary requirements. The metadata is developed in a standardized way for wider dissemination with pedagogical purpose. They include properties and associated documentation. They are displayed as an HTML page with which we can interact in a web browser.

The database has several functionalities (querying, updating, visualization, data extraction, etc.) and is accessible to several users through a web portal for access and visualization of data. The Web-GIS platform addresses many of the concerns of users of geographic information. It is implemented with open-source software (GeoServer, Apache). The data are available in the form of maps and graphs and can be viewed in OpenLayers (Google Maps, MSN Virtual Earth) format GML (Geography Markup Language) or KML (Keyhole Markup Language).

This study created, for the first time in Morocco, a DBMS -Access on the floods in Morocco, and a geodatabase - flood risk - with its web interface. Their creations comply with international trade standards, namely Open Geospatial Consortium (OGC), Web Map Service (WMS), and Web Feature Service (WFS).

Table de matière

Remerciements	3
Résumé	5
Abstract	6
Table de matières	7
Liste des figures	9
Liste des tableaux	11
Acronymes et abréviation	12
Logiciels utilisés	14
Chapitre 1 : Les Inondations : Un problème majeur	15
1-1- Problématique	17
1-2- Objectifs de la thèse	19
1-3- Organisation de la thèse	20
Chapitre 2 : Les risques d'inondation	21
2-1- INTRODUCTION	21
2-2- RISQUES, ALEA ET VULNERABILITE	21
2-2-1. Risque naturel	21
2-2-2. Typologie des risques au Maroc	22
2-2-3. Répartition des risques naturels au Maroc	22
2-2-4. Gestion des risques naturels au Maroc	24
2-3- GESTION DES RISQUES D'INONDATION	24
2-3-1. Le risque inondation : quelques définitions	24
2-3-2. Typologie des crues au Maroc	25
2-3-3. Les outils de gestion de risque	26
2-3-4. Les méthodes qualitatives de gestion de risque	28
2-3-5. Les méthodes quantitatives	30
2-3-6. SIG couplés aux modèles d'aide à la décision	36
2-4- CONCLUSION	39
Chapitre 3 : Conception de la base de données Inondation	41
3-1- INTRODUCTION	41
3-2- CREATION DE LA BASE DE DONNEES	41
3-2-1. Dictionnaire des données	42
3-2-2. Modèle conceptuel de données	44
3-2-3. Modèle logique de données	44
3-2-4. Mise en œuvre du MCD et MLD sous PowerAMC	45
3-2-5. Modèle physique de données	77
3-3- CONCLUSION	103

Chapitre 4 : Création et gestion de la base de données spatiale dans le SIG	105
<hr/>	
4-1- INTRODUCTION	105
4-2- CONNEXION SGBD-SIG	106
4-1-1. Rôle du Numéro SIG	107
4-1-2. Données spatiales	108
4-1-3. Topologie	109
4-3- DEVELOPPEMENT DE LA GEODATABASE SOUS ARCGIS	109
4-3-1- Traitement des données	110
4-3-2- Dictionnaire des tables pour ArcGis	111
4-3-3- Structure de la Géodatabase	111
4-4- INTERROGATION DE LA BASE DE DONNEES	127
4-4-1- Requêtes attributaires	128
4-4-2- Jointure attributaire	129
4-4-3- Récupération des résultats d'une requête Access sous ArcMap	130
4-5- CONCLUSION	130
Chapitre 5 : Conception de la base de données Inondation par le langage UML et mise en application de Webmapping	131
<hr/>	
5-1- APPROCHE UML POUR LA MISE EN ŒUVRE DES SIG	131
5-1-1- Introduction	131
5-1-2- Conception de la Géodatabase à l'aide du langage UML	132
5-1-3- Création d'une Géodatabase fichier	138
5-1-4- Structure de la Géodatabase BDRI	140
5-1-5- Règles de Topologie	150
5-1-6- Document d'espace de travail XML	151
5-1-7- Document d'espace de travail	151
5-1-8- Le rapport	152
5-1-9- Métadonnées	153
5-2- APPROCHE WEBMAPPING	154
5-2-1- Introduction	154
5-2-2- Méthodologie de développement	155
5-2-3- Diagramme de cas d'utilisation	156
5-2-4- Mise en place de l'Apache Tomcat	162
5-2-5- Serveur Cartographique	163
5-3- CONCLUSION	171
Conclusion Générale	172
<hr/>	
Références	174
Annexes	179

Liste des figures

- Figure 1 : Essai d'une zonalité des risques naturels au Maroc (Fellah, 2002).
- Figure 2 : Courbe du soleil pour la méthode merise (Rochfeld, 1989)
- Figure 3 : Modèle conceptuel de données « Event » sous PowerAmc
- Figure 4 : Modèle conceptuel de données « Zone inondée »
- Figure 5 : Modèle conceptuel de données « Historique des crues »
- Figure 6 : Modèle conceptuel de données « Risque inondation »
- Figure 7 : Table «Event »
- Figure 8 : liste des tables créées dans Access
- Figure 9 : Type de jointure entre deux tables dans Access
- Figure 10 : Propriétés de jointure entre les tables dans Access
- Figure 11 : Aperçu du modèle physique de données dans Access
- Figure 12 : Formulaire «Événement » de type colonne simple
- Figure 13 : Formulaire «Événement » de type justifié
- Figure 14 : Formulaire «Événement » de type tabulaire
- Figure 15 : Formulaire «Événement » de type feuille de données
- Figure 16 : Liste les formulaires créés dans Access
- Figure 17 : Formulaire d'affichage « Bassin hydrographique »
- Figure 18 : Affichage d'une Requête en mode SQL
- Figure 19 : Requête Caractéristique Event en mode de création
- Figure 20 : Code SQL de la requête de sélection Caractéristique Event
- Figure 21 : Requête EventBassin_hydro en mode création
- Figure 22 : Code SQL de la requête EventBassin_hydro
- Figure 23 : liste des requêtes créés dans Access
- Figure 24 : Affichage d'un état dans Access
- Figure 25 : Illustration d'un générateur de Macros
- Figure 26 : Liste des Macros créés dans Access
- Figure 27 : Description de l'interface utilisateur Access
- Figure 28 : formulaire d'événement
- Figure 29 : Formulaire montre la zone inondée
- Figure 30 : Onglet occupation du sol
- Figure 31 : Onglet topographie
- Figure 32 : Onglet cours d'eau
- Figure 33 : Onglet point d'eau
- Figure 34 : Onglet carte topographique
- Figure 35 : Formulaire « Historique des crues »
- Figure 36 : Onglet « Station Hydrométrique »
- Figure 37 : Onglet Postes pluviométriques
- Figure 38 : Formulaire « Risque d'inondation »
- Figure 39 : Onglet Profils
- Figure 40 : Onglet ouvrage d'art
- Figure 41 : Formulaire Modélisation hydrologique
- Figure 42 : Onglet Modélisation hydraulique
- Figure 43 : Sous onglet résultat profil
- Figure 44 : Sous onglet résultats ouvrages
- Figure 45 : Onglet évaluation du risque d'inondation
- Figure 46 : Onglet Photo
- Figure 47 : Onglet Source données
- Figure 48 : Composantes d'un SIG (Fischer et al., 1993)
- Figure 49 : Configurer le lien ODBC dans Windows

Figure 50 : Vue du logiciel ArcGis montrant la connexion de la BD_Risque_Inondation par le lien ODBC

Figure 51 : Représentation cartographique dans le SIG (ESRI, 2012)

Figure 52 : Affichage des données attributaires et géographiques dans ArcGis

Figure 53 : Page HTML de metadonnées

Figure 54 : Interface graphique d'édition des métadonnées de l'Arccatalog

Figure 55 : Affichage de la miniature

Figure 56 : Sélection par attributs

Figure 57 : Tableau représente jointe de données

Figure 58 : Exportation d'une requête à une Géodatabase

Figure 59 : Schéma conceptuel d'un Model ArcGis par le logiciel Entreprise Architect sous UML

Figure 60 : Diagramme de classe sous le logiciel Entreprise Architect

Figure 61 : Diagramme de classe sous le logiciel Entreprise Architect

Figure 62 : Modèle de la BDRI sur Entreprise Architect

Figure 63 : Feature Dataset « BDRI »

Figure 64 : Classe d'entité (S_Carto_Pt) sous Entreprise Architect

Figure 65 : Listes des domaines sous Entreprise Architect

Figure 66 : Géodatabase XML

Figure 67 : Rapport générer par ArcGis Diagrammer

Figure 68 : Classe d'entité (S_Carto_Pt)

Figure 69 : Rapport sur les domaines généré par « ArcGis Diagrammer »

Figure 70 : Architecture d'une application Webmapping

Figure 71 : Cycle de développement logiciel (Jacobson et al., 1997a).

Figure 72 : Diagramme de cas d'utilisation du système sous EA

Figure 73 : Diagramme de séquence du cas « authentification » sous EA

Figure 74 : Diagramme de séquence navigation sur le portail sous EA

Figure 75 : Diagramme de séquence « impression en PDF » sous EA

Figure 76 : Diagramme des composants du système sous EA

Figure 77 : Interface de l'apache Tomcat

Figure 78 : Interface de GeoServer

Figure 79 : Espace de travail BDRI dans le serveur « GeoServer »

Figure 80 : Entrepôt Inondation dans le serveur « GeoServer »

Figure 81 : Affichage des couches dans le serveur « GeoServer »

Figure 82 : Couche d'entités ponctuelles « Événements d'inondation »

Figure 83 : Couche de polygones « Limites administratives »

Figure 84 : Extrait de SLD appliqué à un objet de type point

Figure 85 : Les capacités du service d'impression

Figure 86 : extrait de code source

Figure 87 : Vue des Agrégations des deux couches

Figure 88 : Page principale

Liste des tableaux

- Tableau 1 : Inondations subies par le Maroc lors des vingt dernières années (1995-2014) (EM-DAT)
- Tableau 2 : principales méthodes pour la cartographie des risques d'inondation
- Tableau 3 : Quelques modèles hydrogéologiques (Estupina-Borrell, 2004).
- Tableau 4 : Classification des modèles d'inondation, adapté par Pender & Néelz (2009).
- Tableau 5 : Dimensions des modèles en fonction des types d'inondations
- Tableau 6 : Identifiants du bassin hydrographique
- Tableau 7 : description des types de données des attributs
- Tableau 8 : Dictionnaire des données
- Tableau 9 : liste des tables figurant dans le modèle « Event »
- Tableau 10 : Description des attributs de la table Event
- Tableau 11 : Description des attributs de la table BDRI_local
- Tableau 12 : Description des attributs de la table BDRI_Proj
- Tableau 13 : liste des tables figurant dans le modèle « Zone inondée»
- Tableau 14 : Description des attributs de la table Zn_Inondée
- Tableau 15 : Description des attributs de la table Bassin_Hydro
- Tableau 16 : Description des attributs de la table Occup_sol
- Tableau 17 : Description des attributs de la table Cours_eau
- Tableau 18 : Description des attributs de la table Point_eau
- Tableau 19 : Description des attributs de la table Topo_zn_inondée
- Tableau 20 : Description des attributs de la table Carte_topo
- Tableau 21 : liste des tables figurant dans le modèle «Historique des crues»
- Tableau 22 : Description des attributs de la table Hist_Crue
- Tableau 23 : Description des attributs de la table Station_hydro
- Tableau 24 : Description des attributs de la table Poste_pluvio
- Tableau 25 : liste des tables figurant dans le modèle «Risque inondation»
- Tableau 26 : Description des attributs de la table Risque_inond
- Tableau 27 : Description des attributs de la table Profils_en_travers
- Tableau 28 : Description des attributs de la table Coordonnées_profil
- Tableau 29 : Description des attributs de la table Ouvrage_protection
- Tableau 30 : Description des associations aux quelles participe la table Ouvrage_protection
- Tableau 31 : Description des attributs de la table Modélisation_hydrologique
- Tableau 32 : Description des attributs de la table T(10)
- Tableau 33 : Description des attributs de la table T(25)
- Tableau 34 : Description des attributs de la table T(50)
- Tableau 35 : Description des attributs de la table T(100)
- Tableau 36 : Description des attributs de la table Modélisation_hydraulique
- Tableau 37 : Description des attributs de la table Résultat_profil
- Tableau 38 : Différents type de données
- Tableau 39 : Propriétés des champs de type Mémo et texte
- Tableau 40 : Différents types de relation (Microsoft, 2015)
- Tableau 41 : Numéro SIG dans les tables Access
- Tableau 42 : Organisation des tables
- Tableau 43 : Métadonnées de la base de données risque inondation
- Tableau 44 : Tables et classes d'entités dans la BDRI
- Tableau 45 : Images raster créés dans la BDRI
- Tableau 46 : Métadonnées de la BDRI
- Tableau 47 : Liste des technologies choisies

Acronymes et abréviation

ABHT	Agence du Bassin Hydraulique de Tensift
ANI	Alphanumérique illimité
ANL	Alphanumérique limité
ASC	Agence spatiale canadienne
ASE	Agence spatiale Européenne
BD	Base de Données
BH	Bassin Hydrographique
BM	banque Mondial
C.S.E.C	Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat
CE	Communauté Européenne
CETE	Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement
CNEDD	Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable
CNES	Centre National d'Etudes Spatiales
CONAE	Argentine Space Agency
CTI	Centre technique Informatique
D	date
DD	Dictionnaire de Données
DDC	Direction suisse du Développement et de la Coopération
DF	Dépendance Fonctionnelle
DMN	Direction de météorologie national
DPE	Direction provincial de l'équipement
DRPE	Direction de la Recherche et de la Planification de l'Eau
DTD	Document Type Definition
EM-DAT	Base de Données des Catastrophes Internationales
FAO	Food and Agriculture Organization
FGDC	Federal Geographic Data Commitee
GPS	Global positioning System
HCP	Haut Commissariat au Plan
HTML	HyperText Markup Language
IBM	International Business Machines
IRD	Institut de Recherche pour le développement
ISO	International Organization for Standardization
ISRO	Indian Space Research Organization
JPG	Join Photographic expert group
MCC	Modèle Conceptuel de communication
MCD	Modèle conceptuel des Données
MEMEE	Ministère de l'Energie et des Mines de l'Eau et l'Environnement
MLD	Modèle Logique des Données
MNT	Modèle Numérique de Terrain
MOPT	Modèle Opérationnel de Traitement
MOT	Modèle organisationnel de Traitement
MPD	Modèle Physique de Données
MPD	Modèle Physique des Données
N	Numérique
NC	Non Calculé
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
NRC	National Research Council
OCL	Object Constraint Language
ODBC	Open Database connectivity

OMG	Object Management Group
ONU	Conseil de Sécurité des Nations Unies
OOM	Orientations Objet dans Merise
OOPSLA	Object Oriented Programming Systems, Languages and Applications
OOSE	Object Oriented Software Engineering
PANE	Plan d'Action National pour l'Environnement
PDAIRE	Plan Directeur d'Aménagement intégré des Ressources en Eau
PDF	Portable Document Format
PLANAT	Plate-forme nationale « Dangers naturels »
PMP/PMF	Pluie Maximale Probable/Débit Maximale Probable
PNE	Plan National de l'Eau
PNLI	Plan national de lutte contre l'inondation
PPRI	Plan de protections régionales contre inondation
RSO	Radar à synthèse d'ouverture
SGBD	Système de Gestion de la Base de Données
SGML	Standard Generalized Markup Language
SI	Système d'information
SIG	Système d'Information Géographique
SQL	Structured Query Language
SVG	Scalable Vector Graphics (en français « graphique vectoriel adaptable»), C'est un format de données conçu pour décrire des ensembles de graphiques vectoriels et basé sur XML
UICN	International Union for Conservation of Nature
UML	Unified Modeling Language
UNDRO	Office of United Nations Disaster Relief Coordinator
USACE	United States Army Corps of Engineers
WSDL	Web Service Description Language
XML	Extensible Markup Language

:

Logiciels utilisés

↻ ACCESS

C'est un Système de Gestion de Base de Données Relationnelles (SGBDR) de la famille de Microsoft. MS-Access est composé de plusieurs programmes : le moteur de base de données Microsoft Jet, un éditeur graphique, une interface de type « Query by Example » pour interroger les bases de données, et le langage de programmation « Visual Basic for Applications ». Depuis les premières versions, l'interface de Microsoft Access permet de gérer graphiquement des collections de données dans des tables, d'établir des relations entre ces tables selon les règles habituelles des bases de données relationnelles et de créer des requêtes avec le QBE.

↻ ARCGIS

ArcGIS est un logiciel SIG comprenant une suite d'applications intégrées (ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcToolbox et ModelBuilder) de la famille ESRI. Il permet d'effectuer toutes les tâches SIG, des plus simples aux plus compliquées.

↻ ArcGis Diagrammer

ArcGIS Diagrammer est un outil complémentaire permet de présenter de manière schématique, le modèle de données d'une Géodatabase. Il est un éditeur graphique de document XML de Géodatabase. C'est le format principal de fichier qu'utilise l'application en écrivant et en lisant directement les documents XML générés par les produits ArcGIS. Ces fichiers contiennent la description de la structure des Géodatabases et parfois également les données.

↻ Client cartographique : Openlayers

Openlayer est une bibliothèque de code javascript qui permet de charger, afficher et visualiser les cartes à partir de plusieurs sources sur les pages web. Cette bibliothèque libre d'accès est basée sur les technologies AJAX, et permet de construire des images par tuiles en envoyant plusieurs requêtes au serveur.

↻ Entreprise architect

C'est un outil de modélisation UML/SysML/BPMN de l'éditeur australien **Sparx Systems**. Certains des avantages d'Enterprise Architect sont présentés ici (ESRI, 2015):

- Possibilité de modéliser un plus grand ensemble de jeux de données au sein de la Géodatabase, tels que des jeux de données réseau, des topologies, des mosaïques et d'autres jeux de données permettant la modélisation d'un comportement géographique plus riche dans le cadre du profil UML pour ArcGIS.
- Possibilité de convertir une Géodatabase existante en langage UML, étant donné qu'Enterprise Architect utilise le langage XML de Géodatabase et les fonctionnalités d'importation/exportation d'espaces de travail XML. A l'aide de l'[assistant](#) Exporter un document d'espace de travail XML ou de l'[outil de géotraitement](#), la structure de la géodatabase peut être exportée vers un document d'espace de travail XML. Le document XML peut ensuite être importé dans Enterprise Architect pour fournir un modèle visuel de votre géodatabase, basé sur la notation UML standard.
- Traçabilité avec d'autres modèles d'analyse et de conception
- Accès aux techniques de conception UML, telles que la possibilité de regrouper logiquement des éléments grâce à l'utilisation de classes abstraites.
- Possibilité de partager la structure de géodatabase et les concepts géospatiaux avec des analystes et des architectes possédant de solides connaissances en conception UML

↻ Geany

Geany est un éditeur de texte léger utilisant GTK+ et Scintilla et incluant les fonctions élémentaires d'un environnement de développement intégré. Il est pensé pour avoir peu de

dépendances et démarrer rapidement, il est disponible pour plusieurs systèmes d'exploitation tel que Windows, Linux, MacOSX3, BSD et Solaris. Il supporte, entre autres, les langages C/C++, Java, JavaScript, PHP, HTML, CSS, Python, Perl, Ruby, Pascal et Haskell.

☞ **Géoserver**

GeoServer est un serveur de cartographie web à source ouverte et écrit en Java. Il est spécialement conçu pour partager et publier l'information géographique sur Internet. Il utilise les services tels que WMS (Web Map Service), WFS (Web Feature Service), WCS (Web Coverage service) et bien d'autres protocoles ouverts pour le transfert de l'information géographique. Ainsi, grâce à ces protocoles, GeoServer peut servir les données et les cartes d'une manière efficace et puissante. Aussi, GeoServer supporte les sources de données les plus courantes comme Geotiff, Shapefile, JPEG2000 et diverses bases de données à savoir : PostGIS, SQL Server, DB2, Oracle Spatial etc.

☞ **HTML/CSS**

Le HTML est le langage de base utilisé pour réaliser les pages web statiques. Il permet de manière générale de structurer et de mettre en forme le contenu d'une page web. Par contre le CSS ou feuille de style en cascade est utilisé uniquement pour la présentation. De manière spécifique, il sépare le contenu d'une page de ses divers styles de présentation.

☞ **JavaScript**

JavaScript est un langage de programmation orienté objet couramment utilisé pour créer des effets interactifs dans les navigateurs web. C'est un langage de script coté client c'est-à-dire que le code source est traité par le navigateur web du client plutôt que par le serveur web.

☞ **Leaflet**

Leaflet est une bibliothèque JavaScript libre de cartographie en ligne développée par Vladimir Agafonkin de CloudMade et de nombreux contributeurs. Elle est notamment utilisée par le projet de cartographie libre et ouverte OpenStreetMap.

☞ **PowerAMC**

C'est un logiciel de conception, créé par la société SDP en 1989 et qui est considéré comme un aide mémoire des modèles conceptuels et logiques des données. C'est en fait un outil graphique (sous Windows) de conception de systèmes d'information. Il permet de mettre en œuvre la méthode Merise en facilitant les étapes de création de bases de données et de développement d'applications (Sybase, 2015). Il est également l'outil idéal se synchronisant parfaitement avec les plates-formes Java, Microsoft .Net, WSDL, XML, PowerBuilder, ebXML et autre BPEL4WS.

☞ **Serveur web : Apache.**

Pour ce qui est du serveur web, notre choix s'est porté sur apache. C'est un serveur web qui possède de nombreuses fonctionnalités ; en plus il est libre d'accès et facile à installer. C'est également un serveur qui nous apporté beaucoup de satisfaction dans nos différents projets web.

Les Inondations : Un problème majeur

1-1- Problématique

Les inondations sont les catastrophes naturelles les plus fréquentes, les plus dommageables et les plus mortelles qui frappent le monde chaque année (Pulvirenti, 2011). Elles sont la source de près de la moitié des décès occasionnés par les catastrophes naturelles au cours des 50 dernières années, et sont responsables de près du tiers des pertes économiques au niveau mondial (James, 2008). Ces catastrophes résultent de phénomènes naturels périodiques comme la mousson ou el niño, d'autres sont le fait de circonstances particulières (cyclones, typhons, orages violents) et sont aggravées par les dérèglements climatiques. A l'échelle du bassin méditerranéen, les risques d'inondation viennent en deuxième rang derrière les risques sismiques, mais ils occupent en revanche le premier rang sur le plan de fréquences d'occurrences (Villeveille, 1997).

Le Maroc a connu des inondations revêtant un caractère de gravité exceptionnelle en termes de pertes de vies humaines et en conséquence économiques. Les catastrophes les plus fréquentes sont la récurrence terrible des inondations. On peut notamment citer à cet égard entre autres (Tableau 1) : le cas de la ville de Sefrou inondée le 25/9/1950, avec une lame d'eau de 6m de haut faisant une centaine de victimes ; celle qui a ravagé la Vallée du Ziz le 5/11/1965 laissant 25000 habitants sans abri ; ou celle de la Moulouya survenue le 23 mai 1963 qui a emporté l'assise rive gauche du barrage Mohammed V (la crue avait un débit de pointe de 7200 m³/s et un volume de 570 millions de m³ soit l'équivalent de la capacité de la retenue) ; celles de l'Ourika en Août 1995, d'El Hajeb en 1997, de Settat et Mohammedia en Novembre 2002, et celle de Nador, Al-Hoceima et de Zaio en novembre 2003, de Driouch en 2008, de Mohammedia et de Guelmim, Agadir-Azilal en 2014 laissant 53 morts, et les régions du Nord (Oued Martil à Tétouan, Taza,...) en 1996, 2000, 2001, 2002, 2003, 2006, 2008, 2009, 2010, 2014 (MEMEE, 2016) (Planches, Annexe1). Ces événements, placent bien entendu, l'aléa inondation au cœur des préoccupations du gouvernement marocain, puisqu'ils représentent le pourcentage le plus élevé du coût des dommages imputables aux risques naturels.

Ces phénomènes d'inondations ne sont pas récents au Maroc et plusieurs grands aménagements de protection ont déjà été réalisés (endiguement des grands oueds comme le Sébou dans la plaine du Gharb, barrages tels que Al Wahda sur le bassin du Sébou, El Makhazine sur le bassin du Loukkos, M.B.A. Khattabi dans la plaine du Neckor, Hassan Addakhil dans le Tafilalet, Hassan II dans la vallée du Za) (MEMEE, 2016), mais ces phénomènes sont ressentis plus fortement aujourd'hui en raison du changement climatique, et du fort développement démographique, économique, urbain, agricole, industriel ou touristique du territoire.

Si les tendances aux changements climatiques, combinées à l'augmentation de la population vivante sur les terres inondables, à la déforestation, à la disparition des terrains marécageux et à l'augmentation du niveau moyen des mers, se confirment dans les décennies à venir, les inondations catastrophiques devraient être plus fréquentes (IPCC, 2012). Un nombre croissant d'individus devraient donc être exposés à ce phénomène, ce qui rend la question de la gestion du risque d'inondation de plus en plus importante pour les gouvernements et pour les municipalités.

Tableau 2 : Inondations subies par le Maroc lors des vingt dernières années (1995-2014) (EM-DAT)

Date début	Date fin	Localisation	Sous type de risque	Nbr de morts	Total affectés
28/11/2014	30/12/2014	Guelmim, Agadir-Azilal	Inondation fluviales	53	-
25/11/2010	06/12/2010	-	Crue éclair	32	75003
09/03/2010	09/03/2010	-	Inondation fluviales	10	2006
25/12/2009	26/12/2009	Rabat, Agadir	Crue éclair	5	7520
01/02/2009	12/02/2009	Nord du Maroc, Sidi Kacem, Sidi Slimane, Sidi Yahya	Inondation fluviales	24	2000
23/10/2008	03/11/2008	Driouch, Tétoun, Tanger, Fnidq	Crue éclair	30	20000
26/02/2008	28/02/2008	Marrakech, Qalaat Seraghna	Inondation fluviale	9	ND
28/10/2006	29/10/2006	Ouarzazate, Errachidia	Inondation fluviale	-	1000
25/10/2006	27/10/2006	Province d'Essaouira et de Safi	Inondation fluviale	11	ND
26/05/2006	28/05/2006	Province d'Er Rachidia	Inondation fluviale	6	1100
17/11/2003	18/11/2003	Boufrah, Nador, Al Hoceima	Crue éclair	35	10000
24/11/2002	29/11/2002	Région de Settât et de Fès	Inondation fluviale	80	15017
23/12/2001	26/12/2001	Settât, Essaouira	Inondation fluviale	15	300
22/12/2000	22/12/2000	Tétouan, Tanger, Chaoune		6	650
22/10/2000	25/10/2000	Région de Taza	Crue éclair	-	300
28/09/1997	29/09/1997	El Hajeb, Taza, Khénifra...	Crue éclair	60	ND
21/02/1996	01/02/1996	Beni Mellal, Sebaa Ayoune	Inondation fluviale	25	60000
04/09/1995	04/09/1995	Taza, Oued Amlil, Zwagha...	Crue éclair	43	ND
17/08/1995	18/08/1995	Marrakech (région de l'Ourika)	Inondation fluviale	730	35000
01/04/1995	01/04/1995	Région de Tata		18	3000

La typologie des crues affectant le territoire marocain est bien entendu de nature très différente selon la taille du bassin versant considéré, la pente des cours d'eaux, la nature du couvert végétal et la nature de la pluviométrie. La faisabilité et la qualité des systèmes de prévision et d'annonce est fonction de la typologie des crues considérées. Les phénomènes très rapides caractérisant les têtes des bassins-versants ou les petits bassins-versant de piémont de relief sont difficiles à prévoir car ils répondent à des événements pluviométriques rapides et intenses difficile à anticiper. Par contre la propagation d'une crue sur un grand linéaire est généralement mieux

connue et laisse plus de temps aux opérations de mise en sécurité. Les moyens techniques et l'organisation de prévention et de secours devront être adaptés aux différents cas.

La plupart des méthodes et des outils créés s'adressent davantage aux assureurs qu'aux gestionnaires du territoire ou à une réelle planification des mesures d'urgence. De ce fait, aucun modèle conceptuel de formalisation de l'évaluation de la vulnérabilité n'a pour le moment été développé. Ainsi, les outils de gestion du risque d'inondation offerts comme soutien spécifique à l'optimisation des procédures de planification et d'implantation des mesures d'urgence, sont encore peu développés et sont rarement opérationnels en phase de gestion de crise.

1-2- Objectifs de la thèse

La majorité des études se concentrent sur l'analyse des causes des risques d'inondations passées et sur la localisation des individus ou des infrastructures les plus vulnérables, et ce afin de cibler les zones à risque et ainsi développer les politiques et mesures de réduction du risque adéquates. Ces études sont ainsi plus tournées vers la phase de prévention du risque que vers la phase de gestion de crise.

C'est pour cette raison, nous avons élaboré une base de données relationnelle à référence spatiale qui permettra la création, la consultation et la mise-à-jours des données spatiales, afin d'aboutir à une aide à la gestion de crise, et ce suivants deux aspects :

- ❖ Le premier aspect consiste à créer une base de données sous un SGBD Access basée sur la méthodologie de conception *Merise*, et mettre au point une interface permettant de rechercher rapidement des informations de la base de données par une navigation géographique et thématique (SIG). Cet objectif est accompli par trois étapes :
 - ↳ Établir un dictionnaire de données afin de faciliter la reprise de la base de données
 - ↳ Mise en place d'un modèle conceptuel de données (MCD) suivant la méthode *Merise*
 - ↳ Création d'une base de données sous un SGBD Access 2007, pour mettre au point une interface permettant de rechercher rapide des informations de la base de données par une navigation géographique et thématique (SIG).

- ❖ Le deuxième aspect consiste à créer une base de données (Géodatabase) sous ArcCatalog (ArcGIS) à l'aide de langage UML. Afin de pouvoir intégrer les résultats des différentes études dans l'environnement SIG, il est nécessaire de :
 - ↳ (1) harmoniser et d'intégrer les différents modèles dans un modèle minimal de données. Ainsi, un modèle physique et un modèle de représentation basé sur la technologie ESRI (Géodatabase) ont été créés.
 - ↳ (2) présenter de manière schématique le modèle sous une structure de base de données à l'aide de l'application d'un outil ArcGIS diagrammer

Un Système d'Information Géographique (SIG) est essentiel pour réaliser ces objectifs. IL est conçu d'abord comme un outil de gestion d'observation qui pourrait stocker, archiver des données existantes, et aussi comme un outil d'exploitation qui sera capable de fournir une série de cartes thématiques, de gérer les risques d'inondations afin d'offrir des références utiles aux planificateurs et aménageurs. Ce travail porte sur la mise en œuvre de la base de données cartographique sur tous les bassins versants marocains.

1-3- Organisation de la thèse

Ce rapport de thèse est constitué de 5 chapitres suivit de la conclusion générale.

- **Le chapitre 1** présente des généralités sur les inondations au Maroc. Il présente les objectifs de la thèse et son organisation
- **Le chapitre 2** intitulé risques d'inondation vise à définir et diagnostiquer les types, les facteurs, l'aléa et la vulnérabilité aux risques d'inondation au Maroc. Il détaille ensuite les différentes approches et méthodes pour gérer les risques d'inondation et présente les modèles d'aide à la décision qui font appel aux SIG.
- **Le chapitre 3** s'intéresse à la conception physique de la base de données Inondation. Il présente de façon détaillée le modèle conceptuel, le modèle logique, le modèle physique et le dictionnaire de donnée. Il se termine par les interfaces de saisie et de consultation de la base de données Inondation-Maroc.
- **Le chapitre 4** s'intéresse à la création et la gestion de la base de données spatiale dans le SIG. Il commence par présenter le système d'information géographique, les connexions possibles entre des données sur MS-Access et un SIG et montre les phases de création et développement d'une base de données spatiale ou Géodatabase.
- **Le chapitre 5** complète les chapitres précédents en montrant les phases de conception de la base de données Inondation par le langage UML (Unified Modeling Language) et la mise en application de Webmapping. Il commence par détailler l'approche UML pour la mise en œuvre des SIG et présente ensuite la Géodatabase sous un langage interopérable. La deuxième partie de ce chapitre s'intéresse à la création d'interface web pour la consultation de la base de données spatiale et attributaire.

La dernière partie de ce mémoire correspond à la **conclusion générale**. Elle est suivit par des annexes.

Chapitre 2

Les risques d'inondation

2-1- INTRODUCTION

Le présent chapitre vise à identifier les propriétés, les types et les facteurs de risque. Il sera une plateforme générale pour comprendre les différentes approches adoptées pour la gestion des risques d'inondations et ses limites. Il comprend deux parties : la première vise à définir et diagnostiquer les types, les facteurs, l'aléa et la vulnérabilité aux risques d'inondation au Maroc ; la deuxième partie vise à détailler les différentes approches pour gérer les risques d'inondation, avant de donner quelques exemples de gestion des risques d'inondation au Maroc.

2-2- RISQUES, ALEA ET VULNERABILITE

2-2-1- Risque naturel

Par risques naturelles, on entend les sinistres provoqués par les forces de la nature. Ces catastrophes sont très divers tants par leur étendue géographique que par leur échelle de temps.

Le risque naturel est définit à partir de ses deux composantes fondamentales : Aléa et Vulnérabilité (Dubois-Maury, 1997). Il correspond ainsi à la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un aléa et des conséquences pouvant en résulter sur les éléments vulnérables d'un milieu donné (Morin, 2008). Les pertes peuvent être estimées en termes de vies humaines, de destruction d'infrastructures ou en termes financiers (UNDRO, 1979). L'inondation est un risque prévisible dans son intensité, mais il est difficile de connaître le moment où il se manifestera. La prévention des risques et la protection des populations nécessitent que soient prises des mesures collectives et des mesures individuelles.

D'après les responsables de la Veille Météorologique Mondiale, notre planète subit d'innombrables assauts au cours d'une année : de l'ordre de 100 000 orages, 10 000 inondations, des milliers de séismes, d'incendies de forêts, de glissements de terrain, d'avalanches et de tornades, et des centaines d'éruptions volcaniques, de cyclones tropicaux, d'épisodes de sécheresse et d'infestations acridiennes (Ozer, 2008). La capacité qu'a un aléa à causer des dommages résulte donc de ses caractéristiques propres, mais aussi des caractéristiques du milieu touché. Une analyse complète et fiable du risque ne peut donc s'affranchir d'un de ces deux éléments, à savoir l'aléa et la vulnérabilité, et doit intégrer de manière précise l'ensemble de leurs caractéristiques (Morin, 2008 ; Peduzzi, 2009).

2-2-2- Typologie des risques au Maroc

Les risques se classent en deux groupes principaux en fonction de leur origine : les risques naturels et les risques anthropiques. Les effets des risques naturels sont souvent amplifiés ou aggravés par des interventions humaines antérieures. Certaines activités humaines provoquent ou aggravent des phénomènes naturels en faisant un mauvais usage des ressources naturelles. Ces interventions humaines vont donc accroître la vulnérabilité des établissements humains, des activités de production, des infrastructures et des services.

Fellah (2002) (Fig. 1) et Merrouch (2009) montrent que les risques naturels les plus fréquentes au Maroc sont :

- ↗ **Les inondations** le long des vallées d'oued souvent peuplée et occupées par une agriculture, ou sur les plaines d'inondation telles que celle de Gharb.
- ↗ **Les glissements et affaissements de terrains** sur des versants de montagne à sol friables et peu stable.
- ↗ **Les tremblements de terre** en raison de la position du Maroc en prolongement des zones actives.
- ↗ **Les incendies des forêts** qui ravagent chaque année les hectares des forêts dans les régions de Tanger, Chaouen, Ouezzane
- ↗ **Les invasions acridiennes**, au sud et à l'est de pays
- ↗ **La désertification, et l'érosion**
- ↗ **La sécheresse** dans le sud et les régions de l'Oriental

2-2-3- Répartition des risques naturels au Maroc

Au Maroc, on peut distinguer trois types des régions à risques (Fig. 1 ; voir aussi, Annexe 1 -tableau 1):

- **Les risques en montagne**

Les risques de type montagnard, comme les glissements et les éboulements de terrain, nécessitent des pentes minimales. Ces mouvements de terrain classés en mouvement lents et en mouvements rapides, provoquent de véritables catastrophes. La montagne est aussi le lieu privilégié des inondations torrentielles.

Les facteurs morphologiques comme l'altitude, la pente, et la forme des reliefs jouent un rôle constitutif pour qualifier l'effet montagne.

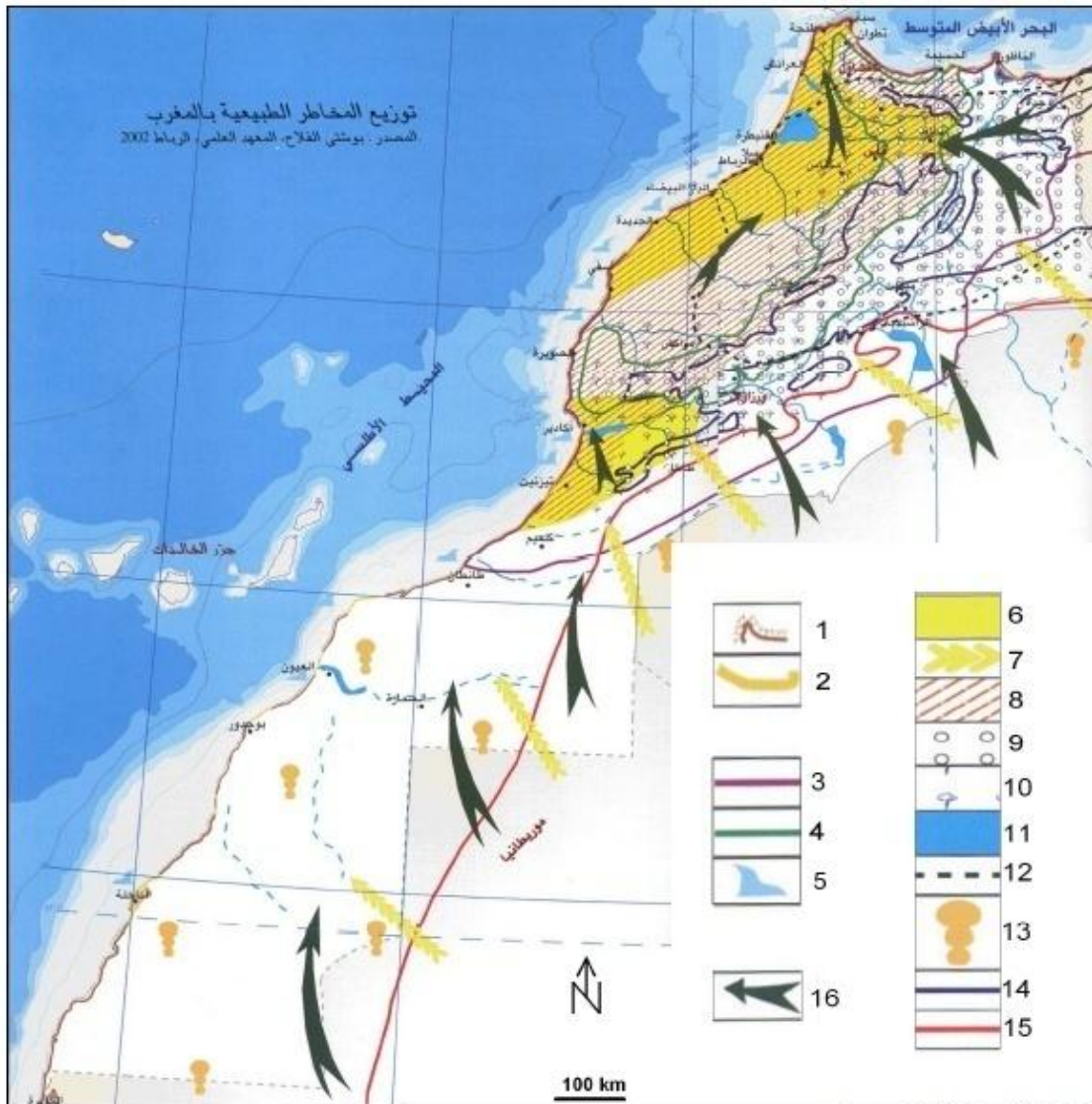
- **Les risques littoraux**

Le littoral marocain accueille plus de 9 millions d'habitats. La répartition de la population au littoral du Maroc se caractérise par des disparités remarquables. L'explosion démographique des principaux centres urbains du littoral et les besoins en urbanisation implique la faible maîtrise de cette croissance et se traduisent par une faible couverture en voirie et réseaux divers, ainsi qu'en aménagement urbains.

Cette faible maîtrise de la croissance urbaine est la base du phénomène d'inondation qu'a connu certains centres comme Fnidq en 1990 et M'diq en 1991.

- **Les risques urbains**

Au Maroc le risque devenu plus graves lorsqu'il se produit à l'intérieur des périmètres urbains ou en marge des périphéries immédiates des agglomérations urbaines, où les aléas de risque menacent les installations humaines. Comme par exemple, le risque d'inondation à la ville de Settat et Mohammedia en 2002, et de Nador, Al Hoceima et Zaïo en novembre 2003, où les précipitations orageuses et concentrées provoquent le gonflement rapide des débits et un temps de réponse court, généralement inférieur à la journée. Cette situation a engendré des crues et des inondations catastrophiques.



Source : B. Fellah in DAT (2002).

Figure 1 - Essai d'une zonalité des risques naturels au Maroc (Fellah, 2002). 1 : Plage rocheuse, 2 : Plage sableuse ; Risques d'origines géologiques : 3 : Zone menacée par les séismes, 4 : Zone instable (glissement, etc.), 5 : Grandes ondes destructrices ; Risques d'origines climatiques : 6 : Sécheresse due aux vents de l'Est, 7 : Vents chauds sahariens, 8 : Risque de sécheresse, 9 : Avalanche, 10 : Orages et averses orageuses, 11 : Crues, 12 : Zone de rosée, 13 : Tempête de sables, 14 : Température moyenne minimale (0°C), 15 : T° moyenne maximale (40°C) ; Risques d'origines biologiques : 16 : Envahissement par les criquets.

2-2-4- Gestion des risques naturels au Maroc

Le domaine de la gestion des risques est en plein expansion. Depuis peu, on voit apparaître de nouvelles initiatives à l'échelle internationale qui permettent de sauver des vies et de mieux gérer les urgences. Parmi celles-ci, notons : l'Asian Disaster Preparedness (1998), le Committee on Earth Observation Satellites (2002), le E-Gov-Disaster Management (2003), la Federal Emergency Management Agency (2001), Global Monitoring for Environment and Security (2003), Space Technology and Disaster Management Programme (ONU, 2003), etc.

Une des initiatives la plus dynamique est l'International Charter Space and Major Disasters qui met en collaboration les données satellitaires de l'Agence spatiale canadienne (ASC), du Centre National d'Etudes Spatiales (CNES), de l'Agence spatiale Européenne (ASE), du National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), de l'Indian Space Research Organization (ISRO) et de l'Argentine Space Agency (CONAE) (Disaster-Charter-Org, 2004). Les informations à référence

spatiale sont envoyées, sur demande, aux organismes de sécurité civile et peuvent ainsi mieux gérer les régions touchées par un risque.

A ce jour, la charte a été déclenchée dans plusieurs régions du monde et lors de plusieurs types de risques, notamment les tremblements de terre en Iran, en Indonésie, au Maroc (2004), les inondations en France, Allemagne, Autriche, République, Canada (2002), les glissements de terrain aux Philippines et au Népal, etc. (Disaster Charter. Org, 2004).

La connaissance des catastrophes naturelles a d'évidentes implications pour la gestion de crise, Comme le rappelle Musset (2002), «l'aménagement du territoire ou la gestion du risque ne prennent tout leur sens que dans la longue durée». Donc pour une meilleure évaluation des risques naturels, les approches naturalistes fondées sur l'observation et les approches quantitatives fondées sur la mesure doivent être associées aussi étroitement que possible (Angelier & Deffontaines, 2005).

Au niveau national, le Maroc, de par sa situation géographique, est exposé aux phénomènes climatiques, météorologiques, géologiques ou biologiques qui peuvent manifester des risques majeurs tels les inondations, les crues torrentielles, les séismes et les glissements de terrains. La conjoncture de ces phénomènes naturels peut conduire à des dommages importants, voire compromettre le développement socio-économique des régions exposées aux catastrophes naturelles.

A cet effet, le Maroc a adopté une politique basée sur une vision globale et intégrée faisant de l'environnement une préoccupation centrale de gestion des risques.

Les étapes nécessaires à la finalisation et à l'établissement du cadre institutionnel d'une stratégie globale et intégrée pour la prévention et la réduction des risques, initiée en collaboration avec la Banque mondiale et la coopération Suisse, cette stratégie a pour objectif d'assurer la convergence et la complémentarité entre les actions des différents départements ministériels et de prendre les décisions adéquates afin de garantir la réussite de la mise en place de cette stratégie.

- En 2002, le Maroc a publié le Plan d'Action National pour l'Environnement. Il reprend, dans une vision globale et intégrée des différents plans et programmes lancés pendant les décennies 80 et 90. La mise en application de ce Plan par des nouveaux décrets d'application de la loi 10-95 sur l'Eau. L'organisme concerné par ces dispositions est l'Agence Hydraulique de Bassin.
- En 2008, le Maroc a déployé, selon la Banque Mondial, un effort national innovant en matière de gestion des risques et a calculé son exposition significative aux séismes et inondations (5,6 milliards de DH), la surcharge budgétaire due à la volatilité des prix des matières premières (30 milliards DH) et aux risques agricoles divers (4,6 milliards DH).
- L'année 2010 a connu la tenue du débat national sur l'élaboration de la Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable.
- En Aout 2016, la nouvelle loi d'eau 36-15 a été publiée au Bulletin officiel (N° 6494, page 67-94) et vise à renforcer le cadre institutionnel et les mécanismes de protection et de préservation des ressources en eau, ainsi que l'amélioration des conditions de protection contre les phénomènes extrêmes liés aux changements climatiques.

2-3- GESTION DES RISQUES D'INONDATION

2-3-1- Le risque inondation : quelques définitions

Inondation : c'est une submersion temporaire, par l'eau, de terres qui ne sont pas submergées en temps normal. Cette notion recouvre les inondations dues aux crues de rivières, des torrents de montagne et des cours d'eau intermittents méditerranéens ainsi que les inondations dues à la mer dans les zones côtières.

La notion d'inondation appelle celles de la plaine inondable qui désigne usuellement les zones de fond de vallée, à faible dénivelé, constituées par des alluvions déposées lors des crues du cours d'eau.

Crue: est un phénomène naturel et saisonnier qui correspond à une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau qui ne provoque pas de perturbations majeures lorsque son ampleur est modérée. Elle est décrite à partir de trois paramètres : le débit, la hauteur d'eau et la vitesse du courant (MEMEE, 2008).

Risque d'inondation : l'inondation est un risque prévisible dans son intensité, mais il est difficile de connaître le moment où il se manifesterá. La prévention des risques et la protection des populations nécessitent que soient prises des mesures collectives et des mesures individuelles. La cartographie de risque est obtenue par croisement entre Aléa et vulnérabilité (voir Annexe 1-tableau 2).

L'aléa inondation consiste à évaluer la probabilité d'occurrence (de retour) en un site ou une région, d'être exposé à une submersion par des eaux. L'estimation du temps de retour d'une crue résulte de statistiques historiques sur les événements observés dans la plaine d'inondation considérée. Par conséquent, plus les séries de données temporelles sur les inondations sont fournies, plus l'estimation de la relation temps de retour/débit de pointe est fiable, sous condition d'une dynamique temporelle de la morphologie et de l'occupation du sol du bassin versant considéré faible. Par ailleurs, pour estimer les débits de pointes de crues de temps de retour non observé, les méthodes d'analyse déterministes, extrapolent les relations temps de retour/débit de pointe. Ces extrapolations pour des événements de temps de retour important sont d'autant plus fiables que les séries de mesures historiques sont longues (rapport de synthèse, MEMEE, 2016).

La Vulnérabilité : représente une condition résultant de facteurs physiques, sociaux, économiques ou environnementaux, qui prédisposent les éléments exposés à la manifestation d'un aléa à subir des préjudices ou des dommages (Morin, 2008).

La notion de vulnérabilité concerne les conséquences néfastes, c'est à dire les dommages. Ces derniers peuvent être de plusieurs natures (Torterotot, 1993) : pertes en vies humaines et effets sur la santé des personnes, dégâts matériels, ou des impacts indirects liés aux difficultés de fonctionnement, d'échange, et de communication (voir Annexe 1-tableau 3).

Enjeux : représentent l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un phénomène naturel. Les conséquences de l'aléa sur les enjeux peuvent être bénéfiques (recharge de nappes phréatiques, alimentation des terres agricoles en limon...) ou néfastes (destruction d'habitats, mort de personnes, coupures de voies de communication...).

2-3-2- Typologie des crues au Maroc

Le MEMEE (2008) définit les types de crues comme suit :

- **Des crues lentes des grands cours d'eau**

Ce sont les crues générées par les grands cours d'eau (ayant un bassin versant supérieur à 10 000 km²), au moment où ils arrivent dans leurs plaines alluviales. C'est le cas des Oueds Moulouya, Sebou, Oum Er Rbia, Tensift, Souss, Drâa, Ziz.

- **Des crues rapides des affluents principaux des grands cours d'eau**

Il s'agit le plus souvent de sous bassins dont la superficie est comprise entre 3.000 et 10.000 km², et qui sont adossés aux reliefs du Rif ou des massifs Atlasiques, tels que : les affluents de la Moulouya (Melloulou, Za), du Sebou (Ouergha, Beht), de l'Oum Er-Rbia (El Abid, Tessaout, Lakhdar), du Tensift (N'Fis), du Souss (Issen), du Drâa (Dadès, Ouarazazte, N'Ait Douchéne), du Ziz (Rhéris, Todgha).

- **Des crues rapides des oueds côtiers**

Classés dans cette catégorie les oueds côtiers de moyenne importance (bassins versants généralement compris entre 300 et 3000 km²). Il d'agit de oueds côtiers méditerranéens (Kerte, Nekor, Ghis, Ouringa, El Had, Lao, Emsa, Martil...), les oueds côtiers atlantiques (Mharhar, El Hachef, Loukkos, M'da, Drader, Bou-Regreg, Ykem, Cherrat, El Mellah, Nfifikh, Tamdrost, Ksob, Tamri, Massa, Assaka, Chbeika,...).

- **Des crues semi rapides des moyens bassins de plaine avec écoulement en nappe**

Ces crues se manifestent sur les plaines situées au piémont des grands reliefs du Rif et des Atlas. Les oueds débordent largement de leur lit mineur, souvent très étroit, peu profond et encombré par la végétation ou les dépôts sauvages et s'écoulent alors dans la plaine adjacente qui n'est pas un véritable lit majeur, au sens où elle est le réceptacle commun des débordements de plusieurs oueds sensiblement parallèles.

- **Des crues torrentielles des petits bassins de montagne**

Elles intéressent des bassins de taille réduite situés dans les grands reliefs rifains et atlasiques, caractérisés par de fortes pentes, des terrains escarpés, ravinés, dénudés, généralement imperméables et favorablement exposés aux perturbations météorologiques et notamment propices au développement de cellules orageuses, puisque c'est dans ces régions où on enregistre les plus fortes pluies maximales journalières.

Les risques encourus dans ces bassins sont d'autant plus importants qu'il s'agit de zones touristiques avec des vallées très étroites connaissant des affluences importantes notamment en été quand les risques de forts orages sont très importants. Parmi les bassins sujets à de telles crues, on peut citer : les hautes vallées de l'Ourika, du Rhéraya, Zat R'Dat, Nfis, Todgha, des oueds Fnideq, Charâa, ZegZel à Berkane... Ce type d'inondation concerne souvent des villages ou villes parfois très importantes (Marrakech, Mohammedia, Settat, Berrechid, Béni Mellal, Errachidia, Oujda ...) installés au bord de ces cours d'eau.

- **Des crues pluviales «urbaines»**

Dans cette catégorie de crues se distingue le ruissellement pluvial urbain et périurbain qui relève pour son contrôle du réseau d'assainissement pluvial de l'agglomération. Ces bassins sont situés dans les zones à fortes précipitations (piémonts des montagnes) ou sur de fortes pentes favorisant à la fois le ruissellement et le transfert rapide de forts débits.

2-3-3- Les outils de gestion de risque

La gestion du risque liée aux inondations comprend trois phases :

- (1) identification, localisation des zones à risque et prévention du phénomène. Cette phase est basée sur l'analyse des crues potentielles ou passées afin d'aider à la compréhension des phénomènes physiques et limiter le risque à long terme ;
- (2) gestion de risque d'inondation à l'aide différentes méthodes ;
- (3) la phase de retour d'expérience cherche à conclure les vulnérabilités humaines et économiques et à analyser les moyens et les mesures déployés lors de la phase de gestion de crise.

Afin de définir les outils de gestion de risque d'inondation, une recherche bibliographique a été menée pour rassembler les différentes approches. Le tableau 2 synthétise certaines de ces méthodes pour caractériser l'aléa inondation dans un contexte de gestion de risque d'inondation.

Tableau 2 : principales méthodes pour la gestion des risques d'inondation

Méthodes	Cadre	Description	Références
Wallonie pédomorphologique (Belge)	Recherche de l'universitaire des sciences agronomiques de Gembloux (Belgique)	Déterminer les limites du lit majeur à partir de la typologie des sols et d'un MNT	Dautrebande (1996) ; Tricot et Dautrebande (1997)
Phénomènes (Suisse)	Gouvernement, recherche, professionnels	Cartographie de détail le long des cours d'eau	Kienholz et Krummenacher (1995)
Méthode dépend les enjeux et les données existantes (Roumanie)	Gouvernement, recherche, professionnels	Délimiter des zones inondables en fonction des enjeux et des données disponibles	Raccasi (2008)
Hydro-géomorphologique (France)	Gouvernement, recherche, professionnels	Délimite les composantes de la plaine alluviale et leur attribut un degré de danger	Masson et al., (1996) ; Ballais et al., (2005) ; Ballais et al., (2011).
La méthode Inondabilité (France)	Recherche : université pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement Lyon	Caractérisation et évaluation de l'élément « vulnérabilités » des risques d'inondation	Gautier (1992) ; Oberlin (1995) ; Gilard (1998)
NRC (Etats Unis)	Gouvernement, recherche, professionnels	Détermine les parties des zones inondables d'un cône alluvial	NRC (1996)
La méthode de gestion des plaines inondables (Etats Unis)	Gouvernement, recherche, professionnels	Évaluation de la vulnérabilité des risques d'inondation	White (1950)
Géomorphologique intégrée (Espagne)	Recherche : groupe RISKNAT, Université de Barcelone (UB)	Cartographie des traces géomorphologiques d'un événement de référence	Fernandez-Lavado et al., (2007) ; Furdada et al., (2008)
Risque (Espagne)	Recherche	Classification des formes selon les dangers	Camarasa et al., (2001)
Relevés sur le terrain	Recherche	Acquisition de données pour déterminer les limites des zones inondées et la hauteur de submersion	Townsend et Walsh (1998) ; Hess et al., (1995) ;
Photographie aérienne	Gouvernement, recherche, professionnels	Permet d'obtenir des images de haute résolution de la zone inondée	Armée Américaine (1855)
Capteurs satellitaires optiques	Gouvernement, recherche, professionnels	Identifier la zone inondée à partir d'images spatiales de très haute résolution	Armée Américaine
Les satellites radar	Gouvernement, recherche, professionnels	Fournir des informations aux phases actives de la crue	Armée Américaine

Modélisation hydrologique	Laboratoire d'Hydrologie de l'Université de Montpellier	Simulation de débit	USACE (1964); Cormary et Guilbot (1979); Claude Michel (1983); Moor et al., (1991); Singh, (1995);
Modélisation hydraulique		Simuler numériquement et prédire l'évolution spatio-temporelle d'un cours d'eau au cours d'une crue telles que : Débit, hauteur d'eau, les surfaces inondées, et les vitesses de l'eau	Saint Venant (1871); Barkau (1992); HEC (1995)

2-3-4- Les méthodes qualitatives de gestion de risque

La morphologie d'une vallée fluviale dépend principalement de la variation des apports solides et liquides du bassin versant au cours d'eau. Sur la base de la morphologie d'un cours d'eau, différentes méthodes peuvent être employées dans l'identification des zones inondables d'un cours d'eau à partir de données variées.

- **Méthode Wallonne pédomorphologique (Belgique)**

La méthode Wallonne ou méthode des courbes enveloppes considère que les limites du lit majeur sont aussi les limites des sols alluviaux (Dautrebande, 2008). Cette limite naturelle correspond pour un cours d'eau à une hauteur de débordement relativement constante qui permet de déterminer les vallées sèches (terrasses alluviales anciennes) et les zones de colluvion. Les données initiales sont déterminées par une cartographie de la typologie des sols, de l'occupation du sol, l'altimétrie, et du réseau hydrographique.

- **Cartographie des phénomènes (Suisse)**

La détermination des zones inondables en Suisse est facilitée par la couverture MNT haute résolution de l'ensemble du territoire. Pour la réalisation de la carte des dangers, une première phase d'identification des dangers se concrétise par une cartographie géomorphologique (ou des phénomènes) accompagnée de l'inventaire des événements passés liés au(x) risque(s) étudié(s) (Reynard, 2011).

La coordination des mesures liées à la prévention des dangers naturels en Suisse est intégrée par la Plateforme Nationale « Dangers Naturels » (PLANAT, 2004) qui regroupe les différents acteurs concernés. Elle publie et met en œuvre les mesures nationales surtout à l'aide de recommandations aux autorités responsables de la prévention des dangers naturels.

- **Méthodes en fonction des enjeux et de données disponibles (Roumanie)**

La Roumanie possède un vaste réseau hydrographique pour lequel elle doit déterminer les limites des zones inondables à partir de données diverses : images satellitaires, photographies aériennes ou la combinaison de cartes topographiques – orthophotographie - MNT à faible résolution, cartes géologiques, etc.

En fonction des enjeux identifiés le long des cours d'eau, une précision plus ou moins importante est déterminée et des niveaux de protection sont mis en place. Ces niveaux de précision dépendent de l'occupation du sol (Raccasi, 2008). Les limites de cette méthode s'observent dans les zones agricoles où l'absence de protections contre les inondations, laisse la possibilité d'une marge d'erreur assez importante dans la détermination de la zone inondable.

- **Méthode Hydro-géomorphologique (France)**

Cette méthode, mise au point par Garry et al., (2002) est fondée sur une approche naturaliste. Elle permet de mettre en évidence des unités géomorphologiques façonnées par l'eau, et qui marquent les limites potentielles d'une crue prochaine, indépendamment de toute modélisation. Elle contribue, selon Angelier et Deffontaines (2005) à l'estimation qualitative du risque d'inondation.

Cette approche a été largement développée en France dans le cadre des Plans de prévention des risques d'inondation (Lelièvre et al., 2008). Elle trouve son équivalence dans la typologie des types de crues mise en avant aux États-Unis (CGER, 1996) et dans le cadre d'analyse pour des rivières australiennes (Kirstie et al., 2005).

Ses bases conceptuelles sont simples, mais ne correspondent pas au découpage reconnu généralement, en particulier par l'école anglo-saxonne, qui ne distingue que *channel* et *flood plain* (Ballais, 2005). Les cours d'eau se caractérisent par l'existence de trois lits : le lit mineur, le lit moyen et le lit majeur. Les limites externes du lit majeur constituent la courbe enveloppe des crues passées de ce cours d'eau (Lambert 2001). Elles sont déterminées par l'étude des photographies aériennes et par celle du terrain en combinant la microtopographie (en particulier l'existence de talus), la granulométrie et la couleur des dépôts, souvent plus sombres dans le lit majeur que les matériaux de l'encaissant. Certaines formes de l'occupation actuelle ou ancienne des sols (parcellaire, localisation et répartition des sites archéologiques), ainsi que la localisation et la disposition des habitations et des bâtiments d'exploitation et l'implantation des voies de communication, sont également utilisées pour confirmer les limites obtenues (Garry et al., 2002).

- **Méthode d'Inondabilité (France)**

La méthode Inondabilité permet d'établir, à l'échelle du bassin versant, un diagnostic de la répartition spatiale du risque et de faciliter le choix de stratégies de prévention (Lang, 2009). Le principe de la méthode consiste en une modélisation et un croisement des variables «aléa » et « vulnérabilité » permettant d'exprimer sur une carte synthétique « un *risque maximal acceptable* », en échange de certains bénéfices (Gilard, 1998).

- **Méthode NRC de cartographie des cônes alluviaux (États-Unis)**

L'approche « NRC » est une méthode américaine, spécifiée aux crues éclair. Elle est spécifique aux zones de cône alluvial, qui part du principe que les cônes alluviaux ont un comportement hydro-géomorphologique différent des plaines alluviales (NRC, 1996); par conséquent, des méthodes distinctes sont à utiliser pour la délimitation des zones dangereuses dans cet environnement géomorphologique spécifique (Reynard et al., 2011).

- **Méthode géomorphologique intégrée (Espagne)**

La méthode géomorphologique intégrée vise à délimiter des zones de danger en fonction de l'extension spatiale d'évènements représentatifs (Fernandez-Lavado, 2007; Furdada, 2008). Il s'agit d'une approche scientifique qui tente d'établir un zonage permettant de définir, évaluer et graduer le danger des inondations affectant un tronçon de cours d'eau.

Cette méthode consiste à établir une cartographie géomorphologique en s'appuyant sur des observations de terrain, enquêtes, photo-interprétation et images satellitaires. Elle permet d'apporter des indications précises sur la spécialisation des submersions lors des phénomènes d'inondation et de graduer le danger qui leur est associé (Taous et al., 2010).

La carte du zonage d'aléa d'inondation est valable seulement pour la date de réalisation. Ce qui fait tout changement de l'occupation n'est pas considérable.

- **Relevés sur le terrain**

L'acquisition de données sur le terrain est une méthode largement utilisée pour l'étude des phénomènes spatiaux et environnementaux, mais n'est pas adaptée à la caractérisation de l'aléa inondation en phase de gestion de crise (Tanguy, 2012). En effet, l'échantillonnage spatial réalisé sur le terrain est souvent peu élevé et mal distribué, ce qui ne permet pas d'obtenir des informations précises sur les limites des zones inondées et sur les hauteurs de submersion en tout point de ces zones (Townsend & Walsh, 1998). À cela s'ajoutent souvent des problèmes logistiques d'accès aux zones inondées et des coûts d'acquisition des données élevés.

- **Téledétection**

Différents outils de téledétection peuvent être utilisés pour caractériser l'aléa inondation :

- **La photographie aérienne**

Elle est considérée comme une source de données de qualité pour la délimitation et l'analyse des zones inondées (Schumann G. D., 2009). Cependant, son utilisation pour la génération de cartes de l'aléa inondation est souvent limitée par le coût élevé des acquisitions aéroportées et par le temps nécessaire à l'acquisition des données, souvent trop long lorsque l'inondation est étendue (Mallinis, 2011). À cela peuvent s'ajouter des conditions météorologiques empêchant le survol de la zone inondée et enfin les difficultés de détection des zones inondées sous un couvert végétal dense ou à travers un épais couvert nuageux.

- **Les capteurs satellitaires optiques**

Ils opérant dans les bandes du visible et de l'infrarouge (de 0.4 μm à 100 μm) et permettent d'améliorer l'accès aux données nécessaires à la cartographie des inondations à un coût moins élevé que celui de la photographie aérienne. L'imagerie optique ne permet, cependant, pas de détecter les zones inondées sous un couvert végétal dense, ce qui exclut une partie de l'information recherchée dans certaines zones (Sanyal, 2004). La très haute résolution spatiale des capteurs les plus récents (Ikonos, WorldView, Geoeye, etc.) peut être nécessaire de programmer l'acquisition de plusieurs images pour couvrir l'intégralité de la zone inondée, ce qui peut s'avérer coûteux.

- **Les capteurs satellitaires radar**

Les radars à synthèse d'ouverture sont des capteurs actifs opérant dans les hyperfréquences. Ces capteurs ont la capacité d'acquérir des images de la surface terrestre à travers les nuages, de jour comme de nuit (Bonn, 1996). Ils permettent ainsi de fournir des informations aux phases actives de la crue, durant lesquelles les conditions de nébulosité sont souvent importantes (Evans, 2010 ; Horritt, 2001).

2-3-5- Les méthodes quantitatives

a- Introduction

Depuis de nombreuses années, les recherches se sont orientées vers la modélisation et la simulation des processus de crue afin de mettre en œuvre des mesures de protection des biens et des personnes. Le développement des systèmes de modélisation est focalisé sur la mise en œuvre des outils de l'informatique et des réseaux pour l'aménagement, la gestion et la protection de la ressource en eau. Ces outils permettent aux gestionnaires et aux techniciens en charge des problèmes de l'environnement, de faire des choix pertinents et fiables afin d'assurer une gestion raisonnée de l'environnement et de la ressource en eau (Gourbesville, 2000).

Pour réaliser une modélisation du champ d'inondation, différents systèmes ont été développés depuis près de 30 ans. L'approche classique et la plus couramment utilisée s'appuie sur un modèle unidimensionnel (1D) qui représente l'ensemble du réseau hydrographique par une série de branches composées de profils en travers (sections) qui permettent de représenter la morphologie du cours d'eau. Dans cette géométrie qui doit être la plus proche possible de la réalité, les débits sont ensuite injectés. Le modèle permet alors de calculer sur ce réseau les niveaux, les vitesses et l'extension spatiale des champs d'inondation.

Les méthodes 2D sont privilégiées pour la simulation des crues et des champs d'inondation. Ces méthodes demandent pour leur mise en œuvre un nombre considérable de données et présentent parfois des restrictions en matière de stabilité numérique et de temps de calcul.

Finalement, la modélisation hydrologique et ou hydraulique permet de disposer de données chiffrées ayant une composante spatiale. La technologie du SIG offre la possibilité de combiner les résultats des modèles 1D et 2D, avec d'autres niveaux d'information comme l'occupation du sol qui peuvent être très complémentaires dans le cas de l'analyse des impacts liés aux inondations.

b- Modélisation hydrologique

La modélisation hydrologique représente un outil incontournable dans la compréhension de la dynamique d'un bassin versant, dans l'utilisation rationnelle des ressources en eau de ce bassin et dans la lutte contre les catastrophes naturelles liées aux crues (Medane, 2012). Elle permet l'estimation ou la prévision des débits pour une étude d'aménagement désirée (barrages, lacs, ponts, etc....).

Selon Refsgaard et Abbott (1996), la modélisation hydrologique permet entre autres :

- Une simulation de débits, pour la restitution de débits historiques ou pour permettre des traitements statistiques;
- Une prédétermination des débits de crue ou d'étiage ;
- Une prévision des crues et des étiages ;
- prédire les changements de la réponse du bassin suite à des modifications des caractéristiques du bassin d'origine humaine ou à des changements environnementaux.

b-1- Différents types des modèles hydrologiques

Plusieurs auteurs ont proposé une classification des modèles hydrauliques (entre autres, Tableau 3). D'après Refsgaard et Abbott (1996), les modèles hydrologiques peuvent être classés selon la description des processus physiques en tant que conceptuels ou physiques et selon la description spatiale des processus au niveau du bassin versant.

Tableau 3 : Quelques modèles hydrauliques (Estupina-Borrell, 2004).

Modèles	Statistique ou à base physique	Taille de l'unité hydrologique	Type de calage	Nature de la sortie
TOPMODEL	À base physique (zones contributives saturées)	Sous bassin versant	À base physique (zones contributives saturées)	Hydrogramme de crue à l'exutoire
TOPKAPI	À base physique (processus	Pixel	Paramètres à caler à partir de	Hydrogramme de Crue

	complexes)		chroniques PQ	
HEC HMS	À base physique (processus de type hortonien)	Sous bassin versant	Prédétermination possible puis calage à partir de chroniques PQ	Hydrogrammes de crue en différents points du bassin
SOPHIE	Modèles à propagation le long d'un cours d'eau et modèles pluie PQ globaux	Sous bassin versant	Calage statistique à partir de chroniques PQ	Hydrogrammes de crue en différents points du bassin
MIKE SHE	À base physique (processus complexes)	Pixel	Prédétermination possible et calage à partir de chroniques PQ	Hydrogrammes de crue en différents points du bassin
AIGA	À base physique (processus de type hortonien)	Pixel	Prédétermination possible puis calage à partir de chroniques PQ	Risque hydrologique
HYDROTEL	À base physique	Pixel	Prédétermination possible puis calage à partir de chroniques PQ	Hydrogrammes de crue

- **Classification selon la représentation de l'espace**

Le modèle global ou distribué : Le bassin est considéré comme une seule entité qui réagit dans son ensemble. Les caractéristiques physiques et météorologiques sont considérées comme uniformes à l'échelle du bassin versant assimilé à une unité ponctuelle. Il s'agit de valeurs moyennes applicables à tout le bassin versant (Medane, 2012). Les processus hydrologiques sont décrits sous forme d'équations simplifiées ou d'équation issues de raisonnement empiriques (Singh, 1995). Parmi les modèles globaux : le modèle GR (Edijatno et Michel, 1989), HEC-1 (Hydrologie engineering center, 1981).

Le modèle déterministe : S'appuie sur la description du bassin versant et prend en compte une ou plusieurs de ses caractéristiques physiques (pente, superficie, type de sol, ...). Il a pour la prévision des crues, la délimitation des zones inondables, la gestion du territoire,... Parmi les méthodes déterministes, on a la méthode des crues maximales probables – PMP/PMF, probable maximum flood (Dumas, 2006).

Le modèle probabiliste : La finalité du modèle probabiliste est de fournir des grandeurs statistiques de variables hydrologiques : débits maximum de pointe crue d'une occurrence donnée, précipitations minimales d'une durée donnée et d'une période de retour donnée. Au sein des modèles probabilistes, on distingue les modèles statistiques – ajustement de lois statistiques, méthode du Gradex ... – et les modèles stochastiques qui représentent la nature aléatoire des phénomènes hydrométéorologiques à l'aide de distributions statistiques (Cernesson, 1993; Arnaud, 1997).

- **Classification selon discrétisation temporelle**

Le modèle événementiel : Une modélisation événementielle présente l'avantage théorique de prendre en compte un nombre réduit de variables d'entrée. Cet avantage est contrebalancé par le besoin d'une initialisation qui fait souvent l'objet d'un calage alors qu'elle est le résultat de processus continus (Fouchier, 2010).

Le modèle continue : met en œuvre des équations qui décrivent la physique des processus hydrologiques : infiltration avec l'équation de Green et Ampt ou le modèle de Philip, évapotranspiration avec la formule de Penman, écoulement dans les zones saturées et non saturées avec les équations de Boussinesq et de Richards ou encore écoulement à surface libre avec les équations de Barré de Saint-Venant.

- **Classification selon la description des processus**

Un modèle empirique (de type boîte noire) : Son objectif est uniquement d'obtenir des sorties les plus proches possibles des débits d'un bassin versant réel. Elle est représentée principalement par les modèles linéaires d'analyse de séries temporelles (Jenkins & Box, 1976) et les réseaux de neurones (Anctil, 2004).

Un modèle conceptuel : considère en général un bassin versant comme un ensemble de réservoirs interconnectés. Dans ce modèle, les équations qui les décrivent comportent des paramètres qui ne peuvent être mesurés et qui doivent être obtenus par calage (Fouchier, 2010).

c- Modélisation hydraulique

- **Principe de la modélisation hydraulique**

La modélisation hydraulique a pour but de représenter le comportement physique de l'eau. Elle est particulièrement utile pour la prévention des crues, la réalisation de cartes des dangers, la régulation des cours d'eau et des lacs et le dimensionnement des cours d'eau (OFEV, 2012).

La construction d'un modèle hydraulique repose sur un certain nombre de simplification. La première étape vise ainsi à sélectionner les processus à représenter en fonction du poids des différents facteurs d'évolution du système (Bassin versant). Le bassin versant étudié est ensuite délimité. Le choix de ses frontières a des implications sur les conditions que l'on impose à ses limites, et donc aux données d'entrée du modèle. Il faut ensuite définir la géométrie du bassin versant et le nombre de dimensions à considérer.

Les résultats de la simulation sont confrontés aux mesures faites sur le terrain, afin d'évaluer la capacité du modèle à représenter la réalité. Deux phases successives peuvent être distinguées : une phase de calibration, où on ajuste les différents paramètres du modèle et les conditions aux limites selon un premier jeu de données mesurées, afin d'optimiser la qualité de la simulation ; et une phase de validation, où on vérifie la qualité du modèle ajusté sur un deuxième jeu de données.

L'étape d'analyse et interprétation des résultats est primordiale. Elle vise à apprécier la validité des hypothèses, la représentativité des conditions naturelles et anthropiques simulées et la marge d'incertitude des résultats en fonction d'analyses de sensibilités.

- **Modélisation 1D, 2D et 3D**

Différentes approches sont adoptées pour la modélisation des inondations. Le tableau 4 montre certains types de modèles de type 1D et 2D. Ci-dessous une description sommaire de chaque type de ces modèles.

❖ **Modèles 1D :**

Les modèles 1D sont basés sur la résolution des équations de Saint-Venant et sur des profils transversaux qui demandent peu de détails ou concernent des cours d'eau importants. Ils sont également exploitables pour des simulations sur de longues durées. Ces modèles analysent la variation, au cours du temps, du niveau de l'eau et du fond du lit, ainsi que la vitesse d'écoulement moyenne pour chaque profil transversal (OFEV, 2012).

❖ **Modèles 2D :**

Les modèles 2D sont recommandés dans le cas d'écoulement allant dans plusieurs directions, comme dans une plaine d'inondation, pour lesquels il faut disposer de données topographiques basées sur un modèle numérique de terrain et bathymétriques plus précises, ainsi que des données sur le couvert des sols dans le lit majeur. La simulation permet d'évaluer le niveau de l'eau et du lit, ainsi que la vitesse d'écoulement moyenne pour chaque élément de calcul.

❖ **Modèles 3D :**

Les modèles 3D sont basés sur la résolution des équations de Navier-Stokes. Ils visent la résolution de problèmes concernant des dimensions spatiales réduites et où les courants turbulents jouent un rôle primordial. On utilisera ce type de modèle dans certains cas comme pour optimiser les conditions d'écoulement en amont d'une centrale hydroélectrique ou analyser un affouillement local sur un barrage ou une pile de pont.

L'évolution des moyens de calcul fait apparaître une demande croissante en termes de simulations hydrauliques détaillées permettant de définir le risque d'inondation dû à des causes naturelles.

La satisfaction de cette demande passe par l'utilisation de modélisations bidimensionnelles (2D) qui s'appuient sur une description détaillée du modèle et un calage des paramètres à partir d'informations diverses. Les logiciels de modélisation d'inondation 2D sont disponibles et l'application appropriée de chaque logiciel dépend selon Pender & Néelz (2009) :

- des processus physiques simulés par la formulation mathématique du modèle;
 - de la méthode numérique approximative utilisée pour résoudre la formulation mathématique dans le logiciel de modélisation;
 - de la représentation des conditions aux limites (entrées et sorties) au domaine modélisé;
- de la manière dont les interfaces du modèle d'inondation 2D peuvent s'associer avec d'autres modèles du système d'inondation.

Tableau 4 : Classification des modèles d'inondation, adapté par Pender & Néelz (2009).

Méthode	Description et application	Temps	Sorties	Exemples des modèles
1D	Solution unidimensionnelle de l'équation St-Venant. Conception de modélisation de l'ordre de 10s à 100s de km selon la taille du bassin versant.	Minutes	Profondeur d'eau, profils transversales et la décharge à chaque section. Extension d'inondation dans des plaines inondables, hauteur d'eau	- Mike 11 - HEC-RAS - ISIS - InfoWorks - RS
1D+	1D plus une approche de stockage de simulation d'écoulement de zone inondable.	Minutes	Comme les modèles 1D, plus les niveaux d'eau et extension d'inondation	- Mike 11 - HEC-RAS - ISIS

	Modélisation à une échelle de l'ordre de 10s à 100s de km en fonction de la taille du bassin versant.		dans les zones inondées	- InfoWorks - RS
2D-	2D moins la loi de conservation de vitesse pour l'écoulement dans les zones inondables. Applications dans les conditions où les effets d'inerties ne sont pas importants.	Heures	Profondeur de l'eau, Extension d'inondation	LISFLOODFP JFLOW
2D	Solution des équations bidimensionnelles en eau peu profonde Modélisation à une échelle de l'ordre de 10s de km.	Heurs ou jours	Profondeur de l'eau, Extension d'inondation, Vitesse dans une profondeur moyenne	- TUFLOW - Mike 21 - TELEMAC SOBEK - InfoWorks- 2D
2 D+	2D plus une solution pour les vitesses verticales en utilisant la continuité seulement. Applications dans des régions côtières où des profils de vitesse en 3D sont importantes.	Jours	Profondeur de l'eau, Extension d'inondation 3D, vitesse	- TELEMAC 3D
3D	Solution de Reynolds en 3D faite en moyenne des équations de Navier-Stokes. Prédictions locales de champs de vitesse tridimensionnels dans les canaux principaux et les plaines inondables.	Jours	Profondeur de l'eau, extension d'inondation 3D, vitesse	- CFX

▪ **Dimensions d'un modèle par rapport aux types d'inondations**

La modélisation hydraulique est mobilisée pour représenté un grand nombre de milieux (fluvial, littoral, maritime, estuarien). Ainsi, la source de l'eau d'inondation est un autre facteur est à prendre en considération dans la modélisation des inondations car il peut déterminer les paramètres de test importants tels que le volume des inondations, le taux d'augmentation des inondations et la nature du confluent d'inondation. Les sources des inondations les plus importantes sont énumérées ci-dessous (Tableau 5). Les caractéristiques d'inondation (Néelz & Pender, 2009) sont comme suit :

❖ **L'inondation fluviale**

L'inondation fluviale sur une plaine inondable n'est plus écrite par un ensemble de profils en travers mais plutôt par un maillage plus ou moins fin selon les zones. Ces événements d'inondation sont relativement faciles à simuler en utilisant un logiciel de modélisation hydraulique 2D, bien que les caractéristiques linéaires, comme les routes, les murs, les haies et talus peuvent ajouter des complications. L'inondation fluviale due à une rupture de digues est un cas beaucoup plus difficile à modéliser. Les conditions aux limites sont également très incertaines car ils dépendent de l'emplacement de brèches et la rapidité avec laquelle les brèches se développent.

❖ **Les inondations côtières**

Les caractéristiques des inondations côtières sont généralement semblables aux inondations fluviales, bien que le taux d'augmentation de la tempête puisse être sensiblement supérieur à une inondation fluviale typique résultant des événements d'inondation plus rapides.

L'entrée de volume d'eau résultant de débordement des vagues est une fonctionnalité supplémentaire d'inondation côtière qui devrait être inclus dans les simulations informatiques, bien que le volume soit généralement nettement inférieur à celui résultant de débordement de rupture de la digue.

❖ **L'inondation des égouts**

Le volume d'eau impliqué dans l'inondation des égouts est généralement inférieur que pour les inondations fluviales et côtières. Ces inondations sont caractérisées par de multiples sources de surcharge, une augmentation rapide du niveau de l'eau et des flux relativement peu profonds le long des chemins d'écoulement qui sont difficiles à définir à priori. Des profondeurs d'inondation peuvent devenir importants où un certain nombre de chemins d'écoulement convergent en un seul endroit (zones basses). De plus, les différences dans la capacité du système de tuyaux peuvent conduire les inondations vers des endroits éloignés de la source d'origine. Ainsi, pour l'inondation des égouts, la capacité des logiciels de modélisation à simuler les opérations d'assèchement grâce à la simulation des opérations de pompage peut être utile.

❖ **L'inondation des eaux de surface**

Ce type d'inondation est dû à des précipitations de forte intensité directement sur le bassin versant. La simulation d'inondation des eaux de surface est généralement similaire à l'inondation des égouts. Les inondations des eaux de surface se produisent rarement de manière isolées et une caractéristique essentielle de la modélisation est d'être capable de simuler simultanément les entrées provenant d'autres sources, telles que les systèmes de drainage de surcharge et les cours d'eau.

❖ **L'inondation des eaux souterraines**

Ce type d'inondation est généralement caractérisé par des augmentations très lentes de débit et de niveau d'eau. Lorsque les eaux souterraines inondent, elles peuvent persister pendant de longues durées. Ce type d'inondation n'est pas à simuler par un logiciel de modélisation hydraulique 2D mais cela pourrait être approprié quand il se produit avec d'autres sources.

❖ **Rupture de barrage et les crues éclair**

Ce sont des événements très rapides caractérisés par un système hydraulique complexes et des changements de régime d'écoulement. La simulation d'inondation de cette nature peut être difficile avec des modèles hydrauliques 2D.

Tableau 5 : Dimensions des modèles en fonction des types d'inondations

Dimension	Type d'inondation	Modèles
1D	- Inondation fluviale dont le lit mineur est clairement délimité - Inondation des eaux de surface	Mike 11- HEC-RAS- ISIS- InfoWorks RS- UIM
2D	- Inondation fluviale (plaine inondable) - Inondation de l'eau souterraine - Inondation côtière - Inondation des égouts	TUFLOW- Mike 21- TELEMAC- SOBEK- ISIS 2D- ISIS GPU- Ceasg- InfoWorks 2D- XPSTORM
3D	- Rupture de barrage et crues éclair	CFX

2-3-6- SIG couplés aux modèles d'aide à la décision

a- Association des modèles aux SIG

Ruelland (2004) définit 3 types d'intégration possibles des capacités d'analyse multicritère à un SIG :

- *Système connecté* : ajout de certaines capacités analytique, directement au SIG ;
- *système interfacé* : combinaison de modules avec les SIG ;
- *système de pleine intégration* : intégration effective au sein du SIG où les données naviguent entre les modules d'analyse spatiale et le SIG sans perte de structures des données telles la topologie, l'identité de l'objet...

Les approches de ce type ont été développées par plusieurs chercheurs. On cite :

- Le *Danish Hydraulic Institute (DHI)* avec l'intégration d'un système de modélisation hydraulique 1D – MIKE 11 – dans l'interface d'ArcView. Le système permet de modéliser de manière traditionnelle le cours d'eau sous forme de sections organisées en différentes branches. Les résultats sont ensuite exportés en direction d'un MNT afin de pouvoir restituer l'extension spatiale des processus.
- L'*Hydrologic Engineering Center (HEC)* de l'U.S. Army Corps of Engineers (USACE) ont développé le modèle hydrologique HEC-HMS, le logiciel de modélisation hydraulique 1D : HEC-RAS. Le logiciel est largement utilisé à travers le monde pour les simulations en écoulement permanent. Il est distribué gratuitement via le site Internet (<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>). Le logiciel possède une interface graphique facilitant l'entrée de données et la visualisation des résultats. Il a été développé en termes d'extraction de données SIG à travers son extension HEC-GeoRAS.
- *TUFLOW* est un logiciel de modélisation hydraulique développé par la société BMT-WBM. Le système est une suite de moteurs numériques avancées et des outils de soutien pour la simulation de l'écoulement de l'eau à surface libre pour les eaux urbaines, les rivières, les plaines d'inondation, les estuaires. Le logiciel utilise des interfaces graphiques et est associé au SIG pour fournir les environnements de modélisation.

b- Approche multicritère associé aux SIG

La cartographie détaillée des risques d'inondation et les modèles de simulation permettent de réduire les risques d'inondation. Plusieurs tentatives ont été développées pour la cartographie des inondations et la gestion des risques :

- Djokic (1995) a essayé de normaliser le format d'échange de données entre différents outils informatiques.
- Bian et al., (1996) ont proposé une approche orientée objet et donner ses avantages.
- Jiqun (2002) a élaboré un système combiné pour la surveillance et l'évaluation d'une inondation en Chine en utilisant le Système d'Information Géographique (SIG), le Système de Positionnement Global (GPS) et d'autres technologies.
- Sinnakaudan (2003) a établi des cartes d'inondation en utilisant le logiciel Arcview dans le domaine de l'extension AVHEC-6.
- Yalcin (2004) a fourni des méthodes multi-critères d'évaluation pour analyser les régions vulnérables aux inondations en utilisant le logiciel ArcGIS.
- Malczewski (2006) énumère environ 319 articles dédiés à l'intégration SIG-AMC entre 1990 et 2004.
- Molines (2007) a mis en relief de façon synthétique l'intérêt de l'association des SIG et de l'AMC dans les cas d'études de phénomènes spatialisés.
- Hansson (2008) a fourni une analyse multi-critères pour la conception de l'évaluation stratégique des dommages dus aux inondations en utilisant des modèles informatisés.

c- Études relative aux risques d'inondation au Maroc

Plusieurs études ont été élaborées par l'état marocain afin de gérer les risques d'inondation.

- En 2002, le Maroc a élaboré une stratégie nationale pour la prévention et lutte contre les inondations, à partir d'un Plan National de lutte contre les Inondations (PNI). Ce PNI a permis, à travers un plan d'action fondé sur une vision globale, définissant les priorités et arrêtant les mesures à entreprendre, d'identifier les sites exposés aux risques d'inondation et a montré que les mesures de protection peuvent être techniques (réalisation d'ouvrages de protection et de systèmes de lutte contre l'érosion),... mais aussi préventives, réglementaires, organisationnelles, et de sensibilisation.
- Une étude en 2003 du ministère des Affaires et de la gouvernance en collaboration avec la Banque mondiale quantifie les dommages causés par les inondations à 2.7 milliards de DH par an.
- En 2003, le ministère de l'équipement marocain (ABHT, DMN, DPE) a développé un modèle pour les systèmes d'alerte (SPAC) contre les inondations et la prévision survenue des inondations dans la région de Haut Atlas (Ourika, 2003).
- Une étude menée par la Banque Africaine de développement en 2009, s'est déroulée sur la proposition visant l'octroi d'un Don de 1.000.000,00 USD au titre de l'aide d'urgence au programme d'actions pour atténuer les effets des inondations dans la région du Gharb.
- Un autre travail s'est déroulé de Février à Mai 2012 par la DRPE de Rabat et l'IRD de la France utilisant des modèles développés avec des outils standards et gratuits (HEC-HMS et HEC-DSSVue) dans le bassin du barrage El Makhazine pour améliorer la gestion du risque inondation au niveau de la ville de Ksar El Kebir.

Des nombreux articles scientifiques s'intéressent à l'identification et la cartographie des zones inondables en utilisant des approches :

- quantitatives fondées sur l'observation (Méthode géomorphologique intégrée, Hydrogéomorphologie, Pédomorphologie, ...) dont les travaux *entre autres* de Gartet (1999) pour les crues de l'Oued Lebène, d'Akdim (2001) dans certaines villes du Moyen-Atlas, de Taous et al., (2010) dans la zone pré-urbaine de Taza, de Fofana et al., (2013) dans le bassin du Gharb, de Werren et Lasri (2014) dans les bassins versants Oued Fès et Béni Mellal;
- qualitatives fondées sur la mesure (modélisation hydrologique, modélisation hydraulique). Ces méthodes utilisent des modèles empiriques régionaux pour estimer le débit maximal à l'exutoire d'un bassin versant. Parmi les travaux menés au Maroc, nous citons ceux de Bouaicha (2011) dans le bassin de Taifine dans le Tangérois, de Werren et Lasri (2014) dans les bassins versants Oued Fès et Béni Mellal, ...

D'autres méthodes qualitatives de cartographie du risque d'inondation, comme par exemple celles de la modélisation hydraulique sont devenues des outils bien utilisés au Maroc. Nous citons entre autres :

- l'étude du rôle du milieu physique dans l'amplification des crues en milieu montagnard de la crue du 17 Aout 1995 dans la vallée de l'Ourika (Haut Atlas, Maroc) par Saidi (2003) ;
- la modélisation par HEC-RAS et SIG dans le bassin de l'Oued Inaouen (Tabyaoui et al., 2011) et dans le bassin versant de l'Oued Aggay (Lahsaini et al., 2013).

- La détermination des crues de projet par les aspects du débit de pointe et de l'hydrogramme de crue au niveau de la commune Ain Boukellal, bassin versant de l'oued Larbaa, Maroc (Layan et al., 2012) ;
- L'assemblage des deux modèles HEC-RAS et HEC-GEORAS afin de délimiter des zones de débordement dans le bassin versant Ain Jmeaa par Khair (2013).

2-4- CONCLUSION

Ce chapitre définit les propriétés, les types et les facteurs de risques naturels en général et le risque d'inondation en particulier. Il présente les principales méthodes de gestion du risque d'inondation au Maroc et les méthodes pour caractériser l'aléa inondation dans un contexte de gestion de risque d'inondation. Les méthodes qualitatives se basent sur la morphologie d'un cours d'eau. Les méthodes quantitatives permettent la modélisation et la simulation des processus de crues. Les outils de l'informatique et du SIG facilitent cette modélisation et permettent une meilleure gestion des processus de crues et d'inondation.

Pour réaliser une modélisation hydrologique et ou hydraulique du champ d'inondation, des modèles unidimensionnels à tridimensionnels sont présentés. Ceux à composante spatiale sont également exposés et sont généralement de type global ou distribué, déterministe et probabiliste.

Ce chapitre présente également les dimensions d'un modèle par rapport aux types d'inondation : fluviale, littorale, maritime ou estuarienne. Ainsi, en fonction de la source de l'eau se définit le type d'inondation et les paramètres d'analyse : inondation fluviale sur une plaine inondable, inondation côtière avec addition d'entrée de volume d'eau résultant de débordement des vagues, inondation des égouts caractérisée par de multiples sources de surcharge, une augmentation rapide du niveau de l'eau et des flux relativement peu profonds le long des chemins d'écoulement, inondation des eaux de surface dû à des précipitations de forte intensité directement sur le bassin versant, inondation des eaux souterraines et les crues éclair.

La typologie des crues affectant le territoire marocain est bien entendu de nature très différente selon la taille du bassin versant considéré, la pente des oueds, la nature du couvert végétal et la nature de la pluviométrie. Les moyens techniques et l'organisation de prévention et gestion devront être adaptés pour chaque type.

L'étude des facteurs et des aléas des risques d'inondation et des degrés de vulnérabilité au Maroc permet de dégager certaines remarques qui annoncent déjà la grande fragilité des milieux naturels, la désorganisation de l'espace urbain, et le manque des moyens de prévention au Maroc.

Sur la base des modèles intégrés aux applications d'analyse qualitatives et quantitatives couplés aux SIG, des logiciels sont développés ou intégrés à des plateformes tels que DHI, HEC-RAS, HEC-HMS, HEC-GeoRAS, TUFLOW. Ces développements informatiques ont été appliqués au Maroc dans plusieurs bassins versants sujet d'inondation. Ils permettent une cartographie détaillée des risques d'inondation.

Ce chapitre expose également la démarche nationale et la stratégie du Maroc pour la prévention contre les inondations. Ces démarches sont préventives, réglementaires, organisationnelles, et de sensibilisation.

L'utilisation des outils de décision devient rapidement nécessaire pour l'appréhension globale du risque vu sous l'angle spatial (localisation de la zone à risque), systémique (étude du processus à l'origine du risque) ou socio-économique (étude de la genèse d'attitude face au risque, conséquences induites sur l'espace). On peut s'en rendre compte par le chapitre suivant les approches numériques de gestions des risques d'inondation.

Chapitre 3 :

Conception de la base de données Inondation

3-1- INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est la création d'une base de données appelée BD-Inondation qui rassemble dans une structure commune, les données nécessaires à la gestion des risques d'inondation. La structure d'une base de données représente une méthode de base pour l'harmonisation des données sous une structure physique à l'échelle nationale.

Le schéma de la création de la BD-Inondation est fondé sur trois phases. La première phase de conception nécessite une méthode d'analyse. Pour cette étude, on a adopté deux méthodes basées sur une série de concepts de base de données relationnelle : la première est la conception Merise comme une méthode de conception et de développement de système d'information. La deuxième a pour objectif de créer une base de données spatiale en utilisant le langage UML (Unified Modeling Language) pour concevoir une structure de géodatabase, et en important cette structure dans géodatabase par Outil Enterprise Architect de Sparx Systems (cf. chapitres 3 et 4). Le besoin de ces méthodes est né de la volonté d'*homogénéisation* de la prise en compte et de la résolution de certains problèmes en domaine de gestion des risques d'inondation.

3-2- CREATION DE LA BASE DE DONNEES

La méthode MERISE est une méthode de conception, de développement et de réalisation de projets informatiques basée sur le modèle entité-association (Tardieu, 1985). Cette conception est caractérisée par une succession d'étapes, afin d'aboutir à un système d'information fonctionnel reflétant une réalité physique. Il s'agit donc de valider une à une chacune des étapes en prenant en compte les résultats de la phase précédente. D'autre part, les données étant séparées des traitements, on va vérifier la concordance entre données et traitement afin de vérifier que toutes les données nécessaires aux traitements sont présentes et qu'il n'y a pas de données superflues.

La conception du système d'information se fait par une succession d'étapes qui appelé cycle d'*abstraction* (Tardieu, 1985). Ce cycle comprend 4 étapes (Fig. 2) :

- élaborer un dictionnaire de données (DD) afin de disposer et administrer une nomenclature commune au niveau national au domaine de gestion des risques d'inondation.

- Construire un modèle conceptuel de données (MCD) sous PowerAMC qui permet d'établir une représentation plus claire des données du Système d'information et définir les dépendances fonctionnelles des données entre elles.
- Normaliser un modèle logique de données (MLD) qui consiste à décrire la structure des données et permet d'éviter la redondance d'information.
- Implémentation le modèle physique de données (MPD) et création d'une base de données hébergée par MS Access.

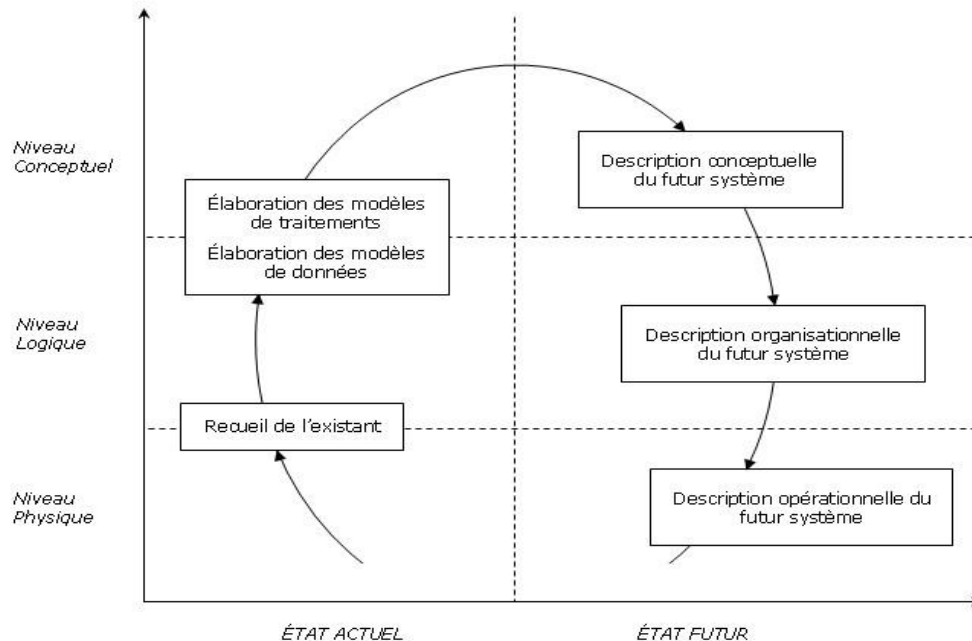


Figure 2 : Courbe du soleil pour la méthode merise (Rochfeld, 1989)

3-2-1. Dictionnaire des données

Le dictionnaire des données est le résultat de la phase de collecte des données. C'est la première phase à l'informatisation d'un Système d'information. Cette phase est le recueil des définitions qui décrivent et précisent la terminologie et les données disponibles pour un domaine en particulier (Tardieu, 1985).

Pour cette étude :

- chaque concept du dictionnaire de données, dénommé *entité*, est décrit par un texte proposant une définition commune ainsi que ses règles de gestion. Cette définition est complétée par des règles relatives à la codification de cette entité ou des responsabilités de gestion.
- chaque information du dictionnaire de données, dénommée *attribut*, décrit un texte précisant sa définition et ses règles de gestion.
- Pour chacune des entités retenues, une structure de données est définie, ainsi qu'un ensemble de procédure et de comportement associés permettant d'aboutir au modèle de la base de données relationnelle qui sera mise en place par la suite.

C'est pour cette raison, nous avons élaboré des listes de référence communes, qui constituent un support des échanges de données, par la création de dictionnaires de données. Ces derniers visent à être le langage commun entre les différents acteurs de gestion des risques d'inondation.

a- Concepts des entités du dictionnaire de données

On peut distinguer :

- ❖ Les données élémentaires : l'information se confond avec la valeur prise par la donnée. Par exemple, un nom, une date... Ces données sont recensées de manière exhaustive.
- ❖ Les données calculées ou déduites : obtenues par l'application d'un traitement mathématique ou logique. Ces données sont associées à des règles de calcul.
- ❖ Les données composées : regroupées en une même entité sémantique. Ces informations sont décomposées en données élémentaires.

b- Concepts des attributs du dictionnaire de données

Chaque attribut est codifié selon un identifiant assurant l'unicité de code au sein du dictionnaire. Ce code reste invariant excepté lorsque l'attribut correspondant fait appel à une liste de valeurs possibles sur laquelle des modifications ont été apportées (ajout ou suppression de valeurs uniquement). On définit deux identifiants :

- Identifiant de type : <Code>_<Nom...>, comme par exemple : <Nom BH> désigne le nom des grands bassins hydrographique qui existent au Maroc (Tableau 6).

Tableau 6 : Identifiants du bassin hydrographique

Code	<Nom BH>
BH01	Loukkos
BH 02	Moulouya
BH 03	Sebou
BH 04	Oum Er Rbia
BH 05	Tensift
BH 06	Bouregreg
BH 07	Sous Massa Draa
BH 08	Sud Atlasique
BH 09	Sahara

- Identifiant de type : <Code classe d'objets>_<numéro automatique> sont de type identifiant créés dans Access. Le numéro automatique est un compteur qui s'incrémente automatiquement à chaque fois qu'un nouvel objet est rajouté dans la classe.

Des attributs comme « *Id_source_données* » et « *Id_Bassin_hydro* », de type texte, sont ajoutés à chacune des classes du modèle (Annexe 2-Tableau 1).

c- Type de données (format de stockage des attributs)

Le type de données est une contrainte physique liée à la manière dont sera stockée la donnée dans le système d'information. Le tableau 7 montre les six types de données utilisés pour la description d'un attribut :

Tableau 7 : description des types de données des attributs

Type de données	Définition	Abréviation
Caractère	Données alphanumérique de longueur limitée	ANL
Texte	Données alphanumérique de longueur illimitée	ANI
Numérique	Données numériques	N
Date-heure	Date-heure	DH
Logique	Données de type Booléenne (Vrais ou faux)	BOT
Binaire	Objet binaire (image)	OB

d- Formalisme de dictionnaire de données

Pendant la phase de conception, les données recueillies normalisées sont inscrites dans un dictionnaire qui constitue un référentiel. Ce dictionnaire est un outil important car il constitue la référence de toutes les études effectuées. Le tableau 8 présente une partie du dictionnaire de données créé pour la base de données Inondation. L'annexe 2 affiche l'ensemble du dictionnaire.

Tableau 8 : Dictionnaire des données

Code	Libellé	Nature	Type
Agglomération	Plusieurs entités administratives interconnectées	NC	ANI
Altit_Moy_BHP	Altitude moyen d'un bassin versant principal	NC	N
Altitude_pointeau_z	Coordonnée Z du point d'eau	NC	N
Année_pub	Date de publication	NC	D
Auteur	Auteur de la source de données	NC	ANI
Axe_Orientat	Orientation du cours d'eau	NC	ANL
Barrage	Ouvrage qui barre plus que le lit mineur	NC	BOT
But_ouvrage	Énergie, irrigation, alimentation en eau potable...	NC	ANI
Buse	Ouvrage hydraulique de taille moyenne	NC	BOT
Catégorie_occup_sol	Catégorie de couverture de la surface de la terre	NC	ANL

NC : Non Calculé, **C** : Calculé ; **ANI** : Alphanumérique Illimité, **ANL** : Alphanumérique limité, **D** : Date, **N** : Numérique.

3-2-2. Modèle conceptuel de données

Le Modèle Conceptuel de données (MCD) sert à décrire les données du Système d'Information. Il va permettre de recenser les liens entre les données et d'en produire une représentation schématique (Koehl, 2010). Donc il va permettre de représenter les données de manière facilement compréhensible à l'aide des concepts d'entités et de relations.

Pour cette étude, le modèle conceptuel de données se focalise sur les données résultantes du processus de cartographie des surfaces inondables et des risques d'inondations. Le MCD se compose, au total, de 35 tables. Chacune inclut un champ qui identifie de manière unique chaque enregistrement (clés primaires). Ces dernières permettent d'établir les relations entre toutes les tables. L'ensemble des tables et des relations sont regroupées en quatre classes conceptuelles :

- Modèle conceptuel de données « Event » (Fig. 3) ;
- Modèle conceptuel de données « Zone inondée » (Fig. 4) ;
- Modèle conceptuel de données « Historique des crues » (Fig. 5) ;
- Modèle conceptuel de données « Risque inondation » (Fig. 6).

3-2-3. Modèle logique de données

Le modèle logique de données de la base de données-inondation se présente sous forme des tables qui affichent la description des champs et le type de données renseigné. Chaque table a un champ correspondant à une clé primaire et une clé étrangère. La clé primaire est un identifiant unique d'un objet de la table. La clé étrangère correspond à une clé primaire d'une autre table.

Le modèle logique de données se présente sous la forme d'un tableau dans lequel on retrouve les noms des attributs, le type de données renseigné (entier, caractère...), la description des champs, et les valeurs possibles pour chaque attributs de type lexique. Pour chaque table est indiqué son nom informatique et les définitions de chaque table.

Dans les structures des tables ont été mis en évidence les champs correspondant aux clés primaires et clés étrangères. La clé primaire d'une table correspond aux champs qui identifient de façon unique chaque objet de la table. La clé étrangère correspond à la clé primaire d'une autre table et permet d'établir la relation entre les deux.

3-2-4. Mise en œuvre du MCD et MLD sous PowerAMC

Pour créer les modèles conceptuel et logique de données, on a utilisé PowerAMC 15.1 (Sybase, 2015). C'est un logiciel de conception, créé par la société SDP en 1989 et qui est considéré comme un aide mémoire des modèles conceptuels et logiques des données (Guej, 1996).

Le MCD-inondation que nous développons est destiné à être physiquement représenté par le SGBDR-MS Access. La conception de la base de données s'est faite en utilisant la méthode relationnelle. Les tables sources ont été élaborées et représentées comme suit :

a- Table Event

Alias : Event

Définition : identifier les événements d'inondation dans chaque zone à risque important. Le tableau 9 montre les tables associées au modèle Event. Le tableau 10 décrit en détail les attributs de cette table.

Relation : cette table est en association avec 7 sous-tables (eux-mêmes associées à d'autres tables) et comprend 1 table lexicque.

Tableau 3 : liste des tables figurant dans le modèle « Event »

Nom de la table	Explication	Caractère spatial
Event	Événement	Oui
BDRI_local	Localisation de notre projet risque d'inondation	Oui
BDRI_Proj	La zone de notre projet	Non
Zone_inondée	Zone inondée	Oui
hist_crue	Historique des crues	Non
Risque_inondation	Risques d'inondation	Oui
Source_données	Source de données	Non

Tableau 10 : Description des attributs de la table Event :

Nom	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_event	Texte	Identifiant de l'événement	Valeur vide interdite
Nom_event	Texte	Nom d'un événement	
Code_event	Numérique	Code d'événement	Valeur vide interdite
Type_inond	Lexique	Type d'inondation	Valeur vide interdite
Descrip_event	Texte	Description de l'événement d'inondation	
Coordonnée_event_X	Numérique	Coordonnées X de l'événement	Valeur vide interdite
Coordonnée_event_Y	Numérique	Coordonnées Y de l'événement	Valeur vide interdite
Elevation_event_Z	Numérique	Coordonnées Z de l'événement	Valeur vide interdite
Id_BDRI_local	Texte	Identifiant de la localisation	Valeur vide interdite
Id_BDRI_proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_hist_crue	Texte	Identifiant de l'historique des crues	Valeur vide interdite
Id_zn_inondée	Texte	Identifiant de la zone inondée	Valeur vide interdite
Id_risque_inond	Texte	Identifiant des risques d'inondation	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Event

Nom	Type	Table de départ	Table d'arrivée
Correspond	Association	Event (1, 1)	BDRI_proj (1, 1)
Correspond	Association	Event (1, 1)	BDRI_local (1, 1)
Correspond	Association	Event (1, 1)	zn_inondée (1, n)
Associe	Association	Event (1, 1)	Hist_crue (1, n)
Associe	Association	Event (1, 1)	Risque_inond (1, n)
Se_situe_sur	Association	Event (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Event (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexique :

- **Nom** : type d'inondation
- **Définition** : type d'inondation à prendre en compte pour cette étude. D'après MEMEE (2016), il y a six types d'inondation au Maroc (Annexe 2-Tableau 3).

Les tables en relation avec la table Event :

a-1- Table BDRI_local

Alias: BDRI_local

Définition : correspond à l'organisation territoriale en région, province ou commune. Le tableau 11 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 11 : Description des attributs de la table BDRI_local:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_BDRI_local	Texte	Identifiant de la localisation	Valeur vide interdite
Région	Lexique	Une région économique correspond les wilayas	Valeur vide interdite
Province	Lexique	Division d'un État ayant une organisation administrative déterminée.	Valeur vide interdite
Commune	Lexique	Regroupent des quartiers et des villages	Valeur vide interdite
Ville	Lexique	Agglomération rurale caractérisée par un habitat plus ou moins concentré	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations auxquelles participe la table BDRI_local

Nom	Type	Table de départ	Table d'arrivée
Correspond	Association	Event (1, 1)	BDRI_local (1, n)
Correspond	Association	BDRI_local (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	BDRI_local (1, 1)	BDRI_Proj (1, n)
Correspond	Association	BDRI_local (1, 1)	source_données (1, n)

Description des tables lexiques (voir Annexe 3- Tableaux 4-7):

- **Nom** : Région
- **Définition** : Une région économique

- **Nom** : Province
- **Définition** : c'est une division d'un État ayant une organisation administrative déterminée.

- **Nom** : Commune
- **Définition** : La commune est une des circonscriptions administratives pivots du découpage administratif du territoire national. Elle est identifiée par un code alphanumérique attribué par le HCP (Haut Commissariat au Plan). La liste des communes est sous la responsabilité de HCP.

- **Nom** : Ville
- **Définition** : Une agglomération administrativement définie comme telle. Ces agglomérations disposent d'un code géographique officiel, servant d'instruments de mesure de la population urbaine du pays (Faouzi, 2009).

a-2- Table BDRI_Proj

Alias: BDRI_Proj

Définition : cette table représente les détails de la base de données de risque d'inondation. Elle est représentée par un seul enregistrement. Le tableau 12 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 12 : Description des attributs de la table BDRI_Proj :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Nom_projet	Texte	Nom de projet (Bassin Versant, Maroc)	
Datum_h	Texte	Datum horizontal	
Datum_v	Texte	Datum vertical	
Zone_projection	Lexique	Zone de projection Lambert Maroc	Valeur vide interdite
Unité_projection	Texte	Unité de projection utilisée	Unité de projection exprimée en mètre
Nom_Métadata	Texte	Le nom du Métadonnée	
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table BDRI_Proj

Nom	Type	Table de départ	Table d'arrivée
Correspond	Association	Event (1, 1)	BDRI_Proj(1, 1)
S'intègre	Association	BDRI_Proj(1, 1)	Bassin_hydro (1, 1)
Correspond	Association	BDRI_Proj(1, 1)	source_données (1, n)

Description des tables lexiques (voir Annexe 3-Tableau 8):

- **Nom** : Zone_projection
- **Définition** : le système de projection marocain est divisé en quatre zones de projection

b- Table Zn_inondée

Alias: Zn_inondée

Définition : Une surface inondable est une zone où peuvent s'étaler les débordements de crues, dans le lit majeur et qui joue un rôle important dans l'écroulement des crues. Le tableau 13 montre les tables associées au modèle Zn_inondée. Le tableau 14 décrit en détail les attributs de cette table.

Relation : cette table est en association avec 4 sous-tables (eux-mêmes associées à d'autres tables) et comprend 1 table lexique.

Tableau 13 : liste des tables figurant dans le modèle « Zone inondée»

Nom de la table	Explication	Caractère spatial
zn_inondée	Zone inondée	Oui
Bassin_hydro	Bassin hydrologique	Oui
occup_sol	Occupation du sol	Oui
cours_eau	Cours d'eau	Oui
point_eau	Point d'eau	Oui
Topo_zn_inondée	Topographie de la zone inondée	Oui
Carte_topo	Carte topographique	Oui
Source_données	Source de données	Non

Tableau 14 : Description des attributs de la table Zn_Inondée :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_zn_inondée	Texte	Identifiant de la zone d'inondation	Valeur vide interdite
Surface_inondée_estimée	Numérique	Surface inondée estimée en (ha)	Valeur vide interdite Exprimée en (ha)
Scénario_Aléa	Lexique	Scénario pris en compte pour l'inondation	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant de bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Zone_Inondée :

Nom	Type	Table de départ	Table d'arrivée
Correspond	Association	Event (1, 1)	Zn_inondée (1, n)
Compose	Association	Zn_inondée (1, 1)	BDRI_Proj (1, 1)
Se situe	Association	Zn_inondée (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Zn_inondée (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexique (voir Annexe 3-Tableau 9):

- **Nom :** Scénario_Aléa
- **Définition :** Scénario d'Aléa pris en compte

Les tables en relation avec la table Zn_inondée :

La table zn_inondée est associée à deux sous-tables : bassin-hydro et source_données.

b-1- Table Bassin_Hydro

Nom : Bassin_Hydro

Définition : Un bassin hydrographique est une circonscription hydrographique qui draine l'ensemble de ses eaux vers un exutoire commun, cours d'eau ou mer. Il est un l'aire limitée par un contour appelé ligne de crête, à l'intérieur de laquelle l'eau précipitée s'écoule et finit par rejoindre directement la masse d'eau sans passer par une autre masse d'eau. Il existe 10 grands bassins au Maroc (voir Annexe 3-Tableau 10). Le tableau 15 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 15 : Description des attributs de la table Bassin_Hydro :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant d'un bassin hydrographique	Valeur vide interdite
Code_bassin_hydro	Numérique	Code du bassin hydrographique	Valeur vide interdite
Nom_bassin_hydro	Lexique	Nom du bassin hydrographique	Valeur vide interdite
Surface_BHP	Numérique	Air en (Km ²) circonscrite par la ligne de partage des eaux	Valeur vide interdite Exprimé en (m ²) Ne peut pas être négative
Longueur_BHP	Numérique	Longueur du bassin versant principal	Valeur vide interdite Exprimé en (km) Ne peut pas être négative
Dénivelé_BHP	Numérique	Dénivelé du bassin versant principal	Valeur vide interdite Exprimé en (m) Ne peut pas être négative
Tc (h)	Numérique	Le temps de concentration "tc" est calculé par la formule de Kirpich en fonction des données topologiques.	Valeur vide interdite Exprimé en (h) Ne peut pas être négative
Id_occup_sol	Texte	Identifiant d'occupation de sol	Valeur vide interdite
Id_cours_eau	Texte	Identifiant d'un cours d'eau	Valeur vide interdite
Id_point_eau	Texte	Identifiant un point d'eau	Valeur vide interdite
Id_topo_zn_inondée	Texte	Identification topographie du bassin versant	Valeur vide interdite
Id_carte_topo	Texte	Identification carte topographique	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations auxquelles participe la table Bassin_Hydro :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Se situe	Association	Zn_inondée (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Associe	Association	Bassin_hydro (1, 1)	occup_sol (1, n)
Correspond	Association	Bassin_hydro (1, 1)	cours_eau (1, n)
Comprend	Association	Bassin_hydro (1, 1)	point_eau (1, n)
Caractérise	Association	Bassin_hydro (1, 1)	Topo_zn_inondée (1, n)
Ayant	Association	Bassin_hydro (1, 1)	carte_topo (1, n)

S'intègre	Association	Bassin_hydro (1, 1)	BDRI_Proj (1, 1)
Correspond	Association	Bassin_hydro (1, 1)	source_données (1, n)

La table bassin-hydro est associée à 7 sous-tables :

- **b-1-1- Table Occup_sol**

Alias: occup_sol

Définition: il désigne pour la FAO (1977) « la couverture bio-physique de la surface des terres émergées » et donc le type d'usage (ou de non-usage) fait des terres par l'Homme. Le tableau 16 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 16 : Description des attributs de la table Occup_sol:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_occup_sol	Texte	Identifiant d'occupation de sol	Valeur vide interdite
Catégorie_occup_sol	Lexique	Différents catégorie de couverture de la surface de la terre (Terrains artificiels, agricole, nus, forestier,...)	Valeur vide interdite
Pérméabilité_terrain	Lexique	Pérméabilité de terrain (Perméable, Semi perméable, Imperméable)	Valeur vide interdite
Nature_roche_écoulement	Lexique	La nature de la roche au chemin d'écoulement (Sous format Excel)	Valeur vide interdite
Type_sol	Lexique	Le type du sol lié a la lithologie du terrain (Tirs, Hamri, Harch, Dehs, Biad, Rmel, ...)	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Occup_sol :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Associe	Association	Bassin_hydro (1, 1)	Occup_sol (1, n)
Correspond	Association	Occup_sol (1, 1)	BDRI_Proj (1, 1)
Correspond	Association	Occup_sol (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexique (voir Annexe 3-Tableaux 11 - 14) :

- **Catégorie_occup_sol** : Catégorie d'occupation du sol représente les différents types d'occupation du sol existe au Maroc.
- **Type du sol** : La superficie totale du Maroc est d'environ 72 millions d'hectares. Mais, seuls 8,5 millions sont cultivables et une grande partie de cette superficie est sévèrement menacée par différents phénomènes de dégradation. L'observation du terrain et l'analyse de laboratoire des prélèvements de sol permettent de caractériser les différents types de sol au Maroc (UICN).

- **Perméabilité de terrain** : la perméabilité de terrain est la propriété de terrain notamment un sol, une roche à se laisser pénétrer et traverser par l'eau, sous l'effet d'un gradient de potentiel.
- **Nature des roches** : Nature des roches existe au Maroc

b-1-2- Table Cours_eau

Alias: Cours_eau

Définition : c'est tout chenal superficiel ou souterrain dans lequel s'écoule un flux d'eau continu ou temporaire provenant du ruissellement ou restituées par les nappes souterraines sous forme de source ou de restitution le long des lits des cours d'eau. Le tableau 17 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 17 : Description des attributs de la table Cours_eau:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_cours_eau	Texte	Identifiant d'un cours d'eau	Valeur vide interdite
Nom_cours_eau	Texte	Nom d'un cours d'eau	
Code_cours_eau	Numérique	Code d'un cours d'eau	Valeur vide interdite
Type_cours_eau	Lexique	Type morphologique d'un cours d'eau (Fleuve, Rivière, Oued, Torrent, Ruisseau, Ruisselet, Rigole, Bras, Canal, Chenal)	Valeur vide interdite
Type_écoulement	Lexique	Nature d'écoulement du drain (Permanent, Saisonnière, Épisodique, Spasmodique, Intermittent, Torrentiel)	Valeur vide interdite
Morphologie	Lexique	C'est le caractère morphologique d'un cours d'eau (lit mineur, moyen, majeur, plaine inondable)	Valeur vide interdite
Axe_Orientat	Lexique	Orientation du cours d'eau (N, S, E, W, NE, NW, SE, SW)	Valeur vide interdite
Long_cours_eau	Numérique	Longueur d'un cours d'eau	Valeur vide interdite Exprimé en (m)
Larg_cours_eau	Numérique	Largueur un cours d'eau	Valeur vide interdite Exprimé en (m)
Type de ruissel	Lexique	Correspond à la circulation des eaux de pluie à la surface du sol	Valeur vide interdite
Régime_écoulement	Lexique	Variation des caractéristiques d'un cours d'eau	Valeur vide interdite
Indice_Horton	Numérique	L'indice des lois d'Horton relie le nombre, longueur moyenne, et l'ordre des cours d'eau	Valeur vide interdite Exprimé en
Indice_Starhler	Numérique	Utilisé pour chiffrer la ramification du réseau	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Cours_eau :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Correspond	Association	Bassin_hydro (1, 1)	Cours_eau (1, n)
Correspond	Association	Cours_eau (1, 1)	BDRI_proj (1, 1)
Correspond	Association	Cours_eau (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexique (voir Annexe 3-Tableau 16):

- **Nom :** Type_cours_eau

Définition : Le réseau hydrographique est un réseau hiérarchisé (Strahler, 1957) dont chaque élément rejoint un élément plus important au niveau d'une confluence.

b-1-3- Table Point_eau

Nom : Point_eau

Définition : Un point d'eau est un accès naturel (source) ou artificiel (forage, drain, puits...) aux eaux souterraines. Chaque point d'eau est doté d'un code national. Il est localisé par ses coordonnées géographiques dans le cadre d'un système de projection et rattaché à la commune sur le territoire de laquelle, il est situé. Le tableau 18 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 18 : Description des attributs de la table Point_eau:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_point_eau	Texte	Identifiant d'un point d'eau	Valeur vide interdite
Code_point_eau	Numérique	Code national du point d'eau	Valeur vide interdite
Nom_point_eau	Texte	Nom du point eau	
Nature_point_eau	Lexique	Nature d'un point d'eau (Affleurement de nappes, Source, Forage, Puits, Perte, Cavité souterrain, Drain, ...)	Valeur vide interdite
Type_point_eau	Lexique	Les types d'un point d'eau (Naturel, Artificiel, Inconnu)	Valeur vide interdite
Coordonnée_pointeau_x	Numérique	Coordonnée X du point d'eau	Valeur vide interdite
Coordonnée_pointeau_y	Numérique	Coordonnée Y du point d'eau	Valeur vide interdite
Alitude_z	Numérique	Coordonnée Z du point d'eau	Valeur vide interdite
Débit_max_pointeau	Numérique	Débit maximum à un point d'eau	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Point_eau:

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Comprend	Association	Bassin_hydro (1, 1)	Point_eau (1, n)
Correspond	Association	Point_eau (1, 1)	BDRI_proj (1, n)
Correspond	Association	Point_eau (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexicale (voir Annexe 3-Tableaux 17- 18):

- **Nom** : type_point_eau
- **Définition** : le type de point d'eau concerne un point d'eau naturel ou bien d'un point d'eau artificiel.

- **Nom** : Nature_point_eau
- **Définition** : Le code de la nature du point d'eau est le numéro affecté à chaque forme possible d'un point d'eau tel que définie dans le tableau ci-dessus.

b-1-4- Table Topo_zn_inondée

Alias: Topo_zn_inondée

Définition : La topographie permet de représenter sur une carte, des informations de terrain, qu'ils soient naturels ou bien artificiels. Le tableau 19 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 19 : Description des attributs de la table Topo_zn_inondée :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_topo_zn_inondée	Texte	Identifiant la topographie	Valeur vide interdite
Altit_Moy_BHP	Numérique	Altitude moyenne du bassin versant principal	Valeur vide interdite Exprimée en m
Pente_Moy_BHP	Numérique	Pente moyenne du bassin versant principal	Valeur vide interdite
Orientation_BHP	Lexique	Orientation du bassin versant principal (N, S, E, W, NE, ...)	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Topo_zn_inondée

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Caractérise	Association	Bassin_hydro (1, 1)	Topo_zn_inondée (1, n)
Correspond	Association	Topo_zn_inondée (1, 1)	BDRI_proj (1, 1)
Correspond	Association	Topo_zn_inondée (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexicale (voir Annexe 3-Tableaux 15, 19 -22):

- **Nom** : Orientation_SB_Principal
- **Définition** : L'orientation du bassin indique l'exposition de versants des pentes au rayonnement solaire, avec une influence sur l'assèchement rapide des versants par l'évaporation de l'eau de surface.

- **Nom** : type_écoulement
- **Définition** : type d'écoulement fluvial dépend l'évolution habituelle de son débit au cours de l'année, et au cours de déroulement des saisons,

- **Nom** : Morphologie
- **Définition** : la morphologie d'un cours d'eau décrit les différentes formes d'un cours d'eau et de leur évolution dans le temps. Elle est fonction d'un certain nombre de processus et

de conditions environnementales, comme la composition physique du terrain, l'érodabilité du lit; la végétation et le taux de croissance des plantes.

- **Nom :** Ruissellement
- **Définition :** Le ruissellement est un phénomène d'écoulement de l'eau de pluie sur un bassin versant, de façon diffuse ou concentrée, qui se poursuit jusqu'à ce qu'il rencontre un élément du système hydrographique (une rivière, un marais), un réseau de drainage (enterré ou surfacique) ou un point bas où il s'accumulera. Le phénomène de ruissellement peut être dû à des éléments naturels ou anthropiques. Il peut aussi bien être directement responsable d'une inondation sur un territoire éloigné de tout cours d'eau comme être contributeur à la formation de crues de cours d'eau permanents ou intermittents (talwegs), les deux types d'inondation pouvant d'ailleurs se cumuler lors d'un même événement (Guiton, 1998).

- **Nom :** Régime_écoulement
- **Définition :** Les régimes hydrologiques, ou régimes d'écoulement, sont définis en fonction de la variation saisonnière des débits sur une année. Chaque régime résume l'ensemble des caractéristiques hydrologiques et du mode de variation d'un cours d'eau et plus largement du bassin versant. Connaître le régime d'écoulement d'un cours d'eau permet de comprendre et de prévoir les variations générales des débits et donc d'estimer les ressources en eau et les risques de crues. En effet, la singularité du régime d'un cours d'eau est due à l'interférence de paramètres variés liés aux facteurs d'écoulement (climat, relief et géologie du bassin versant, végétation...).

b-1-5- Table Carte_topo

Alias: Carte_topo

Définition : c'est est une carte à échelle réduite représentant le relief déterminé par altimétrie et les aménagements humains d'une région géographique de manière précise et détaillée sur un plan horizontal. Le tableau 20 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 20 : Description des attributs de la table Carte_topo:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_carte_topo	Texte	Identifiant de la carte	Valeur vide interdite
Code_carte	Numérique	Code de la carte	Valeur vide interdite
Nom_carte	Texte	Nom de la carte	
Echelle	Lexique	Échelle de la carte	Valeur vide interdite
Description	Texte	Description engendrée la carte	
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Carte_topo :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Ayant	Association	Bassin_hydro (1, 1)	Carte_topo (1, n)
Correspond	Association	Carte_topo (1, 1)	BDRI_proj (1, 1)
Correspond	Association	Carte_topo (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexicque (voir Annexe 3-Tableau 23) :

- **Nom** : Échelle
- **Définition** : Une échelle représente le rapport entre une distance sur la carte et la distance réelle sur le terrain. Dans notre étude, en se basant sur les cartes topographiques à des échelles différentes. On a deux types de cartes :
 - ✓ Des cartes sur lesquelles se situent les événements d'inondation.
 - ✓ Des cartes sur lesquelles a été digitalisé le bassin hydrographique de chaque événement d'inondation.

c- Tables relatives aux historiques des crues

Alias: Hist_crue

Définition : les historiques des crues sont les reprises d'inondation dans un même endroit. Le tableau 21 montre les tables associées au modèle. Le tableau 22 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 21 : liste des tables figurant dans le modèle «Historique des crues»

Nom de la table	Explication	Caractère spatial
Hist_crue	Historique de crue	Non
station_hydro	Station hydrologique	Oui
poste_pluvio	Poste pluviométrique	Oui
Source_données	Source de données	Non

Tableau 22 : Description des attributs de la table Hist_Crue:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_hist_crue	Texte	Identifiant de l'histoire des crues	Valeur vide interdite
Date_event	Date	Date de début de la crue	Valeur vide interdite
Pluie_j_max	Numérique	Pluie journalière maximum	Valeur vide interdite Exprimé en (mm)
Durée_inondation_(h)	Numérique	Durée de l'inondation en heure	Valeur vide interdite Exprimé en (h)
Débit_max_(m ³ /s)	Numérique	Débit maximum exprimé en m ³ /s	Valeur vide interdite Exprimé en (m ³ /s)
Hauteur_eau_(m)	Numérique	Hauteur d'eau exprimée en cm	Valeur vide interdite Exprimé en (m)
Temps_retour (ans)	Texte	Temps de retour de l'historique des crues	
Id_station_hydro	Texte	Identifiant de la station hydrométrique	Valeur vide interdite
Id_poste_pluvio	Texte	Identifiant de la poste pluviométrique	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Hist_Crue :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Ayant	Association	Event (1, 1)	Hist_Crue (1, n)
Associe	Association	Hist_Crue (1, 1)	Station_hydro (1, n)
Correspond	Association	Hist_Crue (1, 1)	Poste_pluvio (1, n)

Correspond	Association	Hist_Crue (1, 1)	BDRI_Proj (1, 1)
Correspond	Association	Hist_Crue (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Hist_Crue (1, 1)	Source_données (1, n)

Les tables en relation avec la table Hist_crue :

c-1- Table Station_hydro

Alias: Station_hydro

Définition : Positionnement des stations de mesure du cours d'eau, contrôlées par les agences hydrauliques à l'échelle nationale. Le tableau 23 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 23 : Description des attributs de la table Station_hydro :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_station_hydro	Texte	Identifiant d'une station de mesure	Valeur vide interdite
Code_station	Numérique	Code de station	Valeur vide interdite
Station_hydro	Lexique	Nom de la station de mesure	
Date_mise_en_service_station	Date	Date de mise en service la station	
Coord_station_X	Numérique	Coordonnée X de la station	Valeur vide interdite
Coord_station_Y	Numérique	Coordonnée Y de la station	Valeur vide interdite
Coord_station_Z	Numérique	Coordonnée Z de la station	Valeur vide interdite
Id_BDRI_local	Texte	Identifiant de la localisation	Valeur vide interdite
Id_cours_eau	Texte	Identifiant de le cours d'eau	Valeur vide interdite
Id_zn_inondée	Texte	Identifiant de la zone inondée	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone d'étude	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Station_hydro.

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Associe	Association	Hit_crue (1, 1)	Station_hydro (1, n)
Se localise	Association	Station_hydro (1, 1)	BDRI_local (1, n)
Correspond	Association	Station_hydro (1, 1)	Cours_eau (1, n)
Correspond	Association	Station_hydro (1, 1)	Zn_inondée (1, n)
Correspond	Association	Station_hydro (1, 1)	BDRI_proj
Correspond	Association	Station_hydro (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Station_hydro (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexique :

- **Nom :** Station_hydro
- **Définition :** les stations hydrauliques sont contrôlées par des agences hydrauliques à l'échelle nationale.

c-2- Table Poste_pluvio

Alias: Poste_pluvio

Définition : ce sont des stations qui mesurent précipitations. Le tableau 24 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 24 : Description des attributs de la table Poste_pluvio :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_poste_pluvio	Texte	Identifiant d'un poste pluviométrique	Valeur vide interdite
Code_poste	Numérique	Code de poste pluviométrique	Valeur vide interdite
Post_pluvio	Texte	Nom de la poste pluviométrique	
Date_mise_en_service_poste	Date	Date de mise en service la station	
Coord_poste_x	Numérique	Coordonnée X de la station	Valeur vide interdite
Coord_poste_y	Numérique	Coordonnée Y de la station	Valeur vide interdite
Coord_poste_z	Numérique	Coordonnée Z de la station	Valeur vide interdite
Id_BDRI_local	Texte	Identifiant de la localisation	Valeur vide interdite
Id_zn_inondée	Texte	Identifiant de la zone inondée	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Poste_pluvio :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Comprend	Association	Hit_crue (1, 1)	Poste_pluvio (1, n)
Se localise	Association	Poste_pluvio (1, 1)	BDRI_local (1, n)
Correspond	Association	Poste_pluvio (1, 1)	Cours_eau (1, n)
Correspond	Association	Poste_pluvio (1, 1)	Zn_inondée (1, n)
Correspond	Association	Poste_pluvio (1, 1)	BDRI_proj
Correspond	Association	Poste_pluvio (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Poste_pluvio (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexicque :

- **Nom** : Poste_pluvio
- **Définition** : les postes pluviométriques sont contrôlées par des agences hydrauliques à l'échelle nationale.

d- Tables relatives à la Table Risque_inondation

Alias: Risque_inond

Définition : Dans le cadre du système d'information, le ministère d'énergie et des mines, de l'eau et de l'environnement, a modélisé et défini les concepts de risque en cinq enjeux (Voir la première partie). Le tableau 25 montre les tables associées au modèle. Le tableau 26 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 25 : liste des tables figurant dans le modèle «Risque inondation»

Nom de la table	Explication	Caractère spatial
Risque_inond	Risque d'inondation	Oui
modélisation hydrologique	modélisation hydrologique	Non
modélisation_hydraulique	Modélisation hydraulique	Non

Profils_en_travers	Profils en travers	Oui
Ouvrage_protect	Ouvrages de protection	Oui
Photo	Photos	Non

Tableau 26 : Description des attributs de la table Risque_inond:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_risque_inond	Texte	Identifiant les risques d'inondation	Valeur vide interdite
Enjeux_Humains	Texte	Enjeux liés aux humaines	Valeur vide interdite
Enjeux_Infrastructures	Texte	Enjeux liés aux infrastructures	Valeur vide interdite
Enjeux_Commerciaux	Texte	Enjeux liés aux activités commerciales	Valeur vide interdite
Enjeux_Urbains	Texte	Enjeux liés aux activités urbains	Valeur vide interdite
Enjeux_Agricoles	Texte	Enjeux liés aux activités agricoles	Valeur vide interdite
Enjeux_Industriels	Texte	Enjeux liés aux activités industrielles	Valeur vide interdite
Aménagements_proposés	Texte	Les aménagements proposés	
Id_modélisation_hydrologique	Texte	Identifiant d'une modélisation hydrologique	Valeur vide interdite
Id_modélisation_hydraulique	Texte	Identifiant d'une modélisation hydraulique	Valeur vide interdite
Id_profils	Texte	Identifiant d'un profil en travers	Valeur vide interdite
Id_ouvrages	Texte	Identifiant d'un ouvrage d'art	Valeur vide interdite
Id_photo	Texte	Identifiant de la photo	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Risque_inond :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Correspond	Association	Event (1, 1)	Risque_inond (1, n)
Evalue	Association	Risque_inond (1, 1)	Modélisation_hydrologique (1, n)
Evalue	Association	Risque_inond (1, 1)	Modélisation_hydraulique (1, n)
Correspond	Association	Risque_inond (1, 1)	Profil (1, n)
Correspond	Association	Risque_inond (1, 1)	Ouvrage (1, n)
Correspond	Association	Risque_inond (1, 1)	Photo (1, n)
Correspond	Association	Risque_inond (1, 1)	BDRI_proj (1, n)
Correspond	Association	Risque_inond (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Risque_inond (1, 1)	Source_données (1, n)

Les tables en relation avec la table Risque_Inond :

d-1- Table Profils_en_travers

Alias: Profils_en_travers

Définition: un profil en travers est une coupe transversale menée selon un plan vertical perpendiculaire à l'axe principal d'écoulement. Chaque profil est caractérisé par un code spécifique et un coefficient de rugosité. Le tableau 27 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 27 : Description des attributs de la table Profils_en_travers:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_profils	Texte	Identification d'un profil	Valeur vide interdite
Code_profil	Numérique	Code d'un profil	Valeur vide interdite
Nom_profil	Texte	Nom d'un profil	
Type_profil	Lexique	Type de profil (Profil tiré de la carte ou provenant d'une étude ou issu de terrain)	Valeur vide interdite
Date_profil	Date	Date de créer un profil	
Ks_lit_mineur	Numérique	Coefficient de rugosité au lit mineur	Valeur vide interdite
Ks_lit_majeur_rivegauche	Numérique	Coefficient de rugosité à la rive gauche de lit majeur	Valeur vide interdite
Ks_lit_majeur_rivedroite	Numérique	Coefficient de rugosité à la rive droite de lit majeur	Valeur vide interdite
Distance_profil_aval	Numérique	Distance de profil à l'aval du cours d'eau	Valeur vide interdite
Image_profil	BOLB	Image de chaque profil	
Id_coordonnées_profil	Texte	Identifiant les coordonnées de profil	Valeur vide interdite
Id_résultat_profil	Texte	Identifiant des résultats profils	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Profils_en_travers

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Correspond	Association	Risque_inond (1,1)	Profils_en_travers (1, n)
Correspond	Association	Profils_en_travers (1, 1)	BDRI_Proj (1, n)
Caractérise	Association	Profils_en_travers (1, 1)	coordonnées_profil (1, n)
Associe	Association	Profils_en_travers (1, 1)	Résultat_profil (1, n)
Correspond	Association	Profils_en_travers (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Profils_en_travers (1, 1)	Source_données (1, n)

Description de la table lexique (voir Tableau 24, Annexe 2) :

- **Nom** : Type_profil
- **Définition** : les différents types de profil utilisés

d-1-1- Table Coordonnées_profil

Alias: Coordonnées_profil

Définition : les coordonnées de profil se sont des coordonnées x et z de chaque profil. Le tableau 28 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 28 : Description des attributs de la table Coordonnées_profil:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_coordonnées_profil	Texte	Identification des coordonnées profils	Valeur vide interdite
Num_profil	Numérique	Numéro de chaque profil	Valeur vide interdite
Coord_X	Numérique	Coordonnée X d'un profil	Valeur vide interdite
Coord_Z	Numérique	Coordonnée Z d'un profil	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

d-2- Table Ouvrage_protection

Alias: Ouvrage_protection

Définition : c'est un ensemble des ouvrages de protection permettant la gestion de l'écoulement d'un réseau hydrographique. Il est aussi un obstacle à l'écoulement qui est à l'origine d'une modification de l'écoulement des eaux de surface (dans les talwegs, lits mineurs et majeurs de cours d'eau et zones de submersion marine). Seuls les obstacles artificiels (provenant de l'activité humaine) sont pris en compte.

La finalité est d'étudier l'ensemble des ouvrages de protection est de limiter l'étendue d'une inondation dans les zones à risque d'inondation étudiée. Autrement dit, la table des ouvrages de protection correspond à des champs de barrage, tronçons de digue, le dalot, et la buse.

- ✓ La digue est un ouvrage linéaire, généralement de grande longueur, longitudinal par rapport au sens de l'écoulement de l'eau, surélevé par rapport au terrain naturel et destiné à s'opposer au passage de l'eau ou à la canaliser. Chaque digue est divisée en tronçons relativement homogènes.
- ✓ Le barrage est un ouvrage qui barre plus que le lit mineur d'un cours d'eau permanent ou intermittent ou un talweg.
- ✓ Le dalot est un ouvrage hydraulique rectangulaire semi-enterré, sorte de petit aqueduc en maçonnerie placé sous les remblais des routes ou des voies ferrées.
- ✓ La buse est un ouvrage hydraulique de taille moyenne de forme cylindrique, en béton armé ou en acier.

Le tableau 29 montre les tables associées au modèle. Le tableau 30 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 29 : Description des attributs de la table Ouvrage_protection:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_ouvrage_protect	Texte	Identification d'un ouvrage de protection	Valeur vide interdite
Code_ouvrage	Numérique	Code des ouvrages de protection	Valeur vide interdite
Dalot	Oui/Non	un ouvrage hydraulique rectangulaire semi-enterré	Valeur vide interdite
Buse	Oui/Non	un ouvrage hydraulique de taille moyenne	Valeur vide interdite
Barrage	Oui/Non	un ouvrage qui barre plus que le lit mineur	Valeur vide interdite
Digue	Oui/Non	Un ouvrage destiné à s'opposer au passage de l'eau ou à la canaliser	Valeur vide interdite
Coord_ouvrage_x	Numérique	Coordonnée X de l'ouvrage	Valeur vide interdite
Coord_ouvrage_y	Numérique	Coordonnée Y de l'ouvrage	Valeur vide interdite
Hauteur_ouvrage	Numérique	Hauteur de l'ouvrage	Valeur vide interdite
Larg_ouvrage	Numérique	Largeur de l'ouvrage	Valeur vide interdite
Débit_CH	Numérique	Débit en charge que peut supporter l'ouvrage	Valeur vide interdite Exprimé en m ³ /s
Débit_SL	Numérique	Débit en surface libre que peut supporter l'ouvrage	Valeur vide interdite Exprimé en m ³ /s
Date_const	Date/Heure	Date de construction de l'ouvrage	
But_ouvrage	Texte	énergie, irrigation, alimentation en eau potable...	
Coeffit_contraction	Numérique	Elle est le rapport de la surface de la section contractée d'une veine de liquide par rapport à la surface de l'ouverture à travers	Valeur vide interdite

		de laquelle l'eau s'écoule.	
Coeffit_Strickler	Numérique	Appelé en bref coefficient de Manning, elle varier entre $0.012 < n < 0.15$	Valeur vide interdite
Id_résultat_ouvrage	Texte	Identification des résultats d'ouvrage	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Tableau 30 : Description des associations aux quelles participe la table Ouvrage_protection:

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Correspond	Association	Risque_inond (1,1)	Ouvrage_protect (1, n)
Associe	Association	Ouvrage_protect (1, 1)	Résultats_ouvrage (1, n)
Correspond	Association	Ouvrage_protect (1, 1)	BDRI_Proj (1, n)
Correspond	Association	Ouvrage_protect (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Ouvrage_protect (1, 1)	Source_données (1, n)

d-3- Table Modélisation_hydrologique

Alias: Modélisation_hydrologique

Définition : la modélisation hydrologique est un outil numérique de représentation de la relation pluie-débit à l'échelle d'un bassin versant. Il permet de transformer des séries temporelles décrivant le climat d'un bassin versant donné (séries de précipitation et de température par exemple, séries qui sont les entrées du modèle hydrologique) en une série de débits (sortie du modèle hydrologique). Le tableau 31 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 31 : Description des attributs de la table Modélisation_hydrologique :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_modélisation_hydrologique	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique	Valeur vide interdite
Temps_retour_MH	Texte	Temps de retour	
Id_T(10)	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique pour un temps de retour égale 10	Valeur vide interdite
Id_T(25)	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique pour un temps de retour égale 25	Valeur vide interdite
Id_T(50)	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique pour un temps de retour égale 50	Valeur vide interdite
Id_T(100)	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique pour un temps de retour égale 100	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Modélisation_hydrologique :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Évalue	Association	Risque_inond (1,1)	Modélisation_hydrologique (1, n)
Caractérise	Association	Modélisation_hydrologique (1, 1)	T(10)_modélisation_hydro (1, n)
Caractérise	Association	Modélisation_hydrologique (1, 1)	T(25)_modélisation_hydro (1, n)
Caractérise	Association	Modélisation_hydrologique (1, 1)	T(50)_modélisation_hydro (1, n)

Caractérise	Association	Modélisation_hydrologique (1, 1)	T(100)_modélisation_hydro (1, n)
Correspond	Association	Modélisation_hydrologique (1, 1)	BDRI_Proj (1, n)
Correspond	Association	Modélisation_hydrologique (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Modélisation_hydrologique (1, 1)	source_données (1, n)

Les tables en relation avec la table Modélisation_hydrologique :

d-3-1- Table T(10)_Modélisation_hydrologique

Alias: T(10)

Définition : modélisation hydrologique pour un temps de retour égale 10. Le tableau 32 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 32 : Description des attributs de la table T(10) :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(10)	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique pour temps de retour 10	Valeur vide interdite
Pluie_journaliere_T(10)	Numérique	Pluie journalière pour un temps de retour égale10	Valeur vide interdite
Pluie_pointe_calculé_T(10)	Numérique	Pluie de pointe pour un temps de retour égale10	Valeur vide interdite
Débit_pointe_calculé_T(10)	Numérique	Débit de pointe pour un temps de retour égale 10	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table : T(10) :

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Modélisation_hydrologique (1, 1)	T(10) (1, n)	Caractérise	Association

d-3-2- Table T(25)_Modélisation_hydrologique

Alias: T(25)

Définition : Modélisation hydrologique pour un temps de retour égale 25. Le tableau 33 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 33 : Description des attributs de la table T(25) :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(25)	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique pour temps de retour 25	Valeur vide interdite
Pluie_journaliere_T(25)	Numérique	Pluie journalière pour un temps de retour égale 25	Valeur vide interdite
Pluie_pointe_calculé_T(25)	Numérique	Pluie de pointe pour un temps de retour égale 25	Valeur vide interdite
Débit_pointe_calculé_T(25)	Numérique	Débit de pointe pour un temps de	Valeur vide interdite

		retour égale 25	
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table : T(25) :

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Modélisation_hydrologique (1, 1)	T(25) (1, n)	Caractérise	Association

d-3-3- Table T(50)_Modélisation_hydrologique

Alias: T(50)

Définition : modélisation hydrologique pour un temps de retour égale 50. Le tableau 34 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 34 : Description des attributs de la table T(50) :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(50)	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique pour temps de retour 50	Valeur vide interdite
Pluie_journaliere_T(50)	Numérique	Pluie journalière pour un temps de retour égale 50	Valeur vide interdite
Pluie_pointe_calculé_T(50)	Numérique	Pluie de pointe pour un temps de retour égale 50	Valeur vide interdite
Débit_pointe_calculé_T(50)	Numérique	Débit de pointe pour un temps de retour égale 50	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table : T(50) :

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Modélisation_hydrologique (1, 1)	T(50) (1, n)	Caractérise	Association

d-3-4- Table T(100)_Modélisation_hydrologique

Alias: T(100)

Définition : modélisation hydrologique pour un temps de retour égale 100. Le tableau 35 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 35 : Description des attributs de la table T(100) :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(100)	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique pour temps de retour 100	Valeur vide interdite

Pluie_journaliere_T(100)	Numérique	Pluie journalière pour un temps de retour égale 100	Valeur vide interdite
Pluie_pointe_calculé_T(100)	Numérique	Pluie de pointe pour un temps de retour égale 100	Valeur vide interdite
Débit_pointe_calculé_T(100)	Numérique	Débit de pointe pour un temps de retour égale 100	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table : T(100) :

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Modélisation_hydrologique (1, 1)	T(100) (1, n)	Caractérise	Association

d-4- Table Modélisation_hydraulique

Alias: Modélisation_hydraulique

Définition : La modélisation hydraulique sert à identifier, décrire et mesurer les processus dynamiques incluant les situations extrêmes telles que la présence d'un cours d'eau susceptible à déborder (aléa) d'une part, et présence de biens vulnérables, d'autre part. Bien sur que l'aggravation du risque d'inondation est un indicateur majeur de la durabilité d'un schéma d'aménagement, donc la modélisation s'avère un outil fondamental pour connaître la répartition et l'ampleur géographique du phénomène. Le tableau 36 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 36 : Description des attributs de la table Modélisation_hydraulique:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_modélisaion_hydraulique	Texte	Identifiant de la modélisation hydrologique	Valeur vide interdite
type_hydraulique	Lexique	Régime d'écoulement (Pas de calcul, Régime permanent uniforme, Régime permanent varié, Régime transitoire, Régime très complexe)	Valeur vide interdite
Condition_aval	Texte	Les conditions aval pour un modèle hydraulique	
Descrp_Aléa	Texte	Description de l'aléa	
Présence_profil	Oui/Non	Modélisation des profils	Valeur vide interdite
Présence_ouvrage	Oui/Non	Modélisation des ouvrages de protection	Valeur vide interdite
Id_résultat_profil	Texte	Identifiant d'un résultat de profil	Valeur vide interdite
Id_résultat_ouvrage	Texte	Identifiant d'un résultat d'ouvrage	Valeur vide interdite
Id_evaluation_risque	Texte	Identifiant d'évaluation risque	Valeur vide interdite
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrologique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Modélisation_hydraulique:

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Évalue	Association	Risque_inond (1,1)	Modélisaion_hydraulique (1, n)
Caractérise	Association	Modélisaion_hydraulique (1, 1)	Résultat_profil (1, n)
Caractérise	Association	Modélisaion_hydraulique (1, 1)	Résultat_ouvrage (1, n)
Caractérise	Association	Modélisaion_hydraulique (1, 1)	evaluation_risque (1, n)
Correspond	Association	Modélisaion_hydraulique (1, 1)	BDRI_Proj (1, n)
Correspond	Association	Modélisaion_hydraulique (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Modélisaion_hydraulique (1, 1)	source_données (1, n)

Description de la table lexicale (voir Annexe 3-Tableau 25):

- **Nom** : type_hydraulique
- **Définition** : le type hydraulique correspondant aux différentes modalités de calcul

d-4-1- Table Résultat_profil

Alias: Résultat_profil

Définition : Le résultat de profil selon le type de modélisation hydraulique effectuée sur chaque événement. Le tableau 37 décrit en détail les attributs de cette table.

Tableau 37 : Description des attributs de la table Résultat_profil :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_résultat_profil	Texte	Identifiant du résultat du profil	Valeur vide interdite
Pente_talweg_profil	Numérique	Pente du talweg	Valeur vide interdite
Débit_pointe_profil	Numérique	Débit de pointe d'un profil	Valeur vide interdite
Id_T(10)_profil	Texte	Identifiant d'un profil pour temps de retour 10	Valeur vide interdite
Id_T(25)_profil	Texte	Identifiant d'un profil pour temps de retour 25	Valeur vide interdite
Id_T(50)_profil	Texte	Identifiant d'un profil pour temps de retour 50	Valeur vide interdite
Id_T(100)_profil	Texte	Identifiant d'un profil pour temps de retour 100	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Résultat_profil

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Associe	Association	Profil (1, 1)	Résultat_profil (1, n)
Correspond	Association	Résultat_profil (1, 1)	T(10)_profil (1, n)
Correspond	Association	Résultat_profil (1, 1)	T(25)_profil (1, n)
Correspond	Association	Résultat_profil (1, 1)	T(50)_profil (1, n)
Correspond	Association	Résultat_profil (1, 1)	T(100)_profil (1, n)
Correspond	Association	Résultat_profil (1, 1)	Source_données (1, n)

d-4-1-1- Table T(10)_profil

Alias: T(10)_profil

Description des attributs de la table T(10)_profil:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(10)_profil	Texte	Identifiant du profil e à T=10	Valeur vide interdite
Débordement(10)	Oui/Non	Débordement dans le lit majeur pour une période de retour égale 10	Valeur vide interdite
Q(10)	Numérique	Débit de l'oued pour une période de retour égale 10	Valeur vide interdite
H(10)	Numérique	Hauteur d'eau pour une période de retour égale 10	Valeur vide interdite
V(10)	Numérique	Vitesse de l'eau pour une période de retour égale 10	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table T(10)_profil

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Résultat_profil (1, 1)	T(10)_profil (1, n)	Correspond	Association

d-4-1-2- Table T(25)_profil

Alias: T(25)_profil

Description des attributs de la table T(25)_profil:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(25)_profil	Texte	Identifiant du profil e à T=25	Valeur vide interdite
Débordement(25)	Oui/Non	Débordement dans le lit majeur pour une période de retour égale 25	Valeur vide interdite
Q(25)	Numérique	Débit de l'oued pour une période de retour égale 25	Valeur vide interdite
H(25)	Numérique	Hauteur d'eau pour une période de retour égale 25	Valeur vide interdite
V(25)	Numérique	Vitesse de l'eau pour une période de retour égale 25	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table T(25)_profil

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Résultat_profil (1, 1)	T(25)_profil (1, n)	Correspond	Association

d-4-1-3- Table T(50)_profil

Alias: T(50)_profil

Description des attributs de la table T(50)_profil:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(50)_profil	Texte	Identifiant du profil e à T=50	Valeur vide interdite
Débordement(50)	Oui/Non	Débordement dans le lit majeur pour une période de retour égale 50	Valeur vide interdite
Q(50)	Numérique	Débit de l'oued pour une période de retour égale 50	Valeur vide interdite
H(50)	Numérique	Hauteur d'eau pour une période de retour égale 50	Valeur vide interdite
V(50)	Numérique	Vitesse de l'eau pour une période de retour égale 50	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table T(50)_profil

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Résultat_profil (1, 1)	T(50)_profil (1, n)	Correspond	Association

d-4-1-4- Table T(100)_profil

Alias: T(100)_profil

Description des attributs de la table T(100)_profil:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(100)_profil	Texte	Identifiant du profil e à T=100	Valeur vide interdite
Débordement(100)	Oui/Non	Débordement dans le lit majeur pour une période de retour égale 100	Valeur vide interdite
Q(100)	Numérique	Débit de l'oued pour une période de retour égale 100	Valeur vide interdite
H(100)	Numérique	Hauteur d'eau pour une période de retour égale 100	Valeur vide interdite
V(100)	Numérique	Vitesse de l'eau pour une période de retour égale 100	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table T(100)_profil

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Résultat_profil (1, 1)	T(100)_profil (1, n)	Correspond	Association

d-4-2- Table Résultat_ouvrage

Alias: Résultat_ouvrages

Définition: Le résultat de l'ouvrage selon le type de modélisation hydraulique effectuée sur chaque événement.

Description des attributs de la table Résultat_ouvrages:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_résultat_ouvrage	Texte	Identifiant des résultats ouvrages	Valeur vide interdite
Pente_talweg_ouvrage	Numérique	Pente de talweg en (m/m)	Valeur vide interdite
Id_T(10)_ouvrage	Texte	Identifiant de l'ouvrage à T=10	Valeur vide interdite
Id_T(25)_ouvrage	Texte	Identifiant de l'ouvrage à T=25	Valeur vide interdite
Id_T(50)_ouvrage	Texte	Identifiant de l'ouvrage à T=50	Valeur vide interdite
Id_T(100)_ouvrage	Texte	Identifiant de l'ouvrage à T=100	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Résultat_profil

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Associe	Association	Ouvrage (1, 1)	Résultat_profil (1, n)
Correspond	Association	Résultat_ouvrage (1, 1)	T 10_ouvrage (1, n)
Correspond	Association	Résultat_ouvrage (1, 1)	T 25_ouvrage (1, n)
Correspond	Association	Résultat_ouvrage (1, 1)	T 50_ouvrage (1, n)
Correspond	Association	Résultat_ouvrage (1, 1)	T 100_ouvrage (1, n)
Correspond	Association	Résultat_ouvrage (1, 1)	Source_données (1, n)

d-4-2-1- Table T 10_ouvrage

Alias: T 10_ouvrage

Description des attributs de la table T 10_ouvrage:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(10)_ouvrage	Texte	Identifiant de l'ouvrage à T=10	Valeur vide interdite
Débit_ouvrage (m ³ /s)	Numérique	Débit de l'ouvrage à un période de retour égale 10	Valeur vide interdite
Ecoulement_libre	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =10	Valeur vide interdite
Ecoulement_charge	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =10	Valeur vide interdite
Ecoulement_déversement	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =10	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table : T 10_ouvrage

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Résultat_ouvrage (1, 1)	T 10_ouvrage (1, n)	Correspond	Association

d-4-2-2- Table T 25_ouvrage

Alias: T 25_ouvrage

Description des attributs de la table T 25_ouvrage :

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(25)_ouvrage	Texte	Identifiant de l'ouvrage à T=25	Valeur vide interdite

Débit_ouvrage (m ³ /s)	Numérique	Débit de l'ouvrage à un période de retour égale 25	Valeur vide interdite
Ecoulement_libre	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =25	Valeur vide interdite
Ecoulement_charge	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =25	Valeur vide interdite
Ecoulement_déversement	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =25	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table : T 25_ouvrage_

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Résultat_ouvrage (1, 1)	T 25_ouvrage (1, n)	Correspond	Association

d-4-2-3- Table T 50_ouvrage

Alias: T 50_ouvrage

Description des attributs de la table T50_ouvrage:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(50)_ouvrage	Texte	Identifiant de l'ouvrage à T=50	Valeur vide interdite
Débit_ouvrage (m ³ /s)	Numérique	Débit de l'ouvrage à un période de retour égale 50	Valeur vide interdite
Ecoulement_libre	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =50	Valeur vide interdite
Ecoulement_charge	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =50	Valeur vide interdite
Ecoulement_déversement	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =50	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table : T50_ouvrage

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Résultat_ouvrage (1, 1)	T 50_ouvrage (1, n)	Correspond	Association

d-4-2-4- Table T 100_ouvrage

Alias: T 100_ouvrage

Description des attributs de la table T 100_ouvrage:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_T(100)_ouvrage	Texte	Identifiant de l'ouvrage à T=100	Valeur vide interdite
Débit_ouvrage (m ³ /s)	Numérique	Débit de l'ouvrage à un période de retour égale 100	Valeur vide interdite Exprimé en (m ³ /s)
Ecoulement_libre	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =100	Valeur vide interdite
Ecoulement_charge	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =100	Valeur vide interdite
Ecoulement_déversement	Oui/Non	Type d'écoulement dans un ouvrage à un T =100	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table : T 100_ouvrage

Classe de départ	Classe d'arrivée	Nom	Type
Résultat_ouvrage (1, 1)	T 100_ouvrage (1, n)	Correspond	Association

d-4-3- Table Evaluation_risques

Alias: Evaluation_risques

Définition : Risque lié aux zones inondables, se sont des dommages qui peuvent se produire dans les zones inondables. Dans celles ci, on peut distinguer plusieurs niveaux de risques en fonction de la gravité des dommages à craindre compte-tenu de la hauteur de submersion, de la vitesse du courant (pour la crue considérée) et de la vulnérabilité des sites exposés.

Description des attributs de la table Evaluation_risques:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_evaluation_risque	Texte	Identifiant d'évaluation des risques	Valeur vide interdite
Risque_humain	Lexique	Qualification des risques humains (N, F, M, E, TE)	Valeur vide interdite
Risque_infrastructure	Lexique	Qualification des risques infrastructures (N, F, M, E, TE)	Valeur vide interdite
Risque_économique	Lexique	Qualification des risques économiques (N, F, M, E, TE)	Valeur vide interdite
Risque_agricole	Lexique	Qualification des risques agricoles (N, F, M, E, TE)	Valeur vide interdite
Risque_environmental	Lexique	Qualification des risques environnementaux (N, F, M, E, TE)	Valeur vide interdite
Risque_construction	Lexique	Qualification des risques de constructions (N, F, M, E, TE)	Valeur vide interdite
Remarque	Texte	Idée générale sur le risque	
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite

Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrographique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Evaluation_risques :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Caractérise	Association	Modélisation_hydraulique (1, 1)	Evaluation_risque (1, n)
Correspond	Association	Evaluation_risque (1, n)	BDRI_Proj (1, n)
Correspond	Association	Evaluation_risque (1, n)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Evaluation_risque (1, n)	source_données (1, n)

Description de la table lexique (voir Tableaux 26-31, Annexe 3) :

Nom	Définition
Risque_humain	les personnes soumis aux risques
Risque_infrastructure	Les infrastructures soumis aux risques
Risque_économique	les activités économiques soumis aux risques
Risque_agricole	les activités agricoles soumis aux risques
Risque_environmental	les activités environnementales soumis aux risques
Risque_construction	les constructions soumis aux risques

d-5- Table Photo

Alias: Photo

Définition : les photos les plus représentatives d'événement d'inondation, notamment les angles de prise de vue.

Description des attributs de la table Photo:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_photo	Texte	Identifiant de la photo	Valeur vide interdite
Code_photo	Numérique	Code de la photo	Valeur vide interdite
Capture_photo_vers_amont	Oui/Non	La position de capture la photo	Valeur vide interdite
Capture_photo_vers_aval	Oui/Non	La position de capture la photo	Valeur vide interdite
Description_photo	Texte	Description de la photo	
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite
Id_Bassin_hydro	Texte	Identifiant du bassin hydrographique	Valeur vide interdite
Id_source_données	Texte	Identifiant des sources de données	Valeur vide interdite

Description des associations aux quelles participe la table Photo :

Nom	Type	Classe de départ	Classe d'arrivée
Correspond	Association	Risque_inond (1, 1)	Photo (1, n)
Correspond	Association	Photo (1, 1)	BDRI_Proj (1, n)
Correspond	Association	Photo (1, 1)	Bassin_hydro (1, n)
Correspond	Association	Photo (1, 1)	Source_données (1, n)

e- Tables relatives aux sources de données

Alias: Source_données

Définition : Chaque référence à une source de données à partir de laquelle on implémente notre base de données.

Description des attributs de la table Source_données:

Champs	Type de données	Description	Contraintes sur l'attribut
Id_source_données	Texte	Identifiant d'une source de donnée	Valeur vide interdite
Titre_ref	Texte	nom par lequel la source est officiellement connue.	
Auteur	Texte	Auteur de la source de donnée	
Publicateur	Texte	Responsable de la diffusion de la source	
Année_pub	Date/Heure	Date de la publication	
Sujet	Texte	Sujet de la source	
Format	Lexique	Format de la source de données	
Type_ref	Lexique	Type de référence	
Langue	Texte	Langue du document	
Lien_web	Texte	Une adresse web utilisée dans la table	
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la zone de notre projet	Valeur vide interdite

Description de la table lexique (voir Tableaux 32-33, Annexe 3) :

Nom	Définition
type_ref	le type de référence permet de présenter la liste des références utilisées
Format	Format physique de la source de données

Modèle Conceptuel de Données
Modèle : Evenement_inondation
Package :
Diagramme : Diagramme
Auteur : Lahsaini Meriam Date: 25/09/2017
Version: 1.1

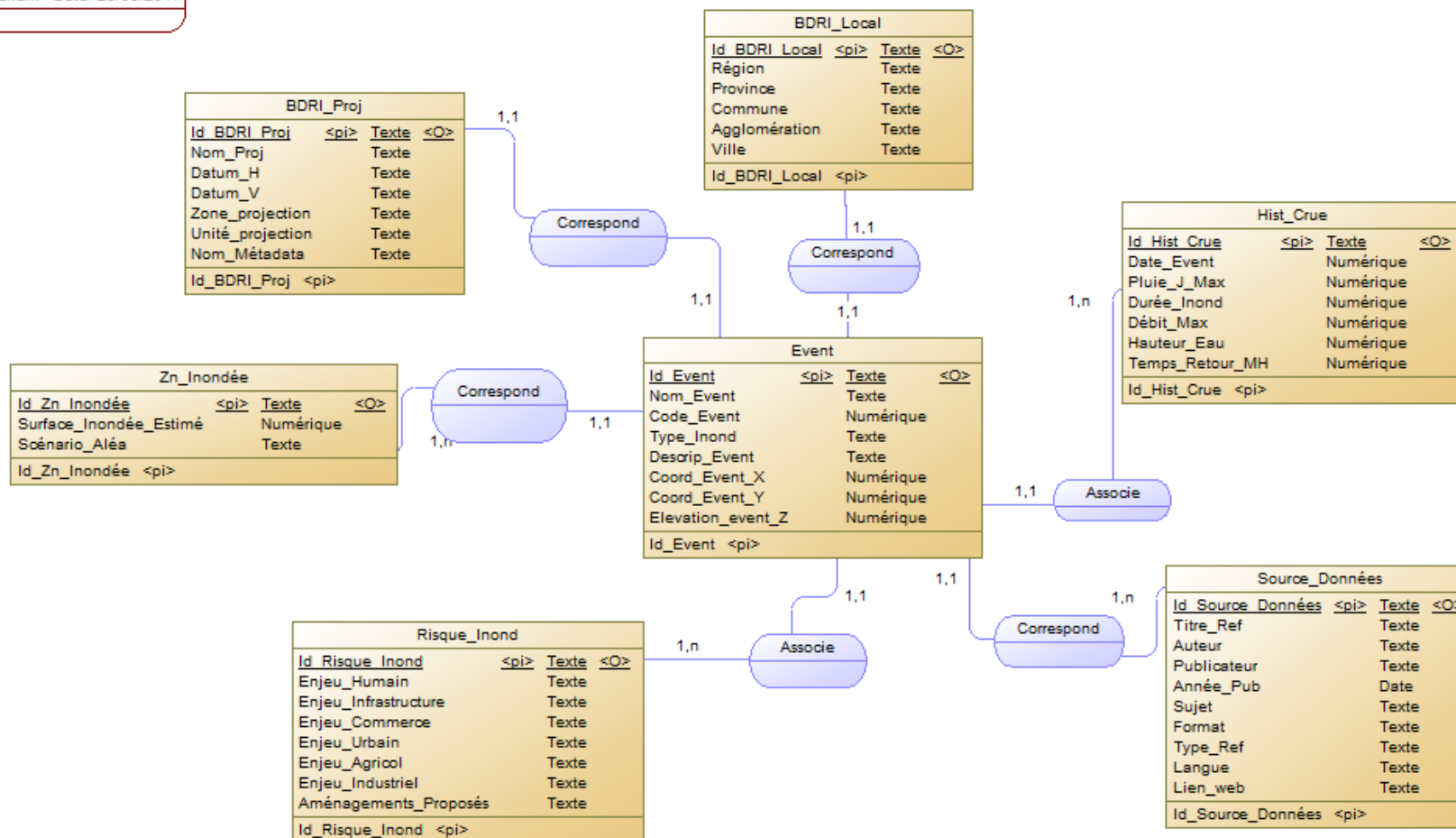


Figure 3 : Modèle conceptuel de données « Event » sous PowerAmc

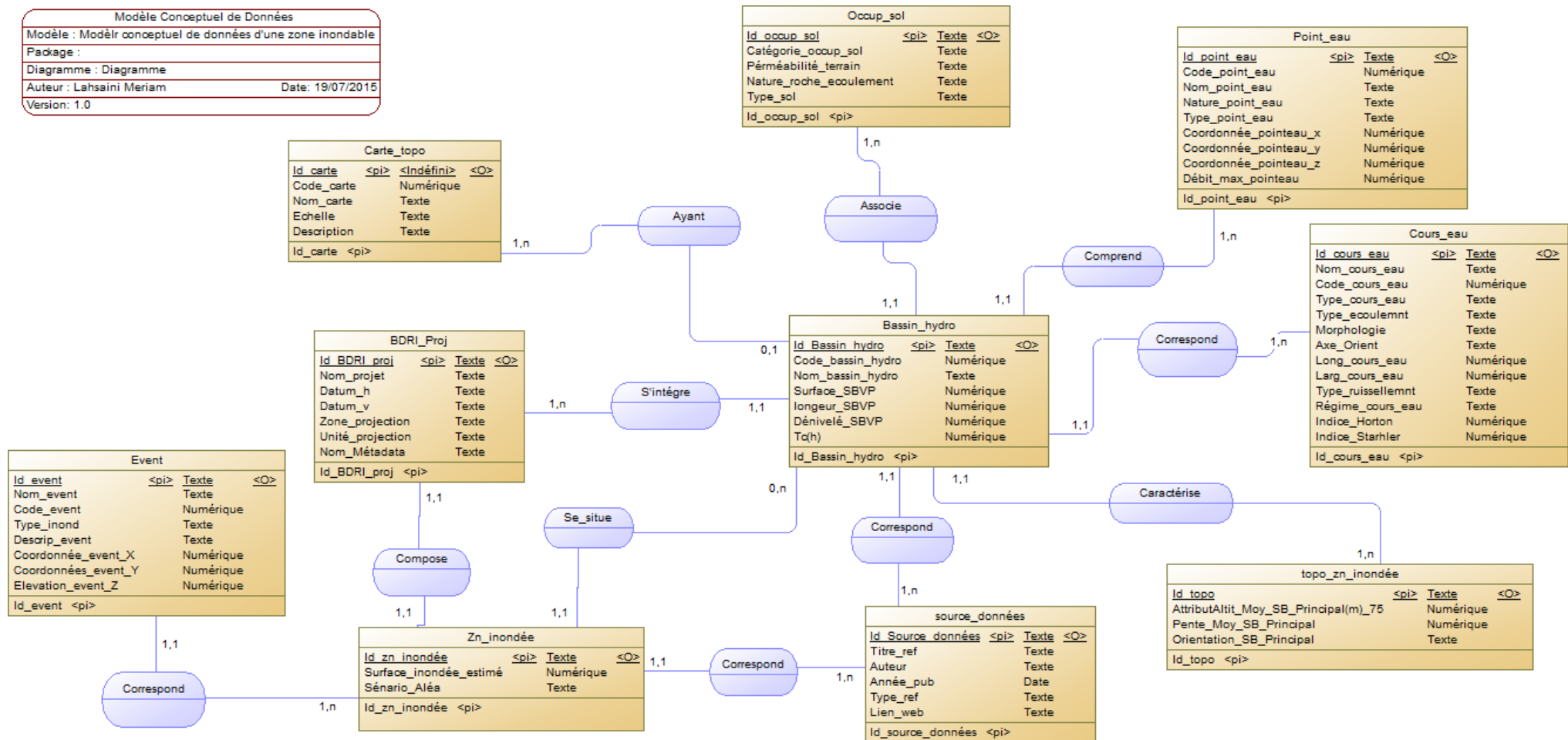


Figure 4 : Modèle conceptuel de données « Zone inondée »

Modèle Conceptuel de Données	
Modèle :	Modèle conceptuelle de données_historique des crues
Package :	
Diagramme :	Diagramme_1
Auteur :	Lahsaini Meriam
Date :	19/07/2015
Version :	1.0

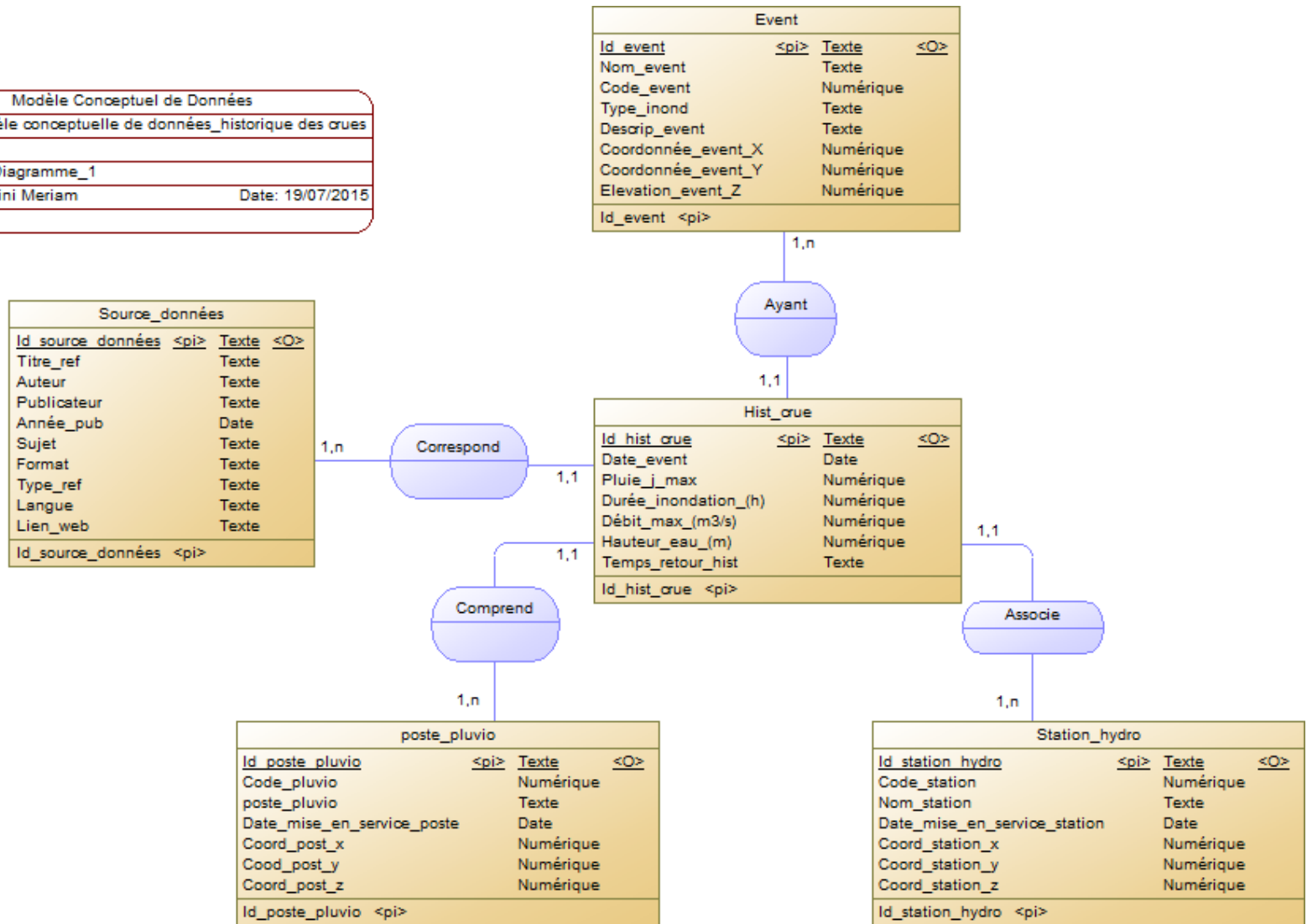


Figure 5 : Modèle conceptuel de données « Historique des crues »

Modèle Conceptuel de Données
 Modèle : Modèle conceptuelle de données risque d'inondation
 Package :
 Diagramme : Diagramme_1
 Auteur : Lahsaini Meriam Date: 19/07/2015
 Version: 1.0

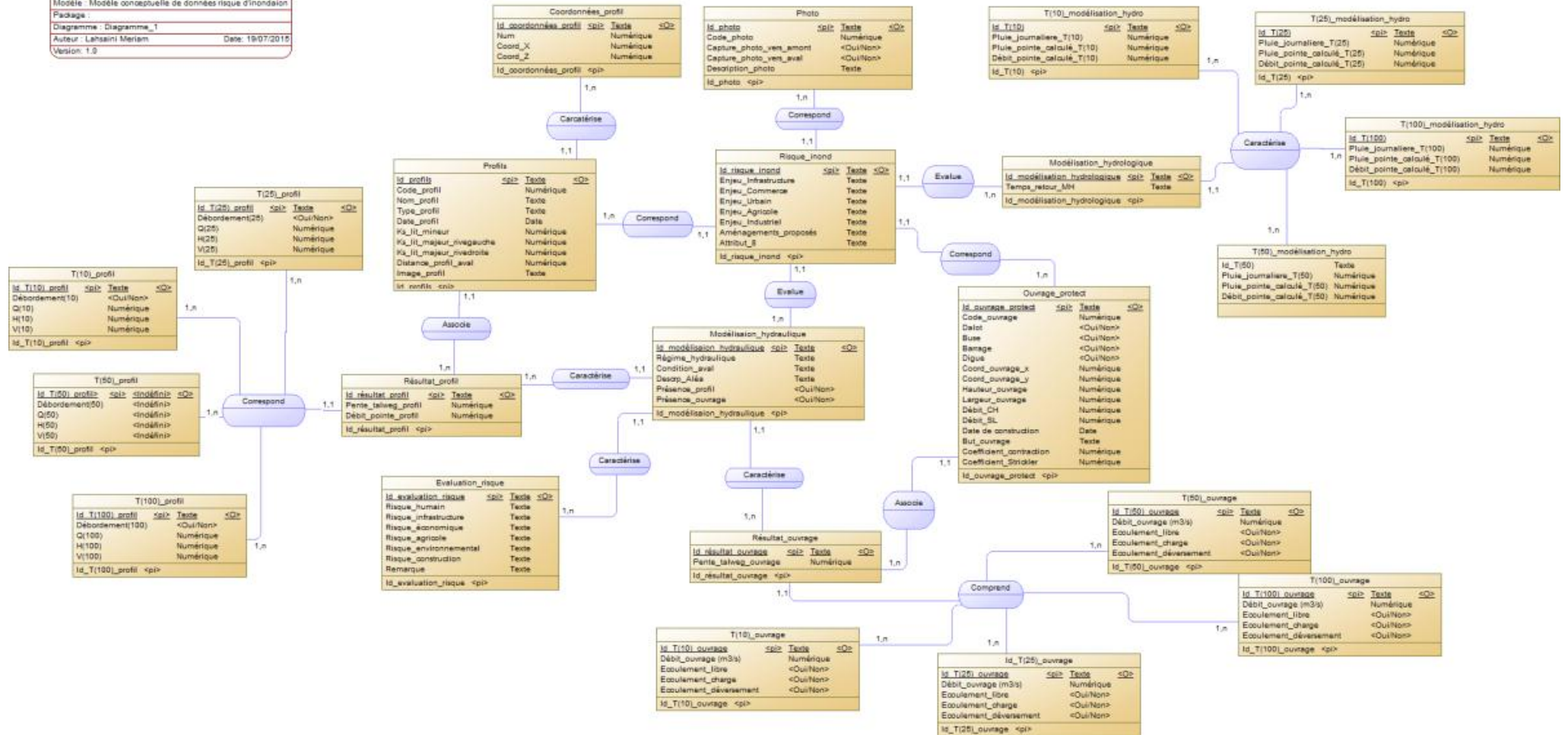


Figure 6 : Modèle conceptuel de données « Risque inondation »

3-2-5. Modèle physique de données

a- Introduction

Le modèle Physique de Données est un formalisme qui permet de préciser le système de stockage employé pour un Système de Gestion de Base de Données (SGBD). Pour implémenter notre base de données, on a choisit Microsoft Access (MS Access) qui permet d'établir des tables et un modèle relationnel et créer des requêtes que l'on souhaite faire apparaître dans le SGBD.

MS Access offre un ensemble d'outils permettant de saisir, de mettre à jour, de manipuler, d'interroger et d'imprimer des données.

b- Le MPD-inondation

- Les tables

Dans Access, comme dans les autres Systèmes de Gestion de Bases de Données (SGBD), les informations doivent être segmentées en données qui sont stockées dans des tables. Chaque table est divisée en enregistrements. Chaque enregistrement contient un ensemble d'informations réparties par champ (Tableau 38). La figure 7 montre les informations contenues dans la table « Event ».

The screenshot shows the 'Event' table structure in Microsoft Access. The table has the following fields:

Nom du champ	Type de données	Description
Id_event	Texte	Identifiant de l'événement
Nom_event	Texte	Nom de l'événement
Code_event	Numérique	Code d'événement
Type_inondation	Texte	Type d'inondation
Descrip_event	Texte	Description supplémentaire de l'événement
Coordonnée_event_X	Numérique	Coordonnées x de l'événement
Coordonnée_event_Y	Numérique	Coordonnées y de l'événement
Elevation_event_Z	Numérique	Coordonnées z de l'événement
Id_BDRI_local	Texte	Identifiant de la localisation
Id_BDRI_Proj	Texte	Identifiant de la projection utilisé
Id_hist_crue	Texte	Identifiant de la zone inondée
Id_zn_Inondée	Texte	Identifiant de l'historique des crues

Below the table structure, the 'Propriétés du champ' (Field Properties) window is open, showing the 'Liste de choix' (List of choices) tab. The properties are:

Propriété	Valeur
Afficher le contrôle	Zone de liste déroulante
Origine source	Table/Requête
Contenu	Type_inondation
Colonne liée	1
Nbre colonnes	1
En-têtes colonnes	Non
Largeurs colonnes	2,542cm
Lignes affichées	16
Largeur liste	2,541cm
Limiter à liste	Non
Autoriser plusieurs valeurs	Non
Autoriser les modifications	Non
Formulaire Modifier les événements	
Afficher uniquement les valeurs	Non

A note on the right side of the properties window states: 'Un nom de champ peut compter jusqu'à 64 caractères, espaces inclus. Pour obtenir de l'aide, appuyez sur F1.'

Figure 7 : Table «Event »

La création de la table s'effectue en remplissant les trois colonnes « Nom du champ », « Type de données » et « Description » :

- ❖ **Le nom du champ** : Event
- ❖ **Les types de données** : Chaque champ peut contenir des données de différents types :

Tableau 38 : Différents type de données

Texte	Pour un champ destiné à contenir des caractères alphanumériques (lettres et/ou chiffres).
Mémo	Même utilisation que le type texte, mais le champ de type mémo peut contenir jusque 65535 caractères (64 Ko).
Numérique	Le champ ne pourra contenir que des nombres avec ou sans décimales.
Date/Heure	Le champ ne pourra contenir que des dates ou des heures
Monétaire	Valeurs présentées sous format monétaire
NuméroAuto	Valeur numérique incrémentée automatiquement lors de la saisie de chaque enregistrement
Oui/Non	Seules deux données sont autorisées dans ce champ : Oui et Non
Objet OLE	permet d'insérer des objets provenant d'autres applications (image, table...)
Lien	une adresse Internet sur laquelle on peut cliquer Hypertexte directement.

- ❖ **Les propriétés des champs** : Chaque champ a des propriétés qui dépendent de son type de données, ces propriétés vont déterminer la façon dont les données qu'il contient vont être affichées ou comment les données vont être saisies dans ce champ (Tableau 39).

Tableau 39 : Propriétés des champs de type Mémo et texte

Taille du champ	Nombre de caractères maximum qui peuvent être saisis
Valeur par défaut	Texte qui sera contenu par défaut dans ce champ
Valide si	Expression pour valider la saisie, exemple : <> « machin », interdira la saisie du mot « machin » dans ce champ
Message si erreur	Message d'erreur qui va être affiché si l'expression saisie n'est pas valide, dans notre exemple, on pourrait mettre ici «saisie de machin interdite »
Null Interdit	Si oui, il faudra obligatoirement saisir une valeur dans ce champ
Chaîne vide Autorisée	La chaîne vide est "", on peut l'utiliser lorsqu'on n'a rien à entrer dans un champ obligatoire, si cette propriété est non, il faudra obligatoirement saisir du texte dans ce champ
Indexée	Le champ est un index avec ou sans doublons, si l'index n'a pas de doublons, il ne sera pas possible de saisir deux fois le même contenu pour ce champ dans la table
Format	Va définir comment le contenu du champ va être affiché (voir plus loin)
Masque de saisie	Oblige à saisir le contenu du champ selon un format précis (par exemple un numéro de téléphone), on verra ça plus loin

- ❖ **Clé primaire** : clé primaire d'une relation, est le plus petit sous-ensemble de ses attributs.
- ❖ **Clé étrangère** : clé étrangère d'une relation, un ensemble d'attributs qui est clé primaire d'une autre relation.

Le modèle physique de données se compose, au total, de 68 tables (les tables lexiques sont incluses) (Fig. 8). Chacune inclue un champ qui identifie de manière unique chaque enregistrement (clés primaires). Elles permettent d'établir les relations entre toutes les tables.

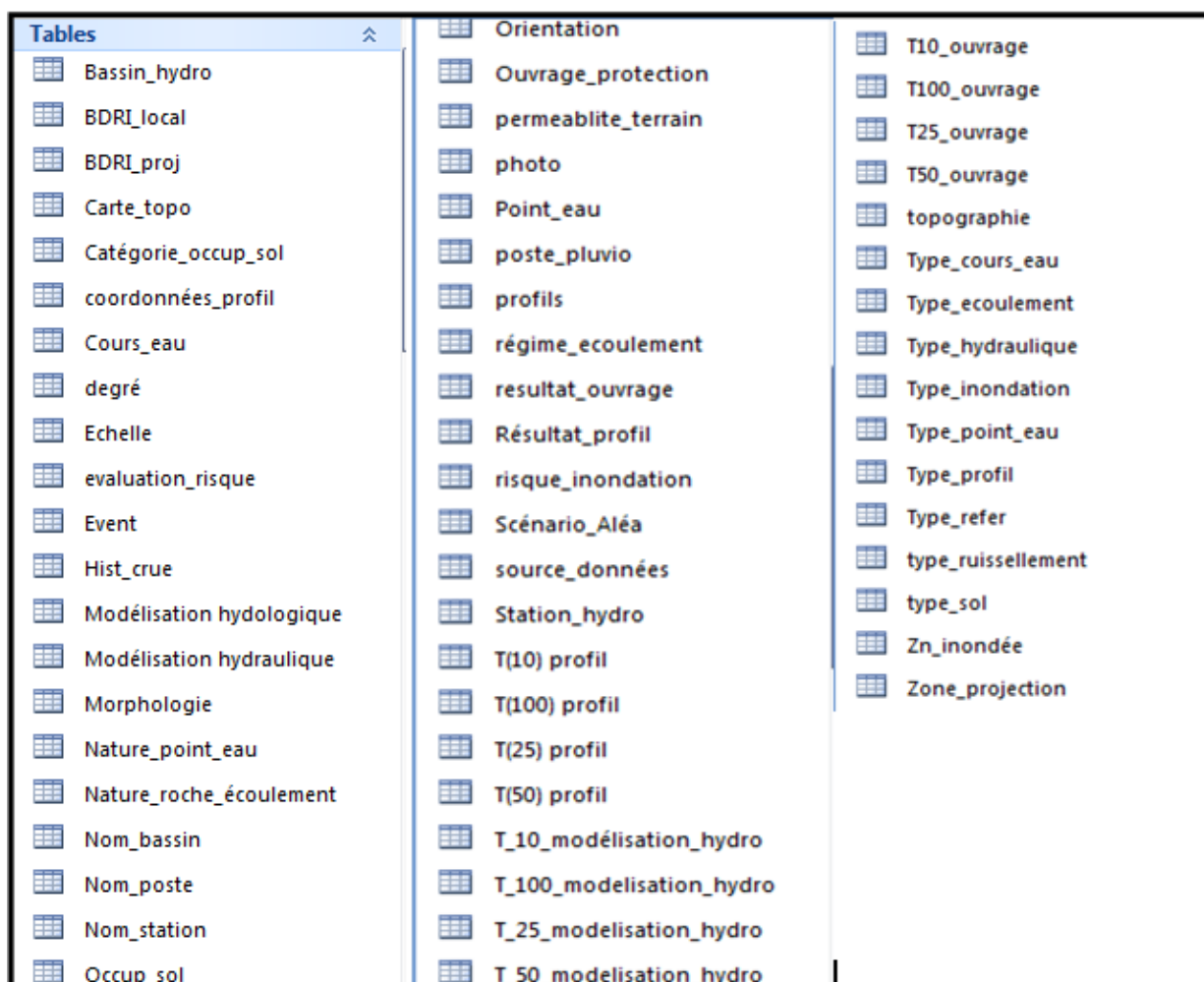


Figure 8 : liste des tables créées dans Access

- **Les relations**

Entre deux tables, il existe plusieurs types de relations qui peuvent être gérées par Access. Le lien entre deux tables doit être un champ commun et, pour limiter les risques d'erreur, ce champ commun a un type unique qui peut être numérique ou alphanumérique (Tableau 40).

Tableau 40 : Différents types de relation (Microsoft, 2015)

Relation un à un	Relation un à plusieurs	Relation plusieurs à plusieurs
Dans une relation de un à un, un enregistrement de la première table ne correspond qu'à un et un seul enregistrement de la seconde table.	Dans une relation de un à plusieurs, un enregistrement de la première table peut correspondre à plusieurs enregistrements de la seconde table.	Dans une relation plusieurs à plusieurs, un enregistrement de la première table peut correspondre à plusieurs enregistrements de la seconde table mais inversement, un enregistrement de la seconde table peut correspondre à un enregistrement de la première table.

- ❖ **Création des relations permanentes entre les tables :** Access offre la possibilité de créer des relations plus " permanentes " entre les tables de la base de données. Il a aussi l'avantage de vérifier "l'intégrité" des relations entre les tables. À partir du menu principal, il est possible d'accéder à la partie des relations qui nous permet de choisir le type de lien entre les deux tables (Fig. 9).

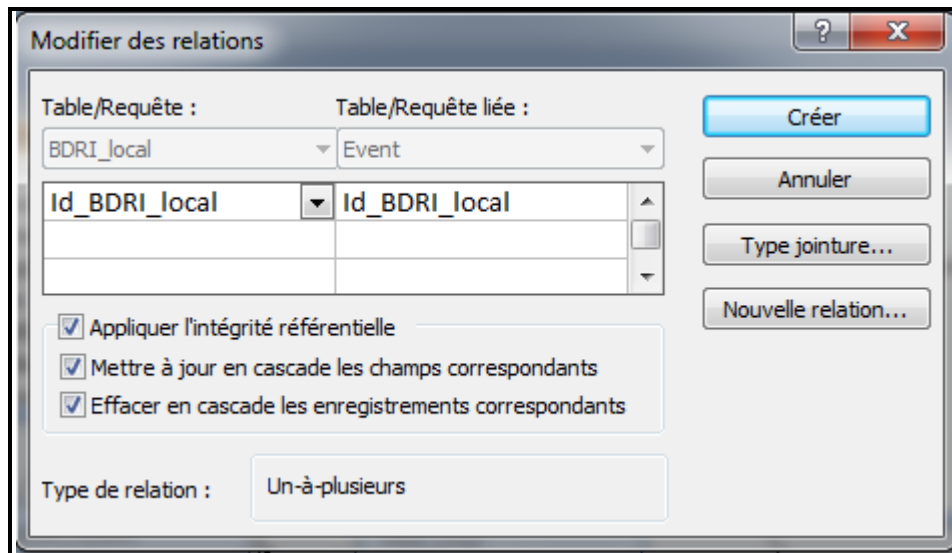


Figure 9 : Type de jointure entre deux tables dans Access

La barre **Type de jointure**, nous permet de choisir la propriété de jointure (lien entre les deux tables) (Fig. 10).

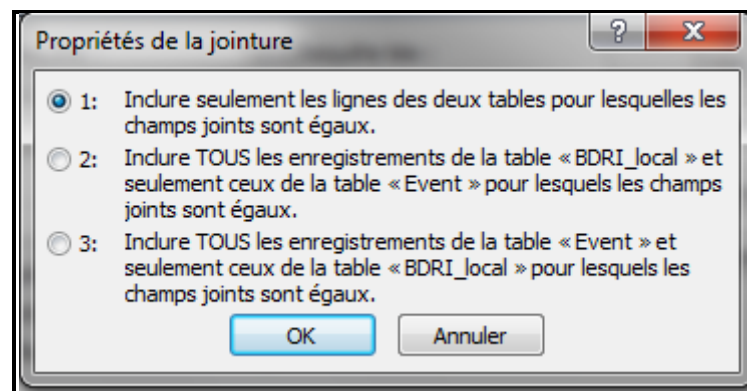


Figure 10 : Propriétés de jointure entre les tables dans Access

❖ Archivage de données via des relations :

Le modèle physique des données ainsi élaboré comprend toutes les relations permanentes entre les tables. Il s'agit donc d'associer les tables de manière à pouvoir effectuer des archivages de données et des requêtes concernant tout ou partie de la base de données.

Les relations entre toutes les tables sont établies en tenant compte de l'intégrité référentielle. En activant l'option "appliquer l'intégrité référentielle", Access s'assure que certaines règles d'intégrité d'une relation soient respectées. C'est pour que les relations entre les tables reliées soient toujours bonnes. Aucune information ne peut être "perdu" en laissant Access le droit de valider ces règles.

Le MPD dans Access se compose de 68 Tables, des relations ont été établies entre chacune entre-elles (Fig. 11). Elles ont pour but de faire correspondre les données des champs de 2 tables. Toutes les relations Access sont du même type : « un à plusieurs ». Ces relations nous permettront par la suite de créer les requêtes.

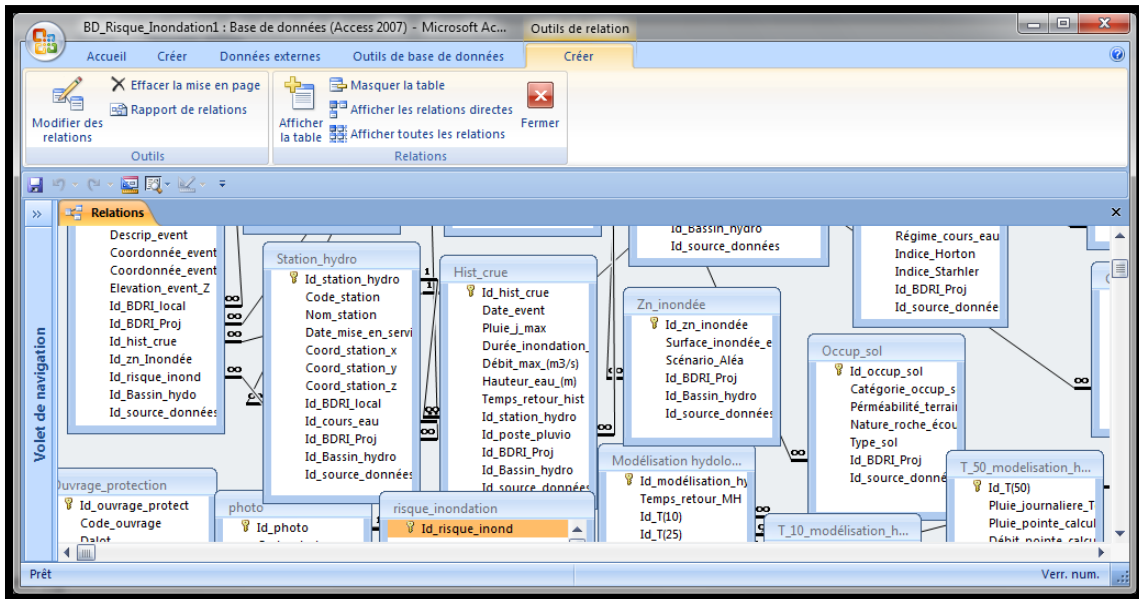


Figure 11 : Aperçu du modèle physique de données dans Access

- **Les formulaires de saisie sous Access**

Le formulaire est utilisé pour faciliter la saisie et la modification des données d'une table. Il permet d'afficher et de modifier le contenu d'une table et de manipuler au même endroit des informations provenant de plusieurs tables simultanément. Les informations saisies ou modifiées dans le formulaire seront modifiées dans les tables à partir desquelles le formulaire a été créé.

- ❖ **Types de formulaires**

Il y a quatre façons d'afficher les champs choisis dans le formulaire :

- **Colonne simple** : Le formulaire va afficher les champs sous la forme : «nom du champ : contenu du champ ». Le formulaire va afficher les champs d'un enregistrement à la fois (Fig. 12).

Figure 12 : Formulaire «Événement» de type colonne simple

- ☞ **Justifié** : Va afficher les champs choisis les un à la suite des autres (Fig. 13).

Figure 13 : Formulaire «Événement » de type justifié

- ☞ **Tabulaire** : Le formulaire va afficher les champs choisis sous la forme d'un tableau : en haut du formulaire vont être affichés les noms des champs, et, en dessous sous forme de tableau, le contenu, avec un enregistrement par ligne. Cette façon d'afficher les données ressemble à la feuille de données (Fig. 14).

Code événement	Nom événement	Coordonnée X	Coordonnée Y	Type inondation	Descrip événement
57	Sefrou	-4,85141	33,8256	Crues rapides des petits bassins de montagne	
58	Sefrou	-4,85141	33,8256	Crues rapides des petits bassins de montagne	

Figure 14 : Formulaire «Événement » de type tabulaire

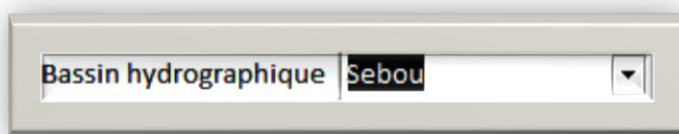
- ☞ **Feuille de données** : C'est la même chose que la feuille de données utilisées pour saisir des informations dans une table, la seule différence est que ne sont affichés ici que les champs sélectionnés dans l'étape précédente (Fig. 15).

Code_site	Nom du Pn	DRH	Oued
	Martil Tetouan	Tetouan	Martil
34	Settat	Ben Slimane	Boumoussa
38	El Jadida	Ben Slimane	Fefel
391	Aghbalou	Marrakech	Ourika
390	Setti Fatma	Marrakech	Ourika
46	Fes-Medina	Fes	Boufekrane
65	Taza	Fes	Larbaa
5	Plaine Loukkos	Tétouan	Loukkos
2	Chaabat Fnidq	Tétouan	Chaabat Fnidq
45	Fes-Aounat Al Hajja	Fés	Boufekrane
132	Moulay Brahim	Marrakech	Rheraya
178	Sidi-Kasem-Kenitra	Fes	Sebou,Rdom,Beth
22	Lihoud-Amont	Tétouan	Lihoud
258	Boudhib	Errachidia	Laraba
284	Agafay(Ameslroud)	Agadir	Korsia
130	Ouirgane	Marrakech	Ouirgane
263	Gorges Todgha	Errachidia	Todgha
344	Agadir centre	Agadir	Tennaout
210	Acza-agadir	Agadir	
4	Mdiq	Tétouan	Mdiq(Chaabat)
144	Imin Tanout 1	Marrakech	Imin Tanout
224	Berkane	Oujda	Quartass
226	Berkane	Oujda	Cheraa
63	Taza-El Qods	Fes	Rhouireg

Figure 15 : Formulaire «Événement » de type feuille de données

❖ Les listes déroulantes :

Pour optimiser le formulaire, il est intéressant de rajouter un contrôle Liste déroulante permettant de faire une recherche sur les enregistrements. Ainsi, lorsque l'on souhaite consulter les caractéristiques d'un bassin en particulier, au lieu de faire défiler les enregistrements par le sélecteur d'enregistrements jusqu'à le bassin désiré, on effectue le choix du nom du bassin à partir de la liste déroulante. Les champs liés à ce bassin s'affichent alors immédiatement.



Afin d'automatiser la recherche par liste déroulante, il est nécessaire de lier ce contrôle liste déroulante à un événement. Il faut pour cela attacher une Macro à cette liste.

C'est un outil permettant d'ajouter des couches de programmation pour automatiser les traitements. En final, les formulaires aident les futurs utilisateurs de consulter, de manière pratique, l'interface Access.

❖ Les formulaires de la base de données –inondation

En final, les formulaires aident les futurs utilisateurs de consulter, de manière pratique, l'interface Access. Au total, 36 formulaires ont été créés sur l'ensemble de la base de données (Fig. 16).

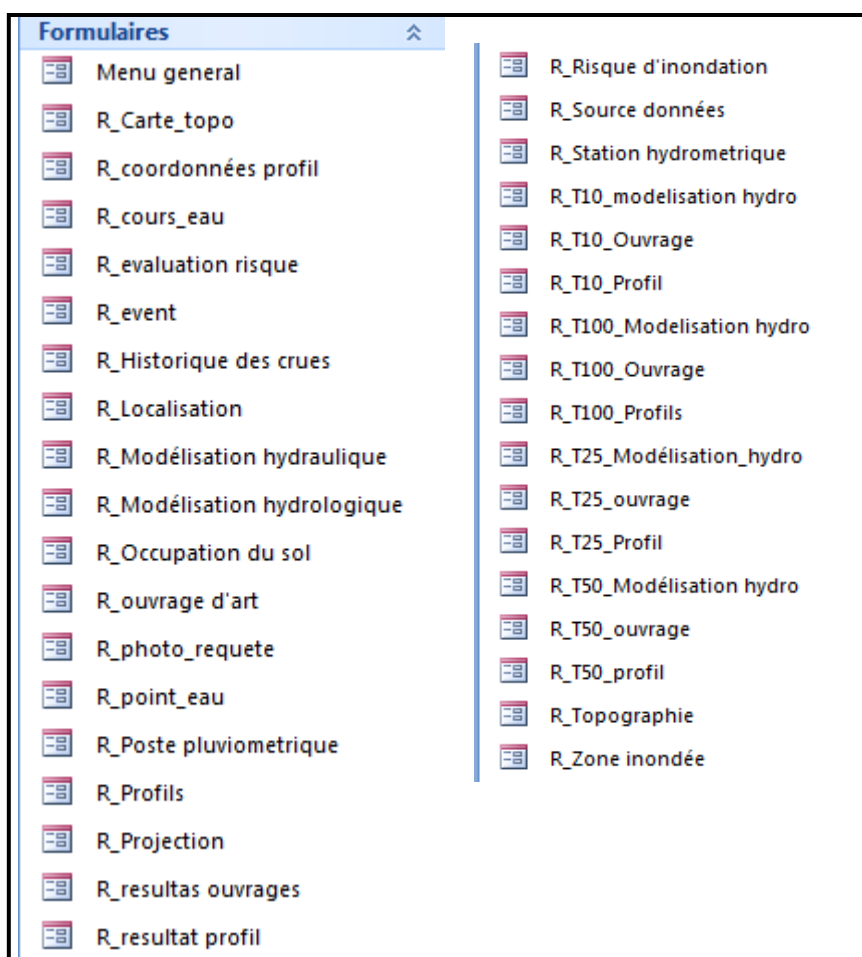


Figure 16 : Liste les formulaires créés dans Access

Le formulaire ci-dessous représente un exemple de formulaire de saisie (Fig. 17)

Figure 17 : Formulaire d'affichage « Bassin hydrographique »

- **Les requêtes**

Les requêtes servent à afficher certaines données contenues dans les tables selon certains critères. Elles peuvent aussi faire des calculs sur nos données, ainsi que créer des sources de données pour les formulaires, les états ou même d'autres. Elles servent encore à modifier des tables existantes ou à en créer des nouvelles. Le langage SQL peut aider à interroger ou à manipuler une base de données relationnelle. Le succès de ce langage SQL est dû essentiellement à sa simplicité et au fait qu'il s'appuie sur le schéma conceptuel pour énoncer des requêtes en laissant le SGBD responsable de la stratégie d'exécution (Fig. 18).

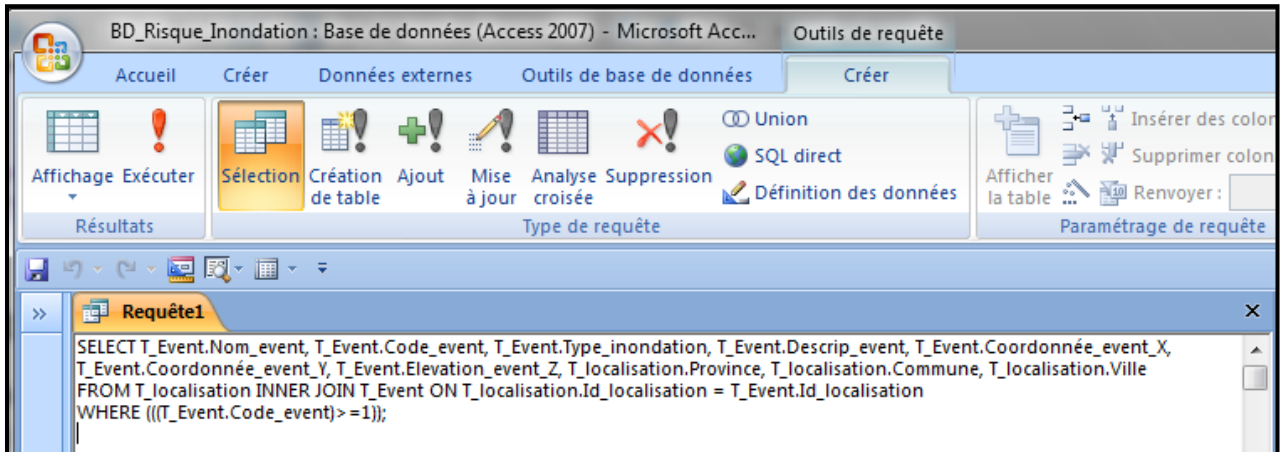


Figure 18 : Affichage d'une Requête en mode SQL

Pour ce projet, différents types de requêtes ont été développées :

- ✓ **La requête sélection** permet de visualiser toutes les données présentes dans les différentes tables attributaires. Elle permet de sélectionner, trier et calculer des enregistrements sur une ou plusieurs tables reliées entre elles. Sur l'exemple de la figure 19, pour paramétrer la requête nous nous sommes basés sur le champ 'Nom_event'. Ce champ prend donc comme critère : « =Comme [Entrez le nom] ».

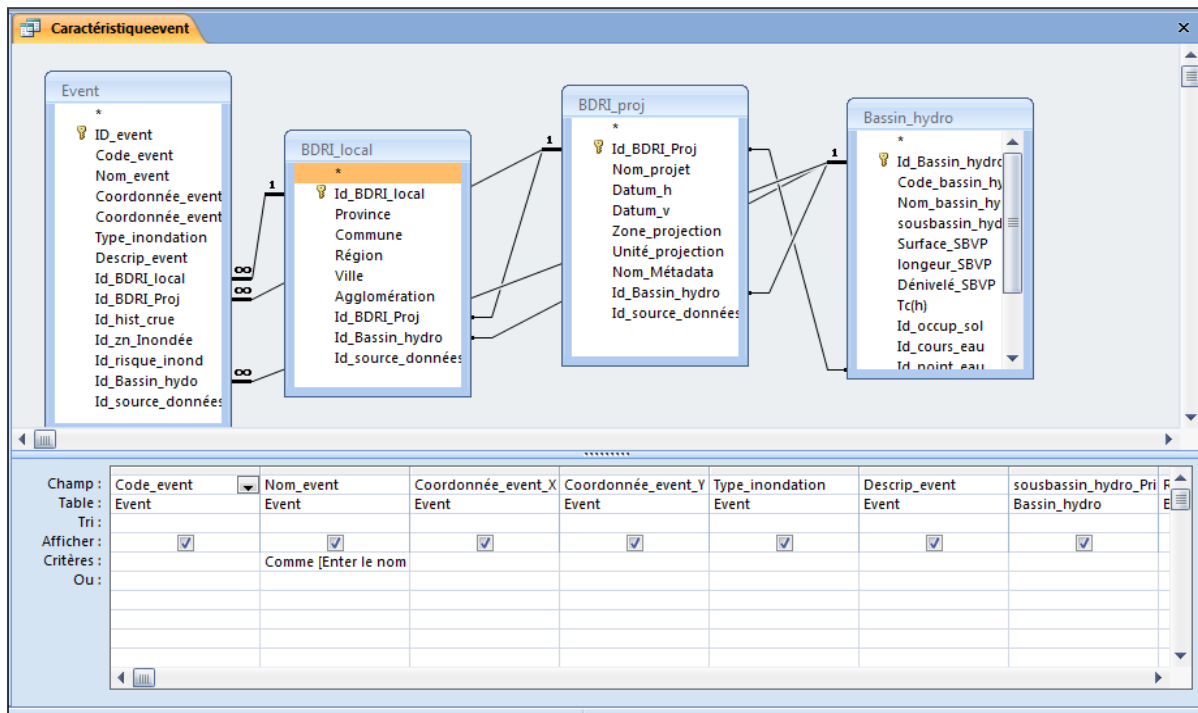


Figure 19 : Requête Caractéristique Event en mode de création

En mode SQL, l'opération INNER JOIN permet de créer la jointure entre tous les enregistrements de la première table (Event), et les enregistrements des autres tables (Fig. 20).

```

SELECT Event.Code_event, Event.Nom_event, Event.Coordonnée_event_X, Event.Coordonnée_event_Y,
Event.Type_inondation, Event.Descrip_event, Bassin_hydro.sousbassin_hydro_Principal,
BDRI_local.Région, BDRI_local.Province, BDRI_local.Commune, BDRI_proj.Zone_projection
FROM ((Bassin_hydro INNER JOIN BDRI_local ON Bassin_hydro.Id Bassin_hydro =
BDRI_local.Id_Bassin_hydro) INNER JOIN BDRI_proj ON Bassin_hydro.Id BDRI_Proj =
BDRI_proj.Id_BDRI_Proj) INNER JOIN Event ON (BDRI_proj.Id_BDRI_Proj = Event.Id_BDRI_Proj) AND
(BDRI_local.Id_BDRI_local = Event.Id_BDRI_local) AND (Bassin_hydro.Id_Bassin_hydro =
Event.Id_Bassin_hydro)
WHERE (((Event.Nom_event) Like [Enter le nom d'event]));

```

Figure 20 : Code SQL de la requête de sélection Caractéristique Event

- ✓ **La requête Mise à Jour** : Cette requête modifie le contenu d'un ou plusieurs champs d'une ou plusieurs tables. C'est le moyen le plus efficace pour mettre à jour un grand nombre d'enregistrements en une seule opération. On donne un exemple du champ Id_Bassin_hydro de la table 'Event' qui sera rempli par mise à jour avec la table Bassin_hydro (Fig. 21).

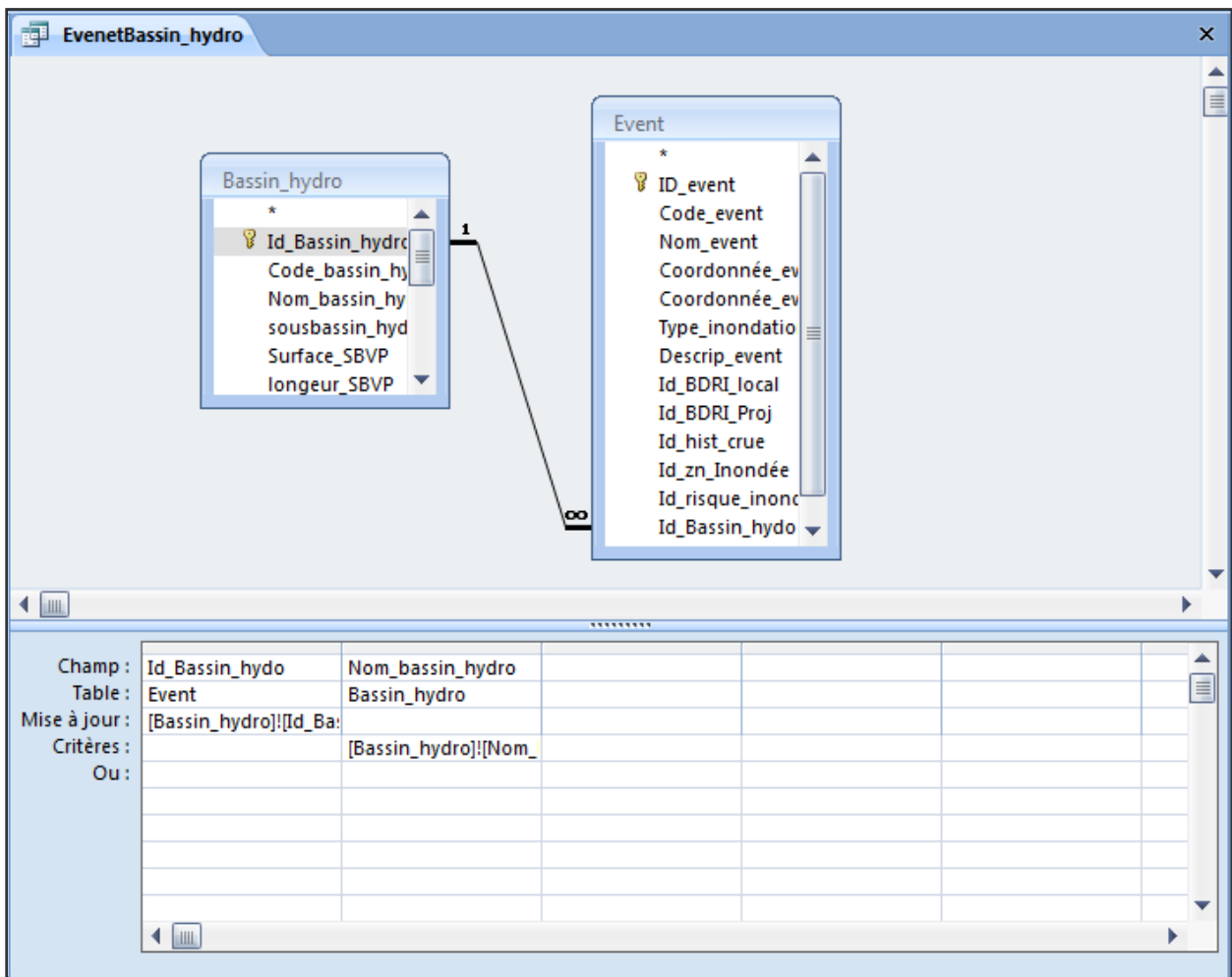
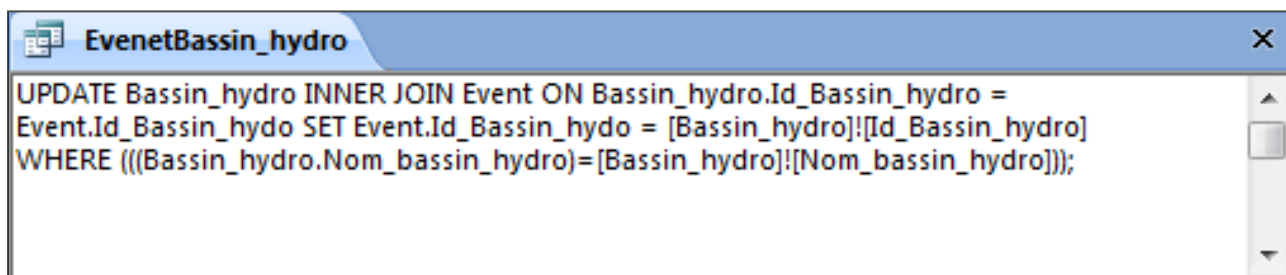


Figure 21 : Requête EventBassin_hydro en mode création

Dans le champ sur lequel le lien sera effectué, la syntaxe des valeurs de la table à jour, doit être similaire, sous peine de non mise à jour de l'information (Fig. 22).



```
UPDATE Bassin_hydro INNER JOIN Event ON Bassin_hydro.Id_Bassin_hydro =
Event.Id_Bassin_hydro SET Event.Id_Bassin_hydro = [Bassin_hydro].[Id_Bassin_hydro]
WHERE (((Bassin_hydro.Nom_bassin_hydro)=[Bassin_hydro].[Nom_bassin_hydro]));
```

Figure 22 : Code SQL de la requête EventBassin_hydro

D'autres requêtes peuvent être développées prochainement et orientées vers des applications métier, telles que :

- ✓ **La requête d'Analyse croisée** : Cette requête présente ses résultats sous forme de tableau (de type Excel). On l'utilisera pour comparer des valeurs, dégager des tendances.
- ✓ **La requête de Création de table** : Cette requête crée une table à partir des données qu'elle a extraites dans une ou plusieurs autres tables.
- ✓ **La requête Ajout** : Cette requête ajoute les données qu'elle a extraites à la fin d'une table déjà existante.
- ✓ **La requête Suppression** : Cette requête supprime un ou plusieurs enregistrements dans une ou plusieurs tables.

En final, pour aider le futur utilisateur, les requêtes ont été préétablies. Elles sont consultables, de manière pratique, dans l'interface Access. Au total, 35 requêtes ont été créées sur l'ensemble de la base de données (Fig. 23).

- **Les états**

Les états permettent d'imprimer des données contenues dans des tables selon une présentation définie en y intégrant éventuellement des calculs.

MS Access nous présente trois types d'états :

- ❖ **Standard** : Pour montrer les enregistrements de la base de données sous forme de rapport
- ❖ **Graphique** : Pour représenter graphique les enregistrements de la base de données.
- ❖ **Étiquettes** : Pour préparer des étiquettes pour du publipostage ou une conférence.

La figure 24 montre un exemple de feuille d'état de type standard sur les données Événement.

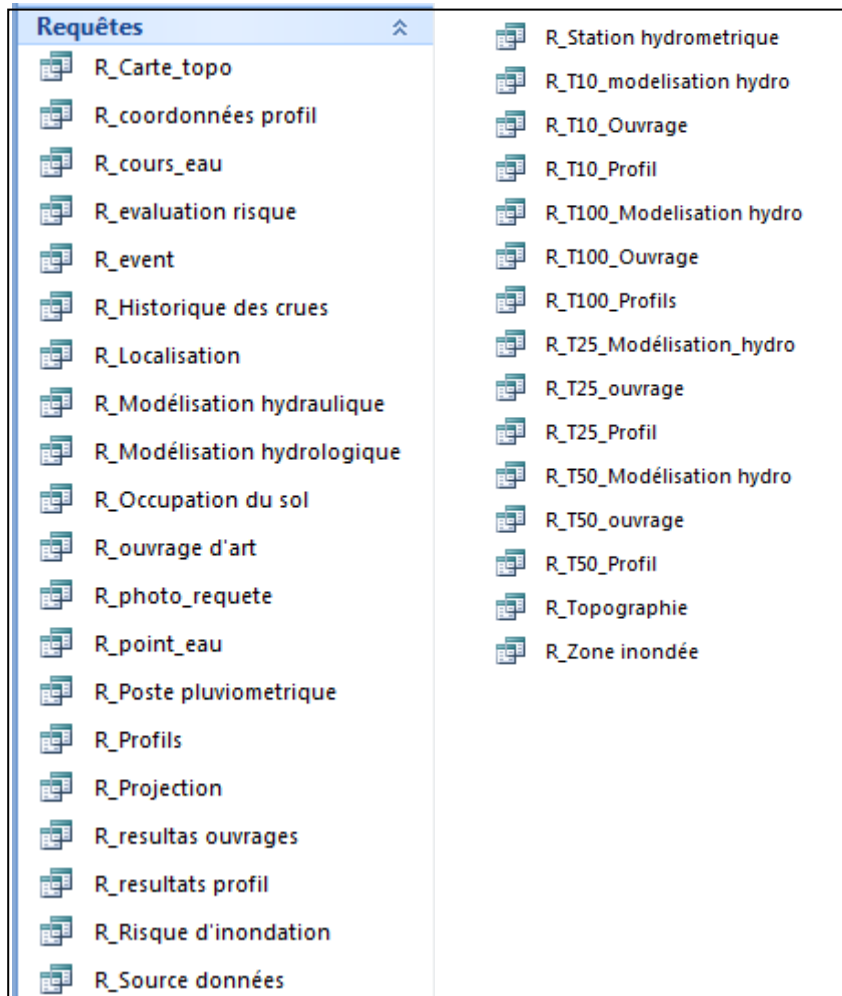


Figure 23 : liste des requêtes créés dans Access

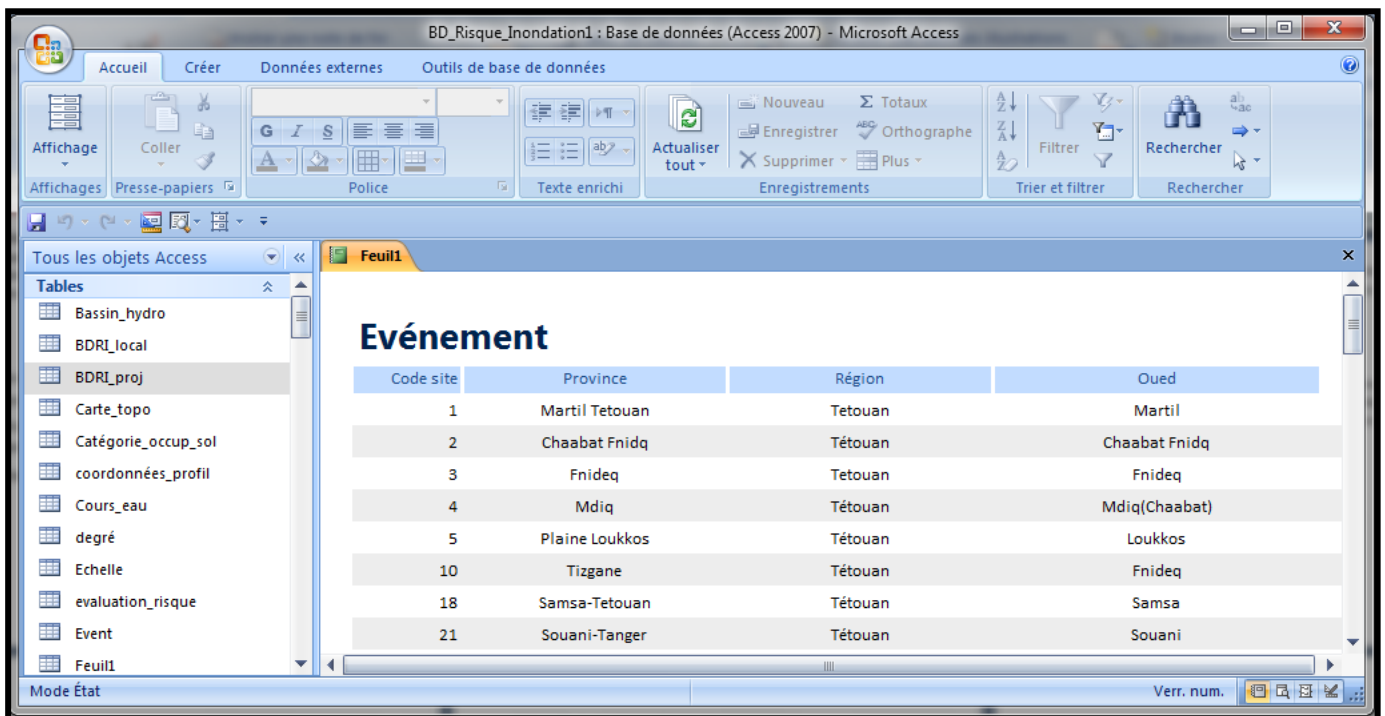


Figure 24 : Affichage d'un état dans Access

- **Les macros**

Une macro est un outil qui permet d'automatiser des tâches et d'ajouter des fonctionnalités aux formulaires, états et contrôles (Fig. 25).

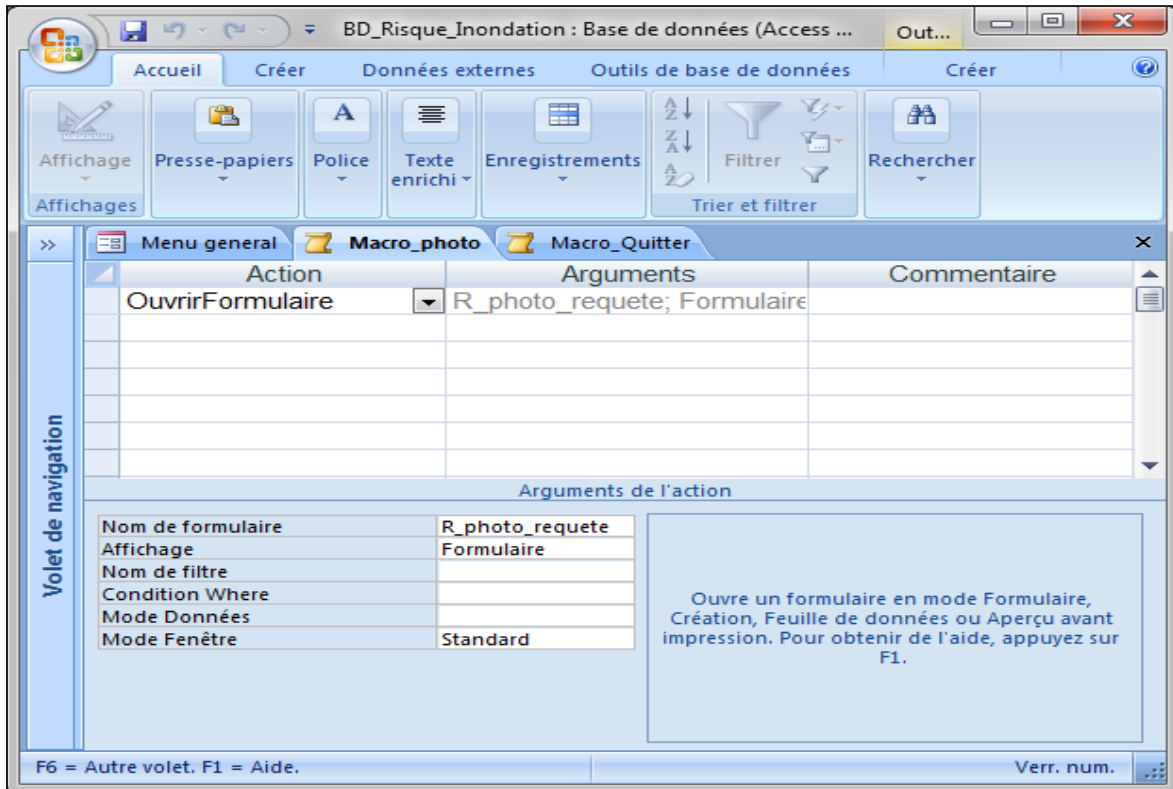


Figure 25 : Illustration d'un générateur de Macros

Pour cette étude, on a développé 19 Macros illustré à la figure 26

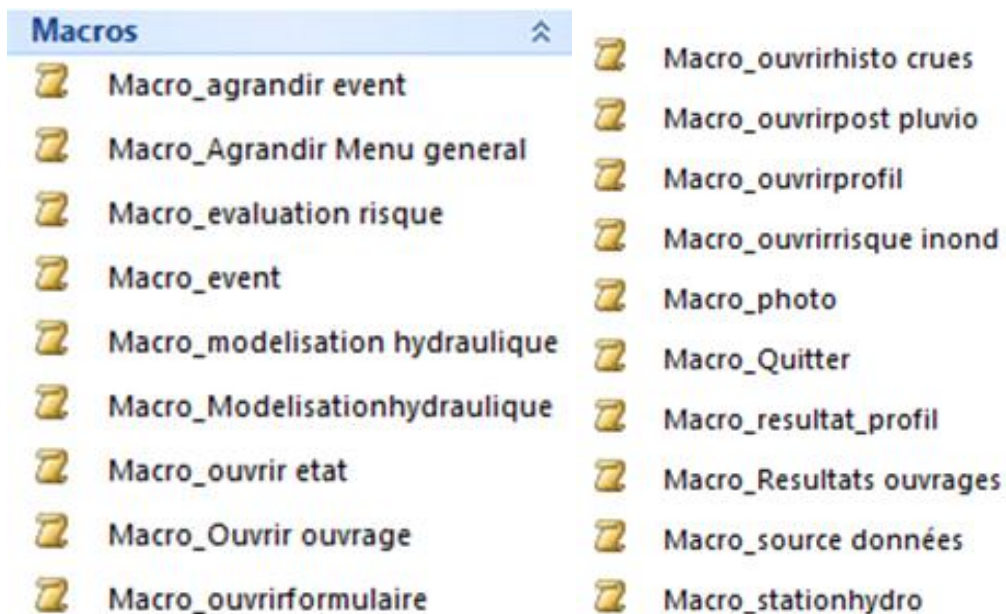


Figure 26 : Liste des Macros créent dans Access

c- Consultation de la base de données

- **Introduction**

La base de données "BD_Risque_Inondation" comporte les informations suivantes :

- Des données générales sur les événements
- Les différentes études hydrologiques et hydrauliques utilisées
- Les résultats des différents modèles
- Évaluation des risques
- Sources des données

Ces informations sont gérées à travers un certain nombre de formulaires qui sont liés à des tables ou à des requêtes de sélection. La sortie "papier" de cette base se fait par l'intermédiaire d'un "Etat" à partir duquel sont définies les informations affichées ainsi que la mise en forme.

- **Menu général**

Lors de l'ouverture de la base de données « BD_Risque_Inondation », le formulaire « Menu général » apparaît automatiquement (Fig. 27). Il permet aux utilisateurs de consulter la base de données à l'aide de plusieurs boutons.

- ☞ Événement
- ☞ Rechercher un événement
- ☞ Imprimer
- ☞ Quitter

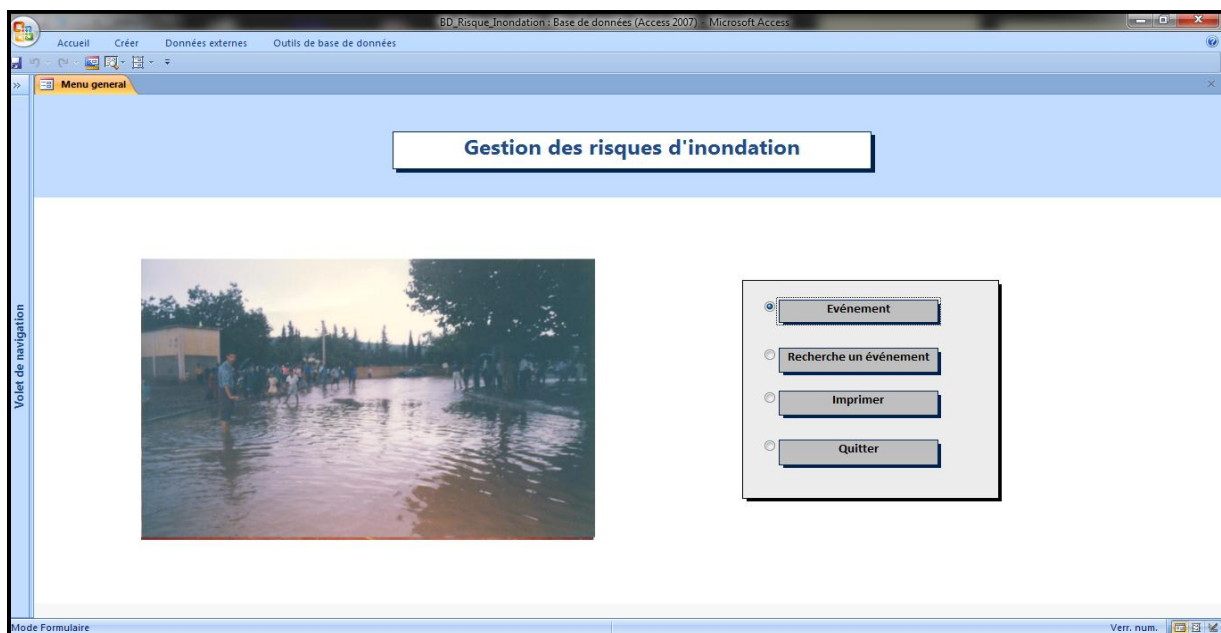


Figure 27 : Description de l'interface utilisateur Access

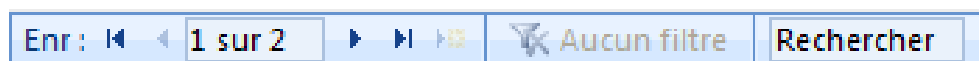
** Événement

Le bouton "Événement" du formulaire "Menu général" conduit au formulaire principal "événement" qui contient les informations générales sur l'événement d'inondation et correspond à la table «Event». Le formulaire de consultation comprend tous les champs de données pour l'identification de l'événement. Les autres informations sont rangées dans quatre onglets du formulaire caractérisant l'événement, les onglets sont : Zone inondée, Historique des crues, Risque d'inondation et Source des données (Fig. 28).

Figure 28 : formulaire d'événement

Les champs **bassin hydrographique** et **Zone projection** (Fig. 28) sont des listes de choix qui proposent à l'utilisateur une liste des choix. Lorsqu'un bassin a été choisi par l'utilisateur, il n'accède plus qu'à la liste des Régions présentes sur le bassin (par exemple : Régions qui encadre le bassin). Ceci permet de faciliter le choix de l'utilisateur et d'éviter l'entrée de données aberrantes. De même, le choix d'une province restreint le choix de la commune à la liste des communes de cette province.

L'utilisateur peut passer d'un événement à un autre à l'aide des boutons situés en bas à gauche de l'écran



** Zone inondée

Une fois la barre de la zone inondée sélectionnée, une deuxième fenêtre apparaît nous donnant le choix de la consultation entre des éléments descriptifs et les informations favorisant l'aide à la gestion des risques d'inondation. Ce formulaire correspond à la table « Zone_inondée ».

Ce formulaire représente Les données physiques concernant les sous bassins versant comme :

- ☞ La longueur d'un sous bassin versant
- ☞ La surface d'un sous bassin versant
- ☞ Le dénivelé d'un sous bassin versant
- ☞ Le temps de concentration "tc" est automatiquement calculé par la formule de Kirpich en fonction des données topologiques.

Pour renseigner un autre événement, l'utilisateur doit choisir le code de chaque événement dans le formulaire principal «Event ». Cette sécurité permet d'éviter toute confusion et toute erreur d'écriture qui pourrait écraser des données existantes d'un autre site (Fig. 29).

BD_Risque_Inondation : Base de données (Access 2007) - Microsoft Access

Zone inondée

Code événement: 57 Code bassin hydrographique: 57 Surface inondée estimée (ha):

Sous Bassin Principal: BV oued Aggay Dénivelé Sous Bassin principal: 239,04 Scénario Aléa: AE

Surface Sous Bassin principal: 113 Longueur Sous Bassin Principal: 56 Tc(h): 3

Occupation du sol | Topographie | Cours d'eau | Point d'eau | Carte topographique

Catégorie d'occupation du sole	Pérméabilité de terrain	Nature du roche au sens d'écoulem	Type de sol
Terrain agricole	Imperméable	Dolomie	
Zones forestières	Imperméable	Dolomie	
Terrain artificiel	Imperméable	Travertins	
*			

Enr : 1 Aucun filtre Rechercher Verr. num.

Figure 29 : Formulaire montre la zone inondée

Les autres informations sont rangées dans 5 onglets (Sous-formulaires). On accède à un onglet en cliquant sur son nom. On a intégré plusieurs caractères physiques comme :

- ✓ Occupation du sol
- ✓ Topographie
- ✓ Cours d'eau
- ✓ Point d'eau
- ✓ Carte topographique

❖ L'onglet «Occupation du sol » (Fig. 30)

Cette onglet est représenté par un seul sous formulaire,elle administre les attributs caractérisant les occupations du sol de la zone inondée définis ci-dessous.

Occupation du sol | Topographie | Cours d'eau | Point d'eau | Carte topographique

Catégorie d'occupation du sole	Pérméabilité de terrain	Nature du roche au sens d'écoulem	Type de sol
Terrain agricole	Imperméable	Dolomie	
Zones forestières	Imperméable	Dolomie	
Terrain artificiel	Imperméable	Travertins	
*			

Figure 30 : Onglet occupation du sol

❖ L'onglet «topographie » (Fig. 31)

Cet onglet représente les indices et les valeurs de la pente et l'altitude du bassin versant qui contient la zone inondée.

Occupation du sol	Topographie	Cours d'eau	Point d'eau	Carte topographique
Altitude moyenne (m)		Pente moyenne (m/km)		Orientation du Sous Bassin
35.4112		32.9		N

Figure 31 : Onglet topographie

❖ **L'onglet «Cours d'eau» (Fig. 32)**

Cet onglet représente les caractéristiques du formulaire « Cours d'eau » .

- ✓ Indice d'Horton
- ✓ Indice de Starhler

Occupation du sol	Topographie	Cours d'eau	Point d'eau	Carte topographique	
Code du cours d'eau	23	Nom du cours d'eau	Oued Aggay	Morphologie	Lit majeur
Type du cours d'eau	Chenal	Longueur du cours d'eau	22,11	Indice d'Horton	0,16
Type d'écoulement	Permanent	Largeur du cours d'eau		Indice de Starhler	
Type de ruissellement	RE	Régime du cours d'eau	Simple	Axe d'orientation	N

Figure 32 : Onglet cours d'eau

❖ **L'onglet «Point d'eau» (Fig. 33)**

Cet onglet comprend tous les champs de données pour caractériser un point d'eau : sa nature, ses coordonnées, le débit et son altitude.

Occupation du sol	Topographie	Cours d'eau	Point d'eau	Carte topographique	
Code point d'eau	57	Nom du point d'eau	A.el Allig		
Nature du point d'eau	Source	Coordonnée X	545583,394	Débit max (m3/s)	
Type du point d'eau	Naturel	Coordonnée Y	360322,234	Altitude	

Figure 33 : Onglet point d'eau

❖ **L'onglet «Carte topographique» (Fig. 34)**

Cet onglet représente les différentes cartes utilisées dans notre base de données, à une différente échelle. Il représente une liste de choix, qui permet aux utilisateurs de choisir les cartes sur lesquelles se situent les événements des crues.

Occupation du sol | Topographie | Cours d'eau | Point d'eau | Carte topographique

Code carte: 43

Nom carte: Sefrou_50

Echelle: 1/50000

Description: [Empty box]

Figure 34 : Onglet carte topographique

** Historique des crues

Le formulaire «Historique des crues» contient les informations sur les crues historiques d'un événement passé. Ce formulaire correspond à la table « *Hist_crue* ». Le formulaire comprend tous les champs de données pour représenter l'historique des crues.

Pour chaque événement, plusieurs historiques des crues peuvent être saisis à des dates différentes, on passe d'un événement à un autre en cliquant sur la barre d'enregistrement suivant situé à gauche du formulaire.

Le formulaire comprend aussi des sous-formulaires pour identifier les stations de mesures : Stations hydrométriques ou Postes pluviométriques (Fig. 35).

BD_Risque_Inondation : Base de données (Access 2007) - Microsoft Access

Historique des crues

Code de l'événement	Nom de l'événement	Date de l'événement	Pluie journalière max (mm)	Durée inondation (h)	Débit max (m3/s)	Hauteur eau (m)	Temps de retour (ans)
57	Sefrou	25/09/1950					
58	Sefrou	01/08/1992					

Station hydrométrique

Poste pluviométrique

Enr: 1 sur 2 | Rechercher

Figure 35 : Formulaire « Historique des crues »

❖ Onglet « Stations hydrométriques »

Cet onglet définit les caractéristiques des stations hydrométriques et une liste des noms des stations prédéfini. Pour passer d'une station à l'autre, on utilise le bouton enregistrement suivant (Fig. 36).

The screenshot shows the 'Stations hydrométriques' form in Microsoft Access. The form is titled 'Stations hydrométriques' and contains the following fields:

Code station	582/22	Nom station	PONT DU M'DEZ
Sous Bassin Principal	BV oued Aggay	Projection	Zone I (Nord Maroc)
Cours d'eau	Oued Aggay	Coordonnée X	581.4
Date de mise en service	01-sept-58	Coordonnée Y	341.9
		Coordonnée Z	725

The form also includes a 'Volet de navigation' on the left side and a status bar at the bottom showing 'Ent: 1 sur 4' and 'Rechercher'.

Figure 36 : Onglet « Station Hydrométrique »

❖ Onglet « Postes pluviométriques »

Cet onglet "Postes pluviométriques" permet de renseigner la liste des postes pluviométriques et leurs caractéristiques. Pour passer d'une station à l'autre, on utilise le bouton au dessus du formulaire (Fig. 37).

The screenshot shows the 'Postes pluviométriques' form in Microsoft Access. The form is titled 'Postes pluviométriques' and contains the following fields:

Code station		Coordonnée X	551.5
Sous bassin Principal	BV oued Aggay	Coordonnée Y	358.5
Poste pluviométrique	Sefrou	Coordonnée Z	840
Date de mise en service	01-sept-68		
Projection	Zone I (Nord Maroc)		

The form also includes a 'Volet de navigation' on the left side and a status bar at the bottom showing 'Ent: 1 sur 2' and 'Rechercher'.

Figure 37 : Onglet Postes pluviométriques

** Risque d'inondation

Une fois la barre « Risque Inondation » sélectionnée, une deuxième fenêtre apparaît, il permet à l'utilisateur de quantifier les zones vulnérables aux risques d'inondations (Fig. 38).

A partir de ce formulaire, de nombreuses possibilités sont offertes à l'utilisateur :

- ☞ Les profils en travers ;
- ☞ Les ouvrages d'arts
- ☞ Visualiser les résultats des calculs hydrologiques ;
- ☞ Voir les résultats des modélisations hydrauliques et l'analyse de l'aléa et du risque.
- ☞ Les photos

The screenshot shows a Microsoft Access form titled "Risque d'inondation". The form has a header with the title in a box. Below the header, there are two text boxes: "Code événement" with the value "57" and "Nom événement" with the value "Sefrou". There are five buttons for "Enjeu" (Infrastructure, Industriel, Commerce, Urbain, Agricole) and one for "Aménagements proposés". At the bottom, there are five buttons: "Ouvrages d'art", "Profils", "Modélisation hydrologique", "Modélisation hydraulique", and "Photos". The interface includes a navigation pane on the left and a status bar at the bottom showing "Mode Formulaire" and "Verr. num."

Figure 38 : Formulaire « Risque d'inondation »

❖ Profils

Le formulaire « *Profils* » contient les informations sur les profils en travers qui constituent le socle sur lequel se construisent toutes les modélisations hydrauliques de rivières. Les coordonnées d'un profil peuvent aisément importer des fichiers Excel à notre base de données Access.

Le champ "type de profil" est une liste de choix qui contient les possibilités suivantes (Fig. 39):

- ✓ Profil provenant d'une carte
- ✓ Profil provenant d'une étude
- ✓ Profil sur le terrain

Le coefficient de Manning K_s a été déterminé sur la base des observations de terrain ou bien d'après des études.

The screenshot shows the 'Profils' form in Microsoft Access. The form is titled 'Profils' and is part of the 'BD_Risque_Inondation' database. It contains several input fields for profile data, a table of coordinates, and a graph showing a cross-section of a riverbed with a cyan shaded area representing the water level.

Numéro profil	Coordonnée X	Coordonnée Z
1	0	1052.8865
1	1	1052.3799
1	2	1051.8798
1	3	1051.3761
1	4	1050.87
1	5	1050.36
1	6	1049.8549
1	7	1049.3369

Figure 39 : Onglet Profils

❖ Onglet « ouvrages de protection »

Ce formulaire de saisie (Fig. 40) comprend tous les champs de données pour l'identification des ouvrages d'art. Les ouvrages de protection correspondent à l'ensemble des ouvrages, digues, enrochements, remblais, murs de soutènement qui ont été créés dans le but de limiter l'étendue d'une inondation.

Le champ « Barrage, Dalot, Buse, Digue », permet à l'utilisateur de choisir les types d'ouvrage modélisé :

- ❖ Le barrage est un ouvrage qui barre plus que le lit mineur d'un cours d'eau permanent ou intermittent ou un talweg.
- ❖ Dalot
- ❖ Buse
- ❖ La digue est un ouvrage linéaire, généralement de grande longueur, longitudinal par rapport au sens d'écoulement de l'eau, surélevé par rapport au terrain naturel et destiné à s'opposer au passage de l'eau ou à la canaliser. Chaque digue est divisée en tronçons relativement homogènes.

Plusieurs ouvrages peuvent être modélisés pour un même événement et les boutons ci-dessus de formulaire permettent de se déplacer d'un ouvrage à l'autre.

Ouvrage d'art

Code événement	57	Code ouvrage	
Nom ouvrage	Aggay	Largeur ouvrage	10.17
Dalot	<input type="checkbox"/>	Hauteur ouvrage	37
Buse	<input type="checkbox"/>	Débit en surface Libre	
Barrage	<input checked="" type="checkbox"/>	Débit e charge	600
Digue	<input type="checkbox"/>	Volume retenue(m3)	1250
Zone projection	Zone I (Nord Maroc)	But ouvrage	Protection de la ville de Sefrou contre les crues
Coordonnée X	539000		
Coordonnée Y	374400		
		Date de construction	01-sept-92
		Coefft_contraction	
		Coefft_Strickler	
		PNL urgent	

Figure 40 : Onglet ouvrage d'art

** Modélisation hydrologique

Le formulaire « *modélisation hydrologique* » contient les études hydrologique faites sur les sous bassin à une période de retour 10, 25, 50, 100 (Fig. 41).

Les données calculées sont les pluies journalières, les pluies de pointe, et les débits de pointe.

Pour passer d'un sous-bassin versant à un autre, en cliquant sur le bouton : déplacer en bas à droite du formulaire (Fig. 41).

Modélisation hydrologique

Code événement: 57 Sous bassin Principal: BV oued Aggay

Période de retour	Pluie journalière (mm)	Pluie de pointe (mm)	Débit de pointe (m3/s)
T10	62.59	71.94	234
T25			
T50	77.95	89.64	291
T100	84.44	97.106	316

Figure 41 : Formulaire Modélisation hydrologique

** Modélisation hydraulique

Ce formulaire (Fig. 42) contient la description de l'aléa pour chaque événement, et les conditions aval pour appliquer un modèle hydraulique.

Il représente aussi des résultats de la modélisation hydraulique selon les modèles utilisés.

Le champ régime hydraulique est une liste de choix qui permet à l'utilisateur de choisir les types d'écoulements par laquelle des calculs hydrauliques sont effectués.

Les types de régimes hydrauliques :

- ✓ Pas de calcul hydraulique ;
- ✓ Régime permanent uniforme ;
- ✓ Régime permanent varié ;
- ✓ Régime transitoire ;
- ✓ Régime très complexe.

Si la case « *présence profil* » est cochée, le bouton « *résultat de profil* » est mené à un formulaire, qui lui permettra d'insérer les données concernant les profils en travers.

Si la case « *présence ouvrage* » est cochée, le bouton « *résultat ouvrage* » est mené à un formulaire, qui lui permettra d'insérer les données concernant les ouvrages d'arts.

The screenshot shows a Microsoft Access form titled "Modélisation hydraulique". The form is part of a database named "BD_Risque_Inondation". The form contains the following fields and controls:

- Code événement:** A text box containing the value "57".
- Type hydraulique:** A dropdown menu currently showing "Régime permanent varié".
- Présence profil:** A checked checkbox.
- Présence ouvrage:** An unchecked checkbox.
- Condition à l'aval:** A text box containing the text: "Pour la simulation en régime permanent, le débit est constant, la simulation HEC-RAS ne considère qu'un seul débit dans la rivière. La condition aval imposée au modèle est une cote connue du niveau d'eau égale à 2 m."
- Description Aléa:** A text box containing the text: "Dans cette étude la différence entre les niveaux des périodes de retour est bien visible. Le comportement des crues est sensible aux irrégularités de la topographie."
- Buttons:** Three buttons are located on the right side of the form: "Résultats profils", "Résultats ouvrages", and "Evaluation des risques".

The form is displayed in a Microsoft Access window with the title bar "BD_Risque_Inondation : Base de données (Access 2007) - Microsoft Access". The window has a menu bar with "Accueil", "Créer", "Données externes", and "Outils de base de données". The form is in "Mode Formulaire" and shows "Enr : 1 sur 2" and "Aucun filtre".

Figure 42 : Onglet Modélisation hydraulique

❖ Sous onglet Résultats profils

Le formulaire « résultats profils » (Fig. 43) représente la modélisation d'une section d'oued, il contient les informations concernant le lit mineur et le lit majeur. Plusieurs profils en travers peuvent être modélisé pour un même événement, dépend la pente de talweg (m/m) et le débit de pointe (m³/s).

Les résultats de la modélisation sont apparait dans les données sortants du modèle :

- ☞ Débordement de lit majeur pour un période de retour
- ☞ Débit max pour un période de retour
- ☞ Hauteur d'eau en (m) pour un période de retour
- ☞ Vitesse d'eau en (m/s) pour un période de retour

The screenshot shows a Microsoft Access form titled "Résultat Profil". The form is divided into several sections:

- Header:** "Résultat Profil"
- Input Fields:**
 - Code événement: 57
 - Sous Bassin Principal: BV oued Aggay
 - Code profil: 1
 - Nom profil: profil_aggay
 - Ks lit mineur: 0.05
 - Ks lit majeur rive gauche: 0.033
 - Ks lit majeur rive droite: 0.05
 - Pente du talweg (m/km): 6
 - Distance au profil aval (m): 4900
 - Débit de pointe (m3/s):
 - Type profil: Profil tiré de la carte au 1/5000ème ou 1/5000ème
- Return Periods (T):**
 - T=10 ans:** Débordement 10 . Q 10 (m3/s): 234. H 10 (m):. V 10 (m/s): 3.
 - T=25 ans:** Débordement 25 . Q 25 (m3/s):. H 25 (m):. V 25 (m/s):.
 - T=50 ans:** Débordement 50 . Q 50 (m3/s): 291. H 50 (m):. V 50 (m/s): 3.
 - T=100 ans:** Débordement 100 . Q 100 (m3/s): 316. H 100 (m):. V 100 (m/s): 3.

Figure 43: Sous onglet résultat profil

❖ Résultats ouvrages

Le formulaire « Résultats ouvrages » (Fig. 44) représente les différents types d'ouvrages d'arts modélisé.

Plusieurs ouvrages peuvent être modélisé pour un même événement, dépend la pente de talweg (m/m) et le débit de pointe (m³/s).

Dépend le temps de retour, différent types d'écoulement sera coché :

- ☞ Écoulement libre
- ☞ Écoulement en charge
- ☞ Écoulement en déversement

Figure 44 : Sous onglet résultats ouvrages

❖ Formulaire « Évaluations risque »

Le formulaire «évaluation risque » (Fig. 45) qualifie les risques dans un bassin versant, il contient des listes de choix qui qualifié le degré de risque, de négligeable à très élevé.

Le champ risque total permet de qualifier la totalité de risque dans le bassin versant.

Figure 45 : Onglet évaluation du risque d'inondation

❖ Photo

Ce formulaire (Fig. 46) contient les photos représentées les zones inondées qui dépend notamment la position du prise de la photo. Pour passer à la photo suivante en cliquant sur le bouton au dessus du formulaire.

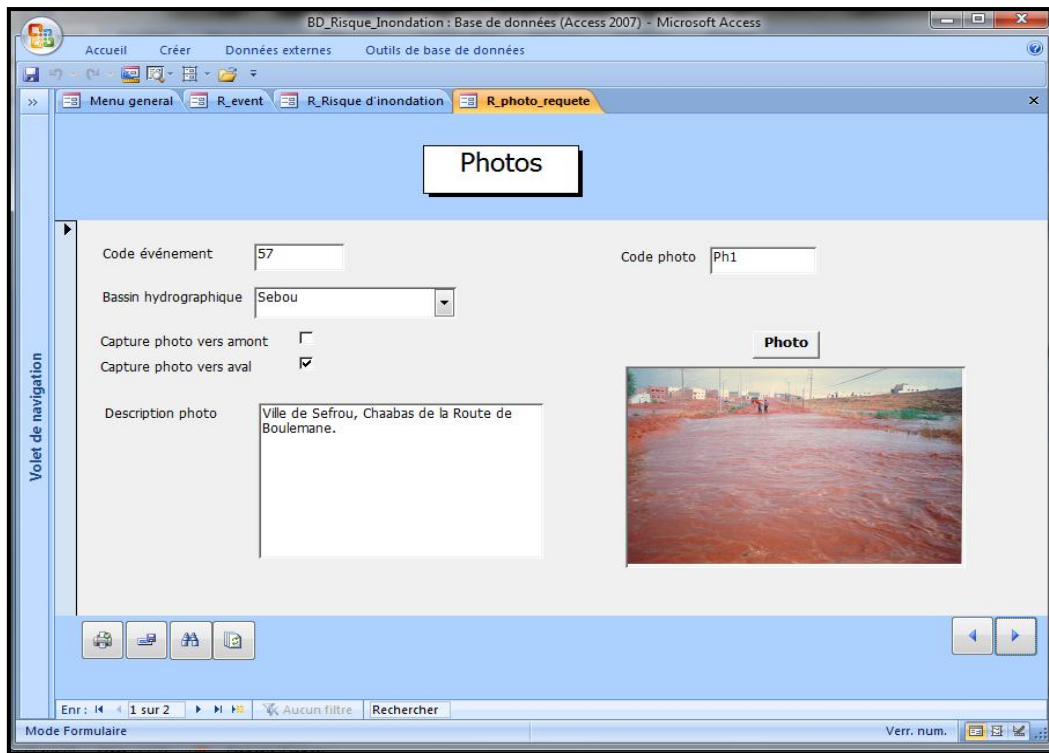


Figure 46 : Onglet Photo

- **Source de données**

Le formulaire "Source de données" (Fig. 47) contient la liste des sources disponibles utilisées pour l'événement. Au niveau du "Type de référence", un assistant liste de choix donne la liste des référence disponibles d'après la table "Source_données".

Pour passer à la source suivante en cliquant sur le bouton au dessus du formulaire.

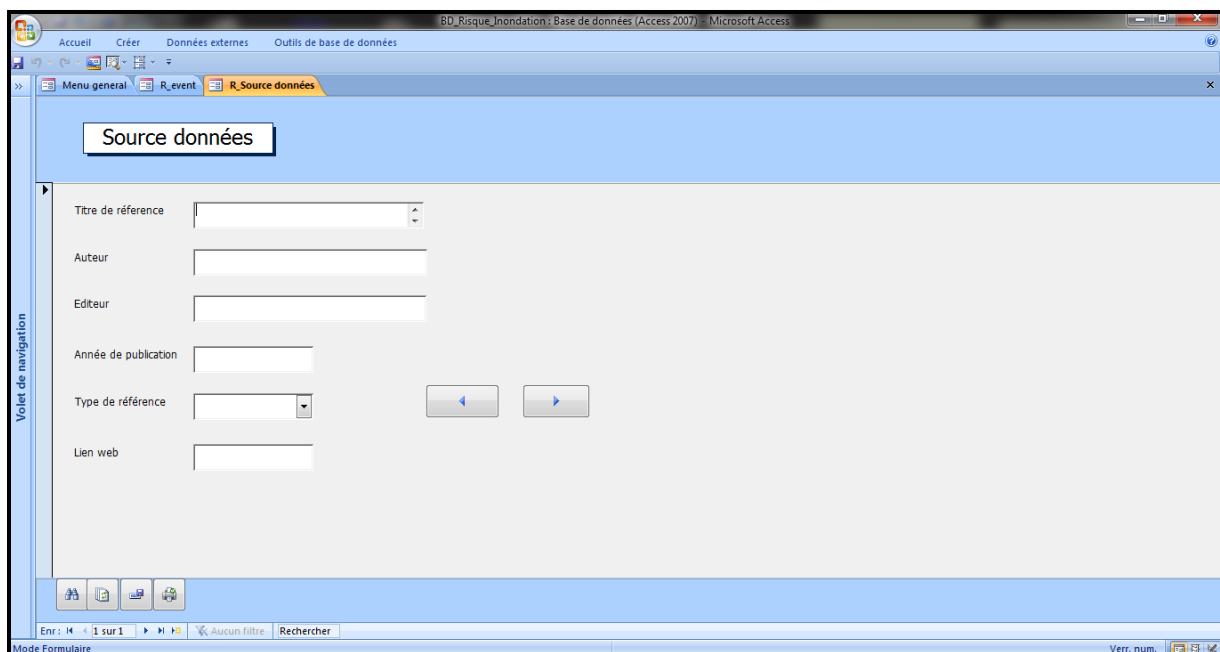


Figure 47 : Onglet Source données

3-3- CONCLUSION

Ce chapitre présente la méthodologie d'analyse systémique choisit pour la mise en œuvre du système d'information sur les inondations au Maroc.

La méthode Merise permet de disposer d'un référentiel commun pour représenter les objets du système d'information étudié. Cela facilite grandement les échanges, la communication et l'approfondissement du questionnement. C'est pour ces raisons que nous avons élaboré un dictionnaire de données qui considère un support commun de référence des échanges de données. La représentation du terrain nécessite une schématisation plus ou moins simple du model réel.

Le modèle conceptuel de données, constitue la pièce centrale de l'organisation des données utilisées dans ce travail. Ces données concernent les zones inondées, l'historique des crues et les risques d'inondations. Un atelier de génie logiciel (POWER AMC 15.1) a été utilisé pour réaliser ces modèles. Cet outil permet de vérifier automatiquement leur cohérence et de constituer et maintenir le dictionnaire de données du système d'information.

Le Modèle logique des données MLD a permis de passer d'une représentation relationnelle à une représentation logique. Il correspond à l'ensemble des modèles qui intègrent les contraintes organisationnelles et logiques définies par MERISE.

Le résultat de la décision technique, prise en fonction des objets et des contraintes techniques se présentent sous forme de Modèle Physique de Données. Cette base de données a été développée à partir du Système de Gestion de Bases de Données « Access 2007 » de la société Microsoft puis exploitées dans un SIG, c'est l'objectif du chapitre suivant. Dans cette modélisation, seules les données utilisées pour le suivit et la gestion des inondations seront traités dans la base de données.

La base de données ainsi construite, n'a cessé d'évoluer au gré de l'avancement du travail de saisie des historiques des crues, des calculs hydrologiques et hydrauliques. Cette base de données est d'ailleurs prévue pour être évolutive et complétée ou modifiée au fur et à mesure des nouveaux besoins, comme par exemple : lorsque une évolution du terrain modifie la surface inondable ou les risques d'inondations ou lorsque des améliorations sont apportées par de nouveaux modèles ou techniques.

Chapitre 4 : Création et gestion de la base de données spatiale dans le SIG

4-1- INTRODUCTION

Un Système d'Information Géographique (SIG) est un outil permettant de localiser spatialement des données de divers types dans le but de mettre en évidence des phénomènes et d'aider à la prise de décisions. Le SIG gère des données à référence spatiale qui sont associées à des objets ou à des phénomènes qui se caractérisent par une position (adresse postale, coordonnées géographiques...) et très souvent par une forme géométrique (point, ligne, polygone). Il a la possibilité d'associer les données attributaires gérées par un système de gestion de bases de données relationnelles (SGBD-R) classique et les données géographiques de façon indépendante (fig. 48).

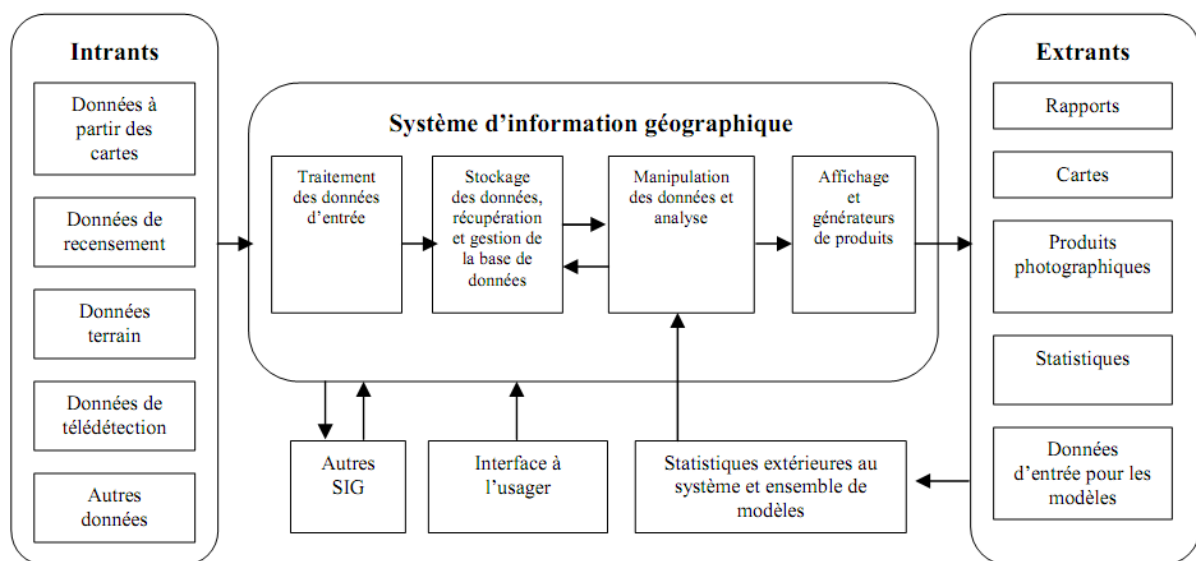


Figure 48 : Composantes d'un SIG (Fischer et al., 1993)

Dans ce chapitre, nous présentons les résultats de deux démarches pour la gestion des données spatiales sur les inondations au Maroc : la première consiste à relier dans un SIG, une base de données organisée dans Ms-Access pour être exploitée dans un logiciel SIG de la famille ArcGIS par l'intermédiaire d'une connexion SIG-SGBD. L'avantage est de bénéficier des fonctionnalités importantes en termes de modélisation, d'utilisation, d'intégration et des requêtes SQL des systèmes de gestion de base de données (SGBD). Les données à cartographier vont être classées et organisées de manière optimale (par thématique).

La deuxième correspond à la création d'une Géodatabase qui propose de gérer, stocker et modéliser des données spatiales et attributaires dans une seule base de données administrée par un logiciels SIG de la société ESRI.

4-2- CONNEXION SGBD-SIG

La base de données créée sous Access est reconnue par le logiciel ArcGIS (extension ArcCatalog) par l'intermédiaire d'une connexion ODBC (du mot anglais : Open DataBase Connectivity) (Fig. 49). ODBC est un format défini par Microsoft permettant la communication entre des clients bases de données fonctionnant sous Windows et les SGBDs du marché.

La connexion ODBC entre MS-Access et ArcGis permet de mettre à jour, automatiquement, la base de données cartographique comprenant les objets géographiques et les données attributaires et d'interfacer de façon standard une application à n'importe quel serveur de bases de données.

L'avantage de lier la base de données sur Access aux données spatiales sur un SIG est de pouvoir appliquer des modèles de simulation et des requêtes non définies auparavant. Ces modèles peuvent concerner :

- l'étude de conditions restreintes liés par exemple à certains aspects physiques du bassin de drainage, certaines caractéristiques des conditions climatiques et aussi la quantité et la qualité des données disponibles ;
- l'application de nouveaux modèles de simulation développés par des experts ;
- l'organisation et le contexte administratif de chaque établissement ;

On a installé le lien ODBC pour Ms-Access en utilisant l'administrateur de source de données en créant une nouvelle source de données nommée « Risque_Inondation ». La figure 49 montre la fenêtre de création du lien ODBC sur Ms-Access.

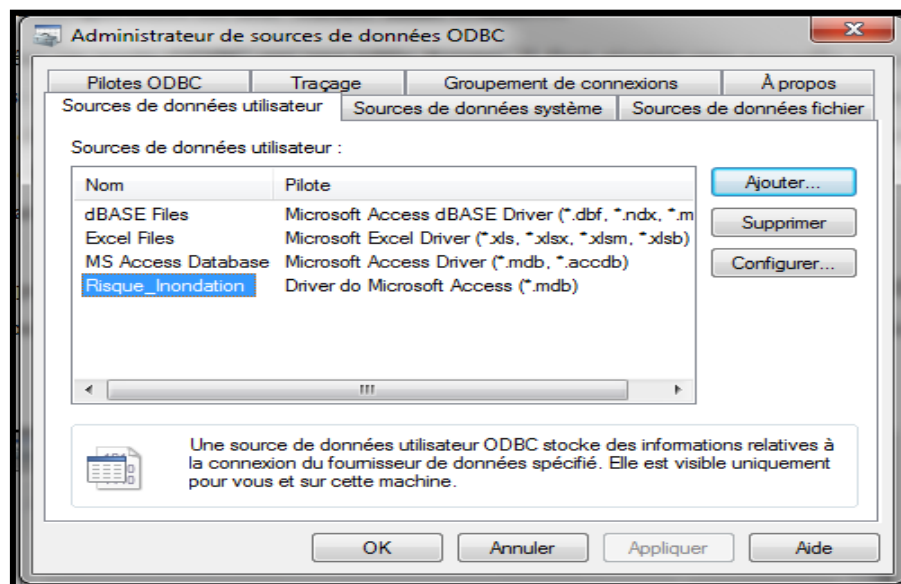


Figure 49 : Configurer le lien ODBC dans Windows

Pour créer une connexion à une base de données, on doit authentifier la source de données ou bien l'emplacement de la source de données. La connexion est établie avec le nom de connexion utilisée pour ouvrir une session dans le système d'exploitation (Fig. 50). Si la connexion utilisée pour le système d'exploitation n'est pas une connexion de base de données valide, la connexion échoue.

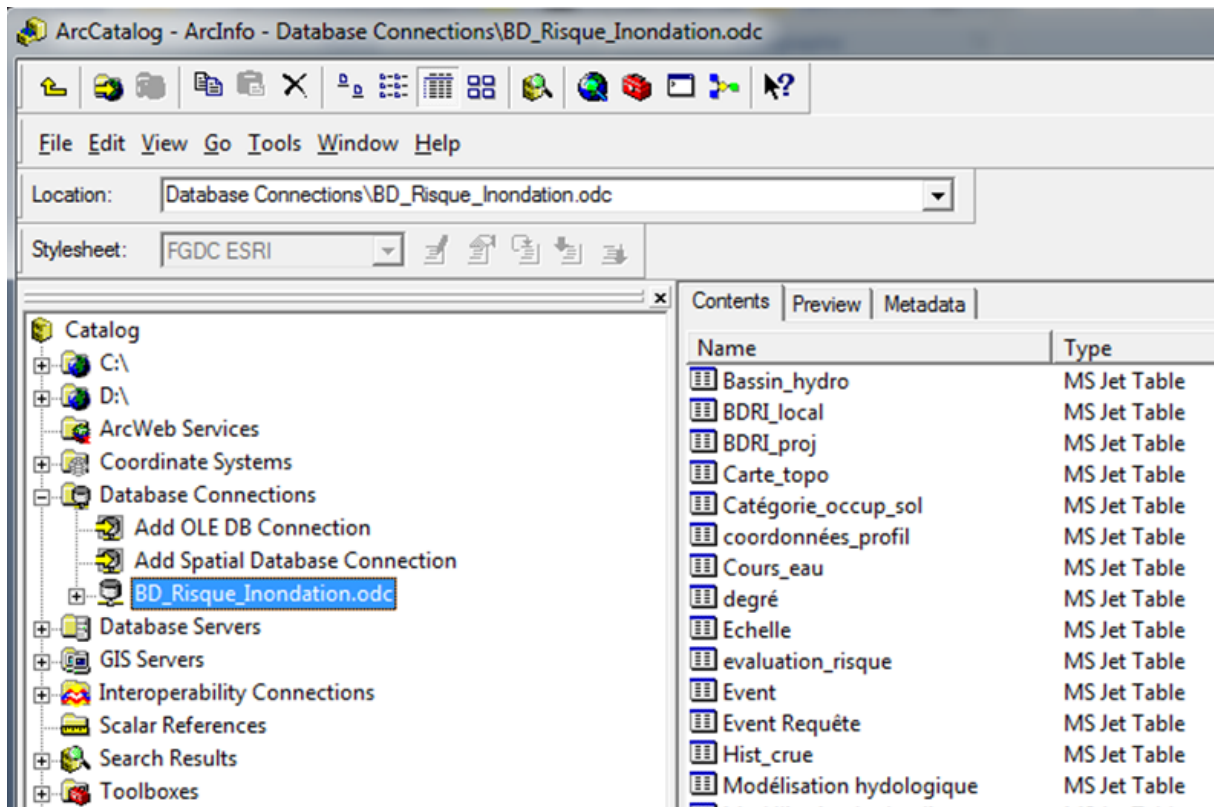


Figure 50 : Vue du logiciel ArcGIS montrant la connexion de la BD_Risque_Inondation par le lien ODBC

4-2-1. Rôle du Numéro SIG

La plupart des objets décrits dans la base de données Access ont une représentation cartographique : Bassin versant, Réseau hydrographique, Sources, Barrage, etc. Cette représentation peut être un point, une ligne ou un polygone (Fig. 51).

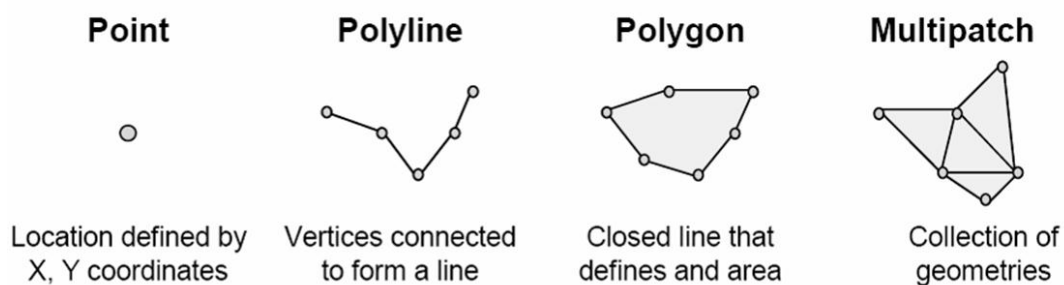


Figure 51 : Représentation cartographique dans le SIG (ESRI, 2012)

Pour assurer un lien entre la représentation cartographique définie dans une couche (shapefile d’ArcGIS) et les données d’un objet, on utilise un numéro commun : le Num_SIG. Celui-ci est en fait un texte (ce qui permet d’utiliser également des lettres). Pour un objet du système, il doit être identique dans la table ArcGIS associée à l’objet graphique et dans la base de données. Le tableau 41 résume les différents numéros SIG créés dans les tables Access pour ce projet.

Tableau 41 : Numéro SIG dans les tables Access

Nom Num_SIG	Table correspondante	Nom Num_SIG	Table correspondante
Num_SIG_CT	Carte_topo	Num_SIG_RP	Résultat_profil
Num_SIG_CP	Coordonnées_profil	Num_SIG_RI	Risque_inond
Num_SIG_CE	Cours_eau	Num_SIG_SH	Station_hydro
Num_SIG_ER	Evaluation_risques	Num_SIG_SD	Source_données
Num_SIG_E	Event	Num_SIG_T(10)	T(10)_modélisation_hydro
Num_SIG_HC	Hist_crue	Num_SIG_T(10)_ouvrage	T10_ouvrage
Num_SIG_BH	Bassin_hydrographique	Num_SIG_T(10)_profil	T(10)_profil
Num_SIG_BL	BDRI_Local	Num_SIG_T(25)	T(25)_modélisation_hydro
Num_SIG_BP	BDRI_Proj	Num_SIG_T(25)_ouvrage	T25_ouvrage
Num_SIG_MHA	Modélisation_hydraulique	Num_SIG_T(25)_profil	T(25)_profil
Num_SIG_MHO	Modélisation_hydrologique	Num_SIG_T(50)	T(50)_modélisation_hydro
Num_SIG_OS	Occup_sol	Num_SIG_T(50)_ouvrage	T50_ouvrage
Num_SIG_OP	Ouvrage_protection	Num_SIG_T(50)_profil	T(50)_profil
Num_SIG_P	Photo	Num_SIG_T(100)	T(100)_modélisation_hydro
Num_SIG_PE	Point_eau	Num_SIG_T(100)_ouvrage	T100_ouvrage
Num_SIG_PP	Poste_pluivio	Num_SIG_T(100)_profil	T(100)_profil
Num_SIG_PET	Profils_en_travers	Num_SIG_TZI	Topo_zn_inondée
Num_SIG_RO	Résultat_ouvrage	Num_SIG_ZN	Zn_inondée

4-2-2. Données spatiales

Pour cette étude, les données cartographiques sont constituées de fichiers (Shapefile) gérés par le logiciel ArcGis. Ces données sont organisées par thème et sont acquises par la digitalisation d'un certain nombre de cartes. D'autres données spatiales sont générées par importation des coordonnées XY et leur transformation en fichier cartographique (le cas d'événement d'inondation).

Les thèmes sont :

- Délimitations des bassins versants pris en considération ;
- Réseau hydrographique ;
- Représentation des digues/barrages/dalots/buses ;
- Positions des localités, villes et des agglomérations (délimitation communale) ;
- Réseau routier avec une subdivision en routes principales et secondaires ;
- Limites administratives (provinciale) ;
- Position des stations hydrométriques et des postes pluviométriques ;

Les références cartographiques utilisées au Maroc se réfèrent à la projection conique conforme de Lambert répétée sur quatre zones, vis-à-vis de quatre couples distincts de parallèles. Ces zones sont caractérisées par les paramètres suivants :

Zone	Ellipsoïde	Méridien central (°)	Latitude réf. (°)	1 ^{er} parallèle standard (°)	2 ^{ème} parallèle standard (°)	Faux Est (m)	Faux Nord (m)
1	Clarke 1880	-5.4	33.3	31.7279	34.8717	500000	300000
2	Clarke 1880	-5.4	29.7	28.1063	31.2933	500000	300000
3	Clarke 1880	-5.4	26.1	24.5075	27.6921	1200000	400000
4	Clarke 1880	-5.4	22.5	20.9076	24.0921	1500000	400000

4-2-3. Topologie

Plusieurs règles topologiques ont été appliquées aux données géographiques produites. Ci-dessous quelques exemples de ces règles :

Topologie d'adjacence	Les ouvrages de protection ont une influence sur l'inondation suivant des scénarios différents. Dans le cas où la rupture de l'ouvrage est probable dans un scénario donné, cette rupture génère une zone d'inondation dont le périmètre géométrique partage en partie la géométrie de l'ouvrage.
Topologie d'inclusion	Pour un même type d'inondation, la surface inondable de l'aléa de forte probabilité (événement fréquent) est incluse dans la surface inondable de l'aléa de moyenne probabilité qui est incluse dans la surface de l'aléa de faible probabilité (événement extrême)

4-3- DEVELOPPEMENT DE LA GEODATABASE SOUS ARCGIS

Une Géodatabase utilise le moteur de bases de données Microsoft Jet, et peut donc être assimilée à une base de données de type Access pour les données attributaires. Ce format concerne des bases de données géographiques allant jusqu'à 2 Go d'espace-disque.

BD_Risque_Inondation_ArcGis est le nom choisit pour notre Géodatabase personnelle. Elle peut être lue par plusieurs utilisateurs, mais éditée par un seul d'entre eux. Elle permet de gérer des relations de topologie simples et temporaires. Tous les produits ESRI (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) peuvent la lire et l'éditer sans extension. Cette géodatabase (contenant à la fois les données attributaire et géographique) possède tous les principes découlant des SGBD (Fig. 52).

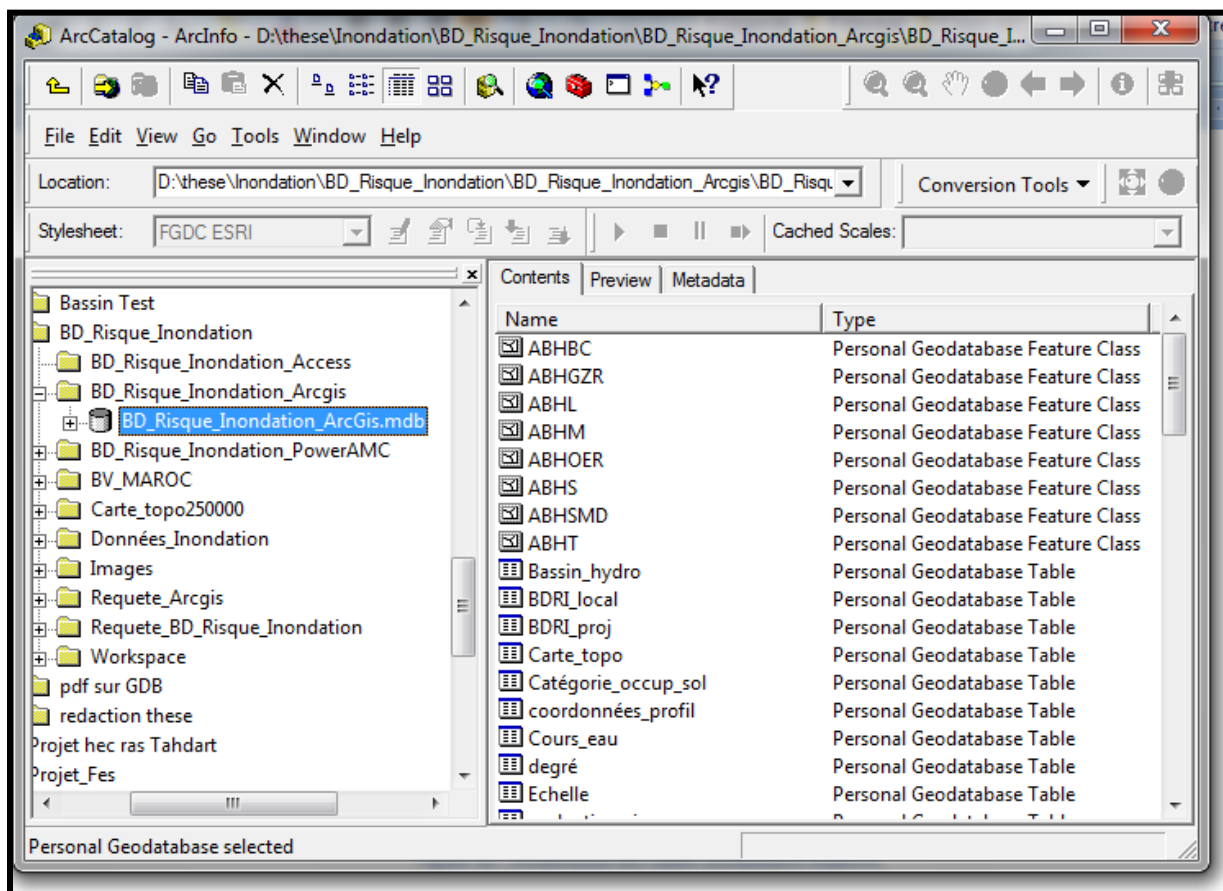


Figure 52 : Affichage des données attributaires et géographiques dans ArcGis

4-3-1. Traitement des données

Les classes d'entité de la Géodatabase sont organisées en jeu de classe (Feature dataset). Les tables d'ArcGIS sont implémentés pour être stocké dans une Géodatabase selon une structure bien définit. Pour faciliter leur implémentation et création, nous avons appliqué les règles de nommage suivant :

- ☞ les tables préfixées par "S_xxxx" sont des tables spatiales
- ☞ Les tables préfixées par "A_xxxx" sont des tables attributaires.
- ☞ les tables lexiques ont pour nom L_xxxx

Pour les classes d'entité, possédant toutes la même représentation spatiale (point, ligne ou polygone), ont des suffixes pour décrire les types des champs. Les suffixes sont termines par :

- ☞ _Pl : pour les champs de types polygone,
- ☞ _Ln : pour les champs de type ligne,
- ☞ _Pt : pour les champs de type point.

Les données se répartissent dans des tables organisées sous forme de tables spatiales (classes d'entités), tables non spatiales et tables lexiques regroupés en 6 feature-dataset (ou jeu de classes). La structure des fichiers respecte les prescriptions du dictionnaire de données (Tableau 42).

Tableau 42 : Organisation des tables

Abréviation des tables	Type table	Type spatial
Événement	Feature dataset	
S_Event	Classes d'entité	Point
L_type_inondation	Table	--
S_BDRI_Proj	Classes d'entité	Polygone
L_zone_protection	Table	--
Situation administrative	Feature dataset	
S_BDRI_local	Classes d'entité	Polygone
L_Région	Table	--
L_Province	Table	--
L_Commune	Table	--
S_Commune	Classes d'entité	Polygone
S_Région	Classes d'entité	Polygone
S_Province	Classes d'entité	Polygone
Zone inondée	Feature dataset	
S_Zn_Inondée	Classes d'entité	Polygone
L_Scénario_Aléa	Table	--
S_bassin hydrographique	Classes d'entité	Polygone
S_Occup_sol	Classes d'entité	Polygone
L_Catégorie_occup_sol	Table	--
L_pérméabilité_terrain	Table	--
L_type_sol	Table	--
L_Nature_roche	Table	--
S_Topo_Zn_Inondé	Classes d'entité	Polygone
L_orientation_BH	Table	--
S_Cours_eau	Classes d'entité	Polyline
S_point_eau	Classes d'entité	Point
L_Type_écoulement	Table	--
L_Morphologie	Table	--
L_Type_ruissel	Table	--
L Régime_écoulement	Table	--
L_Type_cours_eau	Table	--
L_Type_point_eau	Table	--

L_nature_point_eau	Table	--
L_CTopo_50	Table	--
Données hydrologiques	Feature dataset	--
S_station_hydro	Classes d'entité	Point
S_post_pluvio	Classes d'entité	Point
Historique des crues	Feature dataset	--
Risque inondation	Feature dataset	--
S_Risque_inond	Classes d'entité	Polygone
L_type_hydraulique	Table	--
L_oui/non	Table	--
S_Profils_en_travers	Classes d'entité	Polyline
L_Type_profil	Table	--
L_oui/non	Table	--
S_Ouvrage_protection	Classes d'entité	Polyline
L_type_ouvrage	Table	--
L_but_ouvrage	Table	--
S_Eval_Risque	Classes d'entité	Polygone
L_valeur_risque	Table	--
Source données	Table	--
L_type_publication	Table	--
L_Format_source	Table	--

4-3-2. Dictionnaire des tables pour ArcGis

La structure de la base de données est définie dans un dictionnaire des tables pour ArcGis. Ces tables sont les recueils des définitions qui décrivent et précisent la terminologie et les données disponibles pour le domaine de la gestion du risque d'inondation. Plusieurs aspects de la donnée y sont traités : sa signification, les règles indispensables à sa rédaction ou à sa codification, la liste des valeurs qu'elle peut prendre, la ou les personnes ou organismes qui ont le droit de la créer, de la consulter, de la modifier ou de la supprimer.

4-3-3. Structure de la Géodatabase

Nous présentons ci-dessous les dictionnaires des tables des six jeux de classes (Feature dataset) ainsi que les tables et les lexiques.

4-3-3.1. Feature dataset : Evénement

Comprend deux classes d'entités (S_Event, S_BDRI_proj) et des tables de référence.

- Classe d'entité S_Event :

Nom de la table	S_Event		
Définition			
Data type	Point		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_event	Object_ID		
Shape	Geometrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom_Event	Texte		Nom d'un événement
Code_Event	Long integer		Code d'événement
Type_inond	Texte	10	Se référer à L_type_inondation
Descrip_event	Texte	25	Description événement d'inondation
Coordonnée_event_X	Double	9	Coordonnées X
Coordonnée_event_Y	Double	9	Coordonnées Y
Elevation_event_Z	Double	4	Altitude Z en mètre
Id_BDRI_local	Texte	15	lier à BDRI_local

Id_BDRi_proj	Texte	15	lier à BDRi_proj
Id_Hist_crue	Texte	15	lier à hist_crue
Id_Zn_inondée	Texte	15	lier à zn_inondée
Id_Bassin_hydro	Texte	15	lier à bassin_hydro
Id_Risque_inond	Texte	15	lier à risque_inond
Id_Source de données	Texte	200	lier à source_données

Diagramme de relation

Type_inond	se référer à L_type_inondation
S_Event	lier à Id_BDRi_local
S_Event	lier à Id_BDRi_proj
S_Event	lier à Id_hist_crue
S_Event	lier à Id_zn_inondée
S_Event	lier à Id_bassin_hydro
S_Event	lier à Id_risque_inond
S_Event	lier à Id_source_données

Tables de référence

L_type_inondation

Code	Description
CrueL	Crues lentes des grands cours d'eau
CrueGO	Crues rapides des affluents principaux des grands cours d'eau
CrueOC	Crues rapides des oueds côtiers
CrueEN	Crues semi rapides des moyens bassins de plaine avec écoulement en nappe
CrueT	Crues torrentielles des petits bassins de montagne
CrueZU	Crues pluviales en zones urbaines

- **Classe d'entité : S_BDRi_proj**

Nom de la table	S_BDRi_proj
Définition	
Data type	Polygone
Système de Coordonnées	Merchich Maroc

Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_BDRi_proj	Object_ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom_projet	Texte	10	
Datum_h	Texte	10	
Datum_v	Texte	10	
Zone_projection	Texte	10	se référer à L_Zone_projection
Unité_projection	Texte	10	Unité de projection exprimé en mètre
Nom_Métadata	Texte	10	
Id_bassin_hydro	Texte	15	Liée à Bassin_hydro
Id_source_données	Texte	15	Liée à Source_données
SHAPE_Length	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Zone_projection	se référer à L_Zone_projection
Id_BDRi_proj	lier à S_Event

L_Zone_projection

Code	Description
Zone_1	Zone 1 (nord du Maroc)
Zone_2	Zone 2 (Agadir)
Zone_3	Zone 3 (Laayoun)
Zone_4	Zone 4 (Dakhla)

4-3-3.2. Feature dataset: Situation administrative

Comprend 4 classes d'entité (S_BDRI_local, S_Commune, S_Région, S_Province) et des tables de référence.

- Classe d'entité: S_BDRI_local

Nom de la table	S_BDRI_local		
Définition	Situation administrative		
Data type	Polygone		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		

Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_BDRI_local	Object ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Région	Texte	10	se référer à L_Région
Province	Texte	10	se référer à L_Province
Commune	Texte	10	se référer à L_Commune
Ville	Texte	10	se référer à L_Ville
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Bassin_hydro	Texte	15	Liée à Bassin_hydro
Id_source_données	Texte	15	Liée à Source_données
SHAPE_Length	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Région	se référer à L_Région
Province	se référer à L_Province
Commune	se référer à L_Commune
Ville	se référer à L_Ville
Id_BDRI_local	lier à S_Event

Tables de référence

L Région

Code	Description
REG_01	Tanger_Tetouan-Al Hociema
REG_02	Oriental
REG_03	Fès-Meknès
....	...

L Province

Code	Description
PROV_01	Tanger_Asilah
PROV_02	M'diq Fnidk
PROV_03	Chefchaouen
...	...

L Commune

Code	Description
COM_01	Ain_Bida
COM_02	Sidi_Hrazem
COM_03	Mly Yakoub
...	...

L Ville

Code	Description
VIL_01	Tanger
VIL_02	Tetouan
VIL_03	Al Hociema
....	...

- Classe d'entité : S_Commune

Nom de la table	S_Commune		
Définition			
Data type	Polygone		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Code commune	Object_ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom commune	Texte		
SHAPE_Length	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Code commune	lier à S_BDRI_local
--------------	---------------------

- Classe d'entité : S_Région

Nom de la table	S_Région		
Définition			
Data type	Polygone		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Code région	Object_ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom région	Texte		
SHAPE_Length	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Code région	lier à S_BDRI_local
-------------	---------------------

- Classe d'entité : S_Province

Nom de la table	S_Province		
Définition			
Data type	Polygone		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Code province	Object_ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom province	Texte		
SHAPE_Length	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Code province	lier à S_BDRI_local
---------------	---------------------

4-3-3. Feature dataset: Zone inondée

- Classe d'entité : S_Zn_Inondée

Nom de la table	S_Zn_Inondée		
Définition			
Data type	Polygone		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_zn_inondée	Object_ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Surface_zone inondée	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS
Scénario_Aléa	Texte	20	se référer à L_Scénario_Aléa
Id_Bassin_hydro	Texte	15	Lier à bassin_hydro
Id_BDRI_proj	Texte	15	Lier à BDRI_proj
Id_Source_Données	Texte	15	Lier à source_données
SHAPE_Length	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Scénario_Aléa	se référer à L_Scénario_Aléa
Zn_inondée	Lier à S_event

Tables de référence

L_Scénario_Aléa

Code	Description
ATE	Aléa très élevée
AE	Aléa élevée
AM	Aléa de moyenne probabilité
AF	Aléa de faible probabilité
AN	Aléa négligeable

- Classe d'entité : S_Bassin_Hydro (bassin hydrographique)

Nom de la table	S_Bassin_Hydro		
Définition			
Data type	Polygone		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_Bassin_hydro	Object_ID		Code Bassin versant
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom_bassin_hydro	Texte	40	se référer à L_bassin_hydraulique
Surface_bassin_hydro	Double		
Longueur_Bassin_hydro	Double		
Dénivelé	Double		
Temps concentration (h)	Double		calculé par la formule de Kirpich
Id_Occup_sol	Texte	15	Liée à Occup_sol
Id_Cours_eau	Texte	15	Liée à Cours_eau
Id_Point_eau	Texte	15	Liée à point_eau
Id_Topo_zn_inondée	Texte	15	Liée à topo_zn_inondée
Id_Carte_topo	Texte	15	Liée à carte_topo
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Source_données	Texte	15	Liée à Source_données

SHAPE_Length	Double		calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Nom bassin hydraulique	se référer à L_bassin hydraulique
Id_Bassin_hydro	Liée à S_event

Tables de référence

L_bassin hydraulique

Code	Description
01	Bassin hydraulique de Loukkous
02	Bassin hydraulique de Moulouya
03	Bassin hydraulique de Sebou
04	Bassin hydraulique de Bou Regrag et Chaouia
05	Bassin hydraulique Oum Rbia
06	Bassin hydraulique de Tensift
07	Bassin hydraulique de Souss et Massa
08	Bassin hydraulique de Draa et sud Atlasique
09	Bassin hydraulique de Sahara

- Classe d'entité: S_occup_sol

Nom de la table	S_occup_sol		
Définition	Occupation du sol		
Data type	Polygone		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		

Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_occup_sol	Object_ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Catégorie_occup_sol	Texte	25	se référer à L_catégorie_occup_sol
Pérméabilité_terrain	Texte	25	Se référer à L_Pérméabilité_terrain
Nature_roche_écoulement	Texte	25	Se référer à L_Nature_roche
Type_sol	Texte	25	Se référer à L_Type_sol
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Source_données	Texte	15	Liée à Source_données
SHAPE_Length	Double		calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Catégorie_occup_sol	se référer à L_catégorie_occup_sol
Pérméabilité_terrain	Se référer à L_Pérméabilité_terrain
Nature_roche_écoulement	Se référer à L_Nature_roche
Type_sol	Se référer à L_Type_sol
Id_occup_sol	Liée à S_event

Tables de référence

L_Catégorie Occup_sol

Code	Description
COS-01	Terrains artificiels
COS-02	Terrains agricoles
COS-03	Zones forestières
COS-04	Zones humides

L_Pérméabilité_terrain

Code	Description
PT-01	Perméable
PT-02	Semi perméable
PT-03	Imperméable

L_Nature_roche

Code	Description
NR-01	Grés
NR-02	Argile
NR-03	Marne
NR-04	Schiste

COS-05	Surfaces en eau
COS-06	Terrains nus
COS-07	Inconnu

L_Type_sol	
Code	Description
TS-01	Tirs
TS-02	Hamri
TS-03	Harch
TS-04	Dehs
TS-05	Biad
TS-06	Rmel
TS-07	Inconnu

NR-05	Calcaire
NR-06	Conglomérat
NR-07	Basalte ...

- Classe d'entité: S_topo_zn_inondée

Nom de la table	S_topo_zn_inondée
Définition	Topographie d'une zone inondée
Data type	Polygone
Système de Coordonnées	Merchich Maroc

Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_topo_zn_inondée	Object ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Altit_moy_BH	Double		
Pente_moy_BH	Double		
Orientation_BH	Texte	10	Se référer à L_Orientation_BH
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Source_données	Texte	15	Liée à Source_données
SHAPE_Length	Double		calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Orientation_BH	Se référer à L_Orientation_BH
Id_topo_zn_inondée	Liée à S_event

Tables de référence

L_Orientation_BH	
Code	Description
Dir-N	N
Dir-S	S
Dir-E	E
Dir-W	W
Dir-NE	NE
Dir-SW	SW
Dir-SE	SE
Dir-NW	NW

- Classe d'entité : S_Cours_eau

Nom de la table	S_Cours_eau
Définition	
Data type	Polyline
Système de Coordonnées	Merchich Maroc

Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_cours_eau	Object ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom cours eau	Texte	8	
Code cours eau	Texte	2	

Type_cours_eau	Texte	8	associé à L_Type_cours_eau
Type_écoulement	Texte	12	associé à L_Type_écoulement
Morphologie	Texte	16	associé à L_Morphologie
Orientation	Texte	2	associé à L_orientation
Long_cours_eau	Double		
Larg_cours_eau	Double		
Type_ruissel	Texte		associé à L_Type_ruissel
Régime_écoulement	Texte		associé à L_Régime_écoulement
Indice_Horton	Double		Indice des lois d'Horton relie le nombre, longueur moyenne, et ordre des cours d'eau
Indice_Starhler	Double		Utilisé pour chiffrer la ramification du réseau
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Source_données	Texte	15	Liée à source_données
SHAPE_Length	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation

Type_cours_eau	associé à L_Type_cours_eau
Type_écoulement	associé à L_Type_écoulement
Morphologie	associé à L_Morphologie
Orientation	associé à L_orientation
Type_ruissel	associé à L_Type_ruissel
Régime_écoulement	associé à L_Régime_écoulement
Id_cours_eau	Liée à S_event

Tables de référence

L_Type_écoulement

Code	Description
TPE-01	Permanent
TPE-02	Saisonniers
TPE-03	Épisodique
TPE-04	Spasmodique
TPE-05	Intermittent
TPE-06	Torrentiel

L_Type_ruissel

Code	Description
RU-N	RN
RU-F	RF
RU-M	RM
RU-E	RE
RU-TE	RTE

L_Type_cours_eau

Code	Description
TCE-01	Fleuve
TCE-02	Rivière
TCE-03	Oued
TCE-04	Torrent
TCE-05	Ruisseau
TCE-06	Ruisselet
TCE-07	Rigole
TCE-08	Bras
TCE-09	Canal
TCE-10	Chenal

L_Morphologie

Code	Description
MCE-01	Lit mineur
MCE-02	Lit moyen
MCE-03	Lit majeur
MCE-04	Plaine inondable

L_Régime_écoulement

Code	Description
REC-01	Complexe
REC-02	Mixte
REC-03	Simple
REC-04	Inconnu

- Classe d'entité : S_point_eau

Nom de la table	S_point_eau		
Définition			
Data type	Point		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_point_eau	Object_ID		
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom point eau	Texte	8	
Code point eau	Texte	2	
Nature_point_eau	Texte	24	associé à L_nature_point_eau

Type_point_eau	Texte	12	associé à L_Type_point_eau
Coordonnée_pointeau_X	Double	10	
Coordonnée_pointeau_Y	Double	10	
Altitide_Z	Double	4	
Débit_max_pointeau	Double	4	
BDRI_Proj	Texte	15	Liée à Id_BDRI_proj
Source_données	Texte	15	Liée à Id_Source_données

Diagramme de relation

Nature_point_eau	associé à L_nature_point_eau
Type_point_eau	associé à L_Type_point_eau
Id_point_eau	Liée à S_event

Tables de référence

L_nature_point_eau

Code	Description
NPE-01	Affleurement de nappes
NPE-02	Source
NPE-03	Forage
NPE-04	Puits
NPE-05	Perte
NPE-06	Cavité souterrain
NPE-07	Drain
NPE-08	Pièzo

L_Type_point_eau

Code	Description
TPE-01	Naturel
TPE-02	Artificiel
TPE-03	Inconnu

4-3-3.4. Feature dataset: données hydrologiques

Constitué de 2 classes d'entités : S_station_hydro et S_post_pluvio.

- Classe d'entité : S_station_hydro

Nom de la table	S_station_hydro		
Définition			
Data type	Point		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_station_hydro	Object_ID		Code_station
Nom_station	Texte		Reliée à L_station_hydro
Date_mise_en_service	Date		JJ/MM/AA
Coord_station_x	Double		
Coord_station_y	Double		
Coord_station_z	Double		
Id_BDRI_local	Texte	15	Liée à BDRI_local
Id_cours_eau	Texte	15	Liée à cours_eau
Id_zn_inondée	Texte	15	Liée à zn_inondée
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Bassin_hydro	Texte	15	Liée à Bassin_hydro
Id_Source_données	Texte	15	Liée à Source_données

Diagramme de relation

Id_station_hydro	Liée à A_hist_crue
------------------	--------------------

- Classe d'entité : S_poste_pluvio

Nom de la table	S_poste_pluvio		
Définition			
Data type	Point		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_poste_pluvio	Object ID		Code poste
Nom_poste	Texte		Reliée à L_poste_pluvio
Date_mise_en_service	Date		JJ/MM/AA
Coord_station_x	Double		
Coord_station_y	Double		
Coord_station_z	Double		
Id_BDRI_local	Texte	15	Liée à BDRI_local
Id_cours_eau	Texte	15	Liée à cours_eau
Id_zn_inondée	Texte	15	Liée à zn_inondée
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Bassin_hydro	Texte	15	Liée à Bassin hydro
Id_Source_données	Texte	15	Liée à Source_données

Diagramme de relation

Id_poste_pluvio	Liée à A_hist_crue
-----------------	--------------------

4-3-3.5. Feature dataset: Historique des crues

- Table attributaire A_hist_crue (historique des crues)

Nom de la table	A_hist_crue		
Définition			
Data type	Table		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_Risque_inond	Object ID		
Date_event	Date	10	JJ/MM/AA
Pluie_j_max	Double	4	
Débit_max(m3/s)	Double	3	
Hauteur_eau(m)	Double	3	
Temps_retour(ans)	Texte	4	
Id_station_hydro	Texte	15	Liée à station hydro
Id_poste_hydro	Texte	15	Liée à poste hydro
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Bassin_hydro	Texte	15	Liée à Bassin hydro
Id_Source_données	Texte	15	Liée à Source_données

Diagramme de relation

Id_Risque_inond	Liée à S_event
-----------------	----------------

4-3-3.6. Feature dataset: Risque inondation

- Classe d'entité : S_Risque_inond (Risque inondation de la zone inondée)

Nom de la table S_Risque_inond
Définition
Data type Polygone
Système de Coordonnées Merchich Maroc

Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_Risque_inond	Object_ID		
Enjeux_Humains	Texte	25	Enjeux liés aux humaines
Enjeux_Infrastructures	Texte	25	Enjeux liés aux infrastructures
Enjeux_Commerciaux	Texte	25	Enjeux liés aux activités commerciales
Enjeux_Urbains	Texte	25	Enjeux liés aux activités urbains
Enjeux_Agricoles	Texte	25	Enjeux liés aux activités agricoles
Enjeux_Industriels	Texte	25	Enjeux liés aux activités industrielles
Aménagements_proposés	Texte	25	Les aménagements proposés
Id_Modélisation_hydrologique	Texte	15	Liée à Modélisation_hydrologique
Id_Modélisation_hydraulique	Texte	15	Liée à Modélisation_hydraulique
Id_profil	Texte	15	Liée à profil
Id_ouvrage	Texte	15	Liée à ouvrage
Id_Photos	Texte	15	Liée à Photos
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_Bassin_hydro	Texte	15	Liée à Bassin_hydro
Id_Source_données	Texte	15	Liée à Source_données
SHAPE_Length	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS
SHAPE_Area	Double		Calculé automatiquement par ArcGIS

Diagramme de relation



- Classe d'entité : Profils_en_travers

Nom de la table S_Profils_en_travers
Définition
Data type Polyline
Système de Coordonnées Merchich Maroc

Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_Profils_en_travers	Object_ID		Code profil
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Nom profil	Texte		
Type profil	Texte	50	se référer à L_Type_profil
Date profil	Date	10	JJ/MM/AA Date de crée le profil
Ks lit mineur	Numérique	4	Coefficient de rugosité au lit mineur
Ks rive gauche lit majeur	Numérique	4	Coefficient de rugosité à la rive gauche de lit majeur
Ks rive droite lit majeur	Numérique	4	Coefficient de rugosité à la rive droite de lit majeur
Distance profil aval	Numérique	4	Distance de profil à l'aval du cours d'eau
Image profil	BLOB		Image de chaque profil
Id_Coord_profil	Texte	15	Liée à Coord_profil
Id_Résultats_profil	Texte	15	Liée à Résultats_profil
Id_BDRI_proj	Texte	15	Liée à BDRI_proj
Id_bassin_hydro	Texte	15	Liée à bassin_hydro
Id_source_données	Texte	15	Liée à source_données

SHAPE_Length	Double	Calculé automatiquement par ArcGIS
<i>Diagramme de relation</i>		
Type_profil		se référer à L_Type_profil
Id_Profils_en_travers		

Tables de référence

L_Type_profil

Code	Description
TP-01	Profil tiré de la carte au 1/2000ème ou 1/5000ème
TP-02	Profil provenant d'une étude
TP-03	Profil issu de terrain

- Classe d'entité : Ouvrage_protection

Nom de la table	S_ Ouvrage_protection		
Définition			
Data type	Polyline		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_ Ouvrage_protection	Object_ID		Code ouvrage
Shape	Géométrie		Saisie automatique par ArcGIS
Type Ouvrage	Texte	8	Se référer à L_type_ouvrage
Coord_ouvrage X-1	Numérique	4	
Coord_ouvrage Y-1	Numérique	4	
Hauteur Ouvrage	Numérique	4	
Largeur ouvrage	Numérique	4	
Débit en Charge	Numérique	4	Débit en charge que peut supporter l'ouvrage
Débit en surface	Numérique	4	Débit en surface libre que peut supporter l'ouvrage
Date de Construction	Date	4	
But de l'ouvrage	Texte	25	Se référer à L_but_ouvrage
Coefficient de contraction	Numérique	10	C'est le rapport de la surface de la section contractée d'une veine de liquide par rapport à la surface de l'ouverture à travers laquelle l'eau s'écoule.
Coefficient de Strickler	Numérique	10	Appelé en bref coefficient de Manning, elle varier entre $0.012 < n < 0.15$
Id_resultat_ouvrage	Texte	15	
Id_BDRI_proj	Texte	15	
Id_bassin_hydro	Texte	15	
Id_source_données	Texte	15	
<i>Diagramme de relation</i>			

Tables de référence

L_type_ouvrage

Code	Description
TO-01	Dalot
TO-02	Buse
TO-03	Barrage
TO-04	Digue

L_but_ouvrage

Code	Description
BO-01	Energie
BO-02	Irrigation
BO-03	alimentation en eau potable...

- Classe d'entité : S_Eval_Risque (Evaluation Risque de la zone inondée)

Nom de la table	S_Eval_Risque		
Définition	Polygone		
Data type	Polygone		
Système de Coordonnées	Merchich Maroc		
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_Eval_Risque	Object_ID		
Nom zone inondée	Texte		
Id_zn_inondée	Texte	10	
Risque Humain	Texte	25	Se référer à L_valeur_risque
Risque Infrastructure	Texte	25	Se référer à L_valeur_risque
Risque économique	Texte	25	Se référer à L_valeur_risque
Risque agricole	Texte	25	Se référer à L_valeur_risque
Risque environnemental	Texte	25	Se référer à L_valeur_risque
Risque construction	Texte	25	Se référer à L_valeur_risque
Données sur le Risque	Texte	50	
Diagramme de relation			
Id_Risque_inond		Id_zn_inondée	
Risque Humain		Se référer à L_valeur_risque	
Risque Infrastructure		Se référer à L_valeur_risque	
Risque économique		Se référer à L_valeur_risque	
Risque agricole		Se référer à L_valeur_risque	
Risque environnemental		Se référer à L_valeur_risque	
Risque construction		Se référer à L_valeur_risque	

Table de référence

L_valeur_risque

Code	Description
VR-01	Très faible (jusqu'à 10%)
VR-02	Faible (11-30 %)
VR-03	Moyen (31-50%)
VR-04	Elevé (51-70%)
VR-05	Très élevé (71-90%)

- Classe d'entité : Source_données

Nom de la table	Source_données		
Définition	Sans géométrie		
Data type	Sans géométrie		
Système de Coordonnées			
Field Name	Type	Longueur	Remarque
Id_source_données	Object_ID		

Titre référence	Texte	25	
Auteur principal	Texte	10	
Année publication	Texte	25	
Type publication	Texte	25	Se référer à L_Type_publication
Référence complète	Texte	50	
Format_source	Texte	25	Se référer à L_Format_source

Diagramme de relation

Type publication

Se référer à L_Type_publication

Tables de référence

L_Type_publication

Code	Description
PUB-01	Travaux
PUB -02	Publications
PUB -03	Données mesurés
PUB -04	Thèse
PUB -05	Document inédit

L_Format_source

Code	Description
PDF	Portable document format
XML	Hypertext Markup language
HTML	Extensible Markup language

4-3-4. Métadonnées

Les métadonnées sont stockées en tant que langage de balisage extensible (XML). La métadonnée fait partie de la couche elle-même. Elle nous permet d'inventorier nos ressources et d'estimer leur coût de gestion, de partager nos ressources et d'améliorer la communication, ainsi que de rechercher des ressources disponibles et de choisir lesquelles utiliser (ESRI, 2012).

4-3-4.1. Les normes internationales

Les normes sont des référentiels, des guides de méthodologie, des règles. Elles sont élaborées en vue d'une diffusion large à vocation pédagogique. Parmi les normes dans le domaine des données spatiales :

- ☞ La norme internationale ISO 19115 (AFNOR, 2005) a pour objectif de fournir une structure permettant de décrire les données géographiques numériques. Elle est affirmée comme une référence pour l'information géographique dans le domaine des métadonnées.
- ☞ La norme ISO 19139 (AFNOR, 2006) permet l'encodage la norme 19115 au format XML pour permettre une standardisation et l'interopérabilité des systèmes en vue d'échanger et de mutualiser les métadonnées. C'est une norme complémentaire de la norme ISO 19115.
- ☞ La directive INSPIRE est une directive européenne datant de 2007. C'est une spécialisation de la norme ISO 19115. Le projet européen INSPIRE, dont la vocation est d'insister sur l'importance de disposer de métadonnées harmonisées, libres d'accès, afin de faciliter l'usage des données géographiques, vise à mettre en place une Infrastructure de Données Géographiques en amenant les acteurs publics de l'information géographique vers le géocatalogage, l'harmonisation des pratiques, la mise en réseaux et l'élaboration d'accords de partage et d'accès aux données.
- ☞ Le Federal Geographic Data Committee (FGDC) est né en 1990. C'est un comité inter-organismes faisant la promotion de l'utilisation, de la diffusion et du partage coordonnés de données géospatiales aux États-Unis. Ce comité a décrit une norme structurant en une hiérarchie de champs de données et de champs composés qui définissent le contenu informationnel des métadonnées, permettant de documenter des données géospatiales numériques.

4-3-4.2. Métadonnées normalisées

L'extension ArcCatalog du logiciel ArcGIS permet aux utilisateurs de créer, gérer et modifier les métadonnées stockées dans une représentation XML du Federal Geographic Data Committee (FGDC) ou de la norme ISO 19115. Les métadonnées comprennent les propriétés et la documentation associée. Les propriétés sont dérivées à partir de la source de données, tandis que la documentation est fournie par le producteur de données.

ArcGIS propose plusieurs styles de métadonnées différents, Pour afficher plus d'informations sur l'élément ou le décrire plus en détail, on choisit le style FGDC-ESRI créée à l'aide de l'éditeur métadonnées ISO. Les principaux éléments de métadonnées sont présentés dans le tableau 43.

Tableau 43 : Métadonnées de la base de données risque inondation

Métadonnées	Description	
Titre de la ressource	Standardisation des données pour la gestion des risques d'inondation	
Résumé	Ce présent travail décrit la standardisation des données concernant la gestion des risques d'inondation. Il concerne les données attributaires et géographiques produits sur les zones à risque d'inondation, et mise en place un SIG pour élaborer une base de données nationale afin gérer les risques d'inondation.	Texte
Objectif	Standardisation des données pour la gestion des risques d'inondation	Texte
Langage	Français	Langue
Mots-clés	risque d'inondation, crues, géodatabase, bassin versant, Maroc	
Système de référence	GCS_Merchich	
Projection	Merchich_Maroc Lambert_Conformal_Conic	Système de projection
Nom d'Ellipsoïde	Clarke_1880_IGN	Système de projection
Type d'objet géométrique	Surface, polygone ou point	
Source des données	Source de données utilisée en saisie	
Thème		
Conditions d'accès	Les données sont des documents privés. Chaque utilisateur doit disposer de droit d'accès.	Droit d'usage
Date de métadonnées	2015	

L'éditeur de métadonnées ArcGIS permet de créer des métadonnées normalisées en vérifiant le contenu au fur et à mesure de la saisie des données. Si un élément obligatoire n'est pas spécifié ou si un type de valeur inapproprié a été fourni, son contrôle d'entrée apparaît dans un cadre rouge.

Les métadonnées s'affichent sous forme d'une page HTML avec laquelle nous pouvons interagir comme avec n'importe quelle page HTML dans un navigateur Web (Fig. 53).

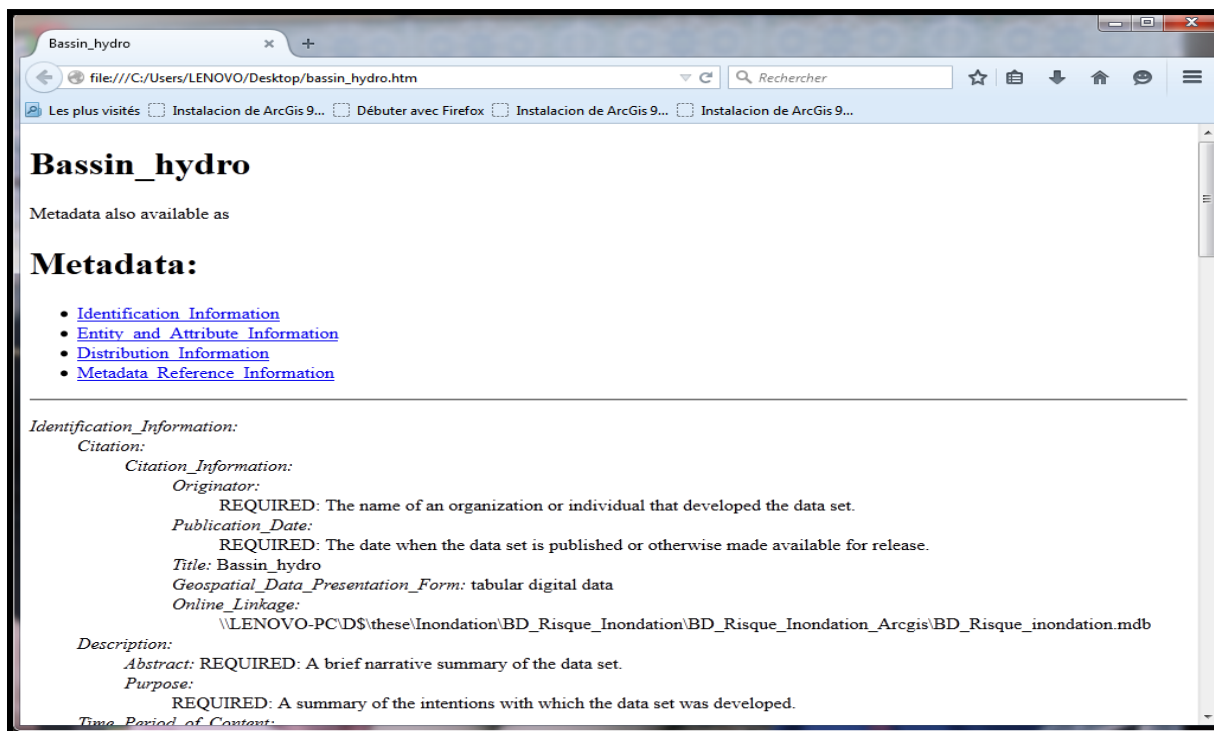


Figure 53 : Page HTML de métadonnées

Les descriptions peuvent être affichées et modifiées dans l'onglet Description et dans leurs boîtes de dialogue Edit Métadatas (Fig. 54).

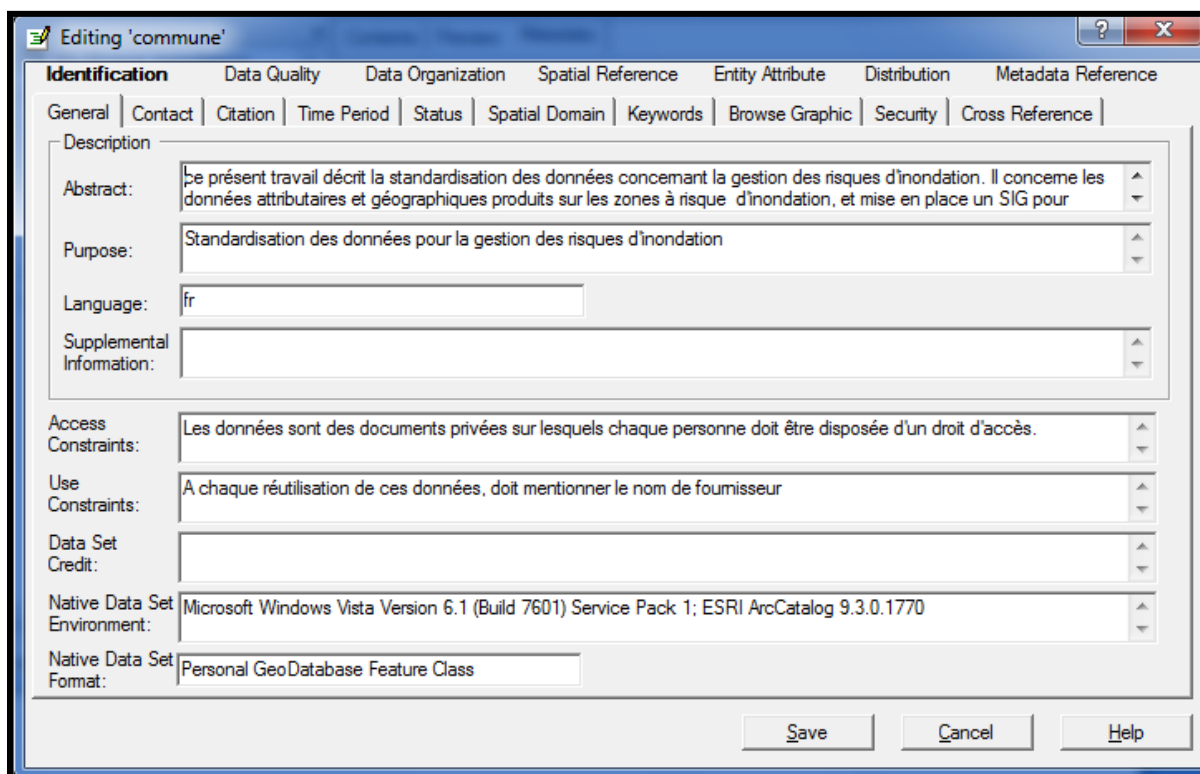


Figure 54 : Interface graphique d'édition des métadonnées de l'ArcCatalog

On considère que les métadonnées d'un élément sont valides lorsqu'elles répondent à toutes les exigences d'une norme. Certaines normes de métadonnées ont des règles relatives au contenu comme les normes ISO 19115 et FGDC. D'autres normes peuvent inclure des règles sur le contenu et le format des métadonnées.

4-3-4.3. Miniatures

Une miniature est un graphique qui illustre les données contenues dans un élément (ESRI, 2011). Les miniatures s'affichent rapidement car il s'agit de vues figées ou d'instantanés. Le système n'affiche pas les données elles-mêmes lorsque nous ouvrons une miniature.

On peut créer une miniature pour la plupart des éléments qui peuvent être visualisés dans l'onglet **Aperçu**. La figure 55 montre une miniature de la table occupation du sol pour le bassin versant de l'Oued Fès, stockée dans les métadonnées de l'élément.

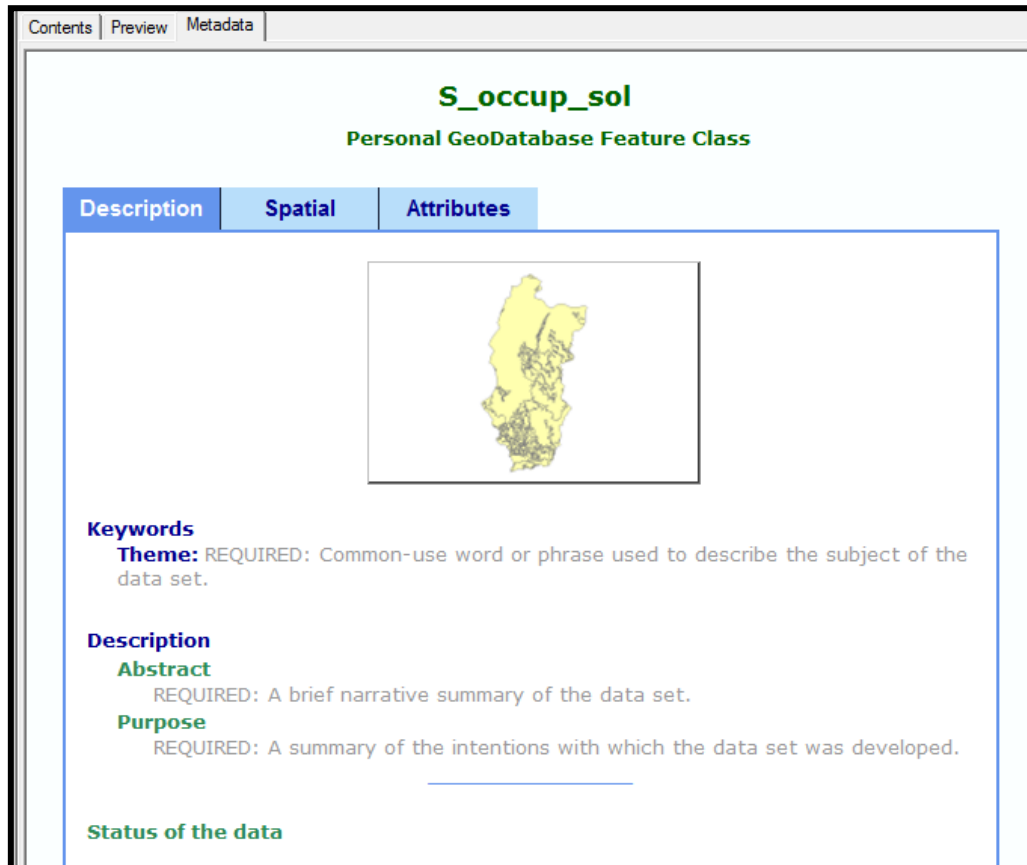


Figure 55 : Affichage de la miniature

4-4- Interrogation de la base de données

L'analyse spatiale est facilitée par des requêtes spatiales bien définies ou d'actions qui permettent de répondre à un questionnement précis. Une requête est une opération qui consiste à interroger une partie de la table de données attributaires ou sur des objets géographiques.

4-4-1. Requêtes attributaires

La majorité des tables Access sont associées à des objets géographiques présentés en mode « vecteur » ou sous forme de documents associés au format JPG (image, photo...). Pour faciliter les requêtes, la structure des tables dans Access est identique à celle d'ArcGis.

Pour cette étude, nous avons créé des requêtes cartographiques dans ArcGis devront s'exécuter à partir des requêtes extraites du fichier «Requête BD_Risque_Inondation». Elles contiennent, à la fois, les objets géographiques et les données attributaires. Pour les requêtes qui n'ont pas été préétablies, une manipulation supplémentaire dans ArcGis est possible et consiste à sélectionner et afficher l'information recherchée. La figure 56 montre un exemple de requête associant des données attributaires et spatiales.

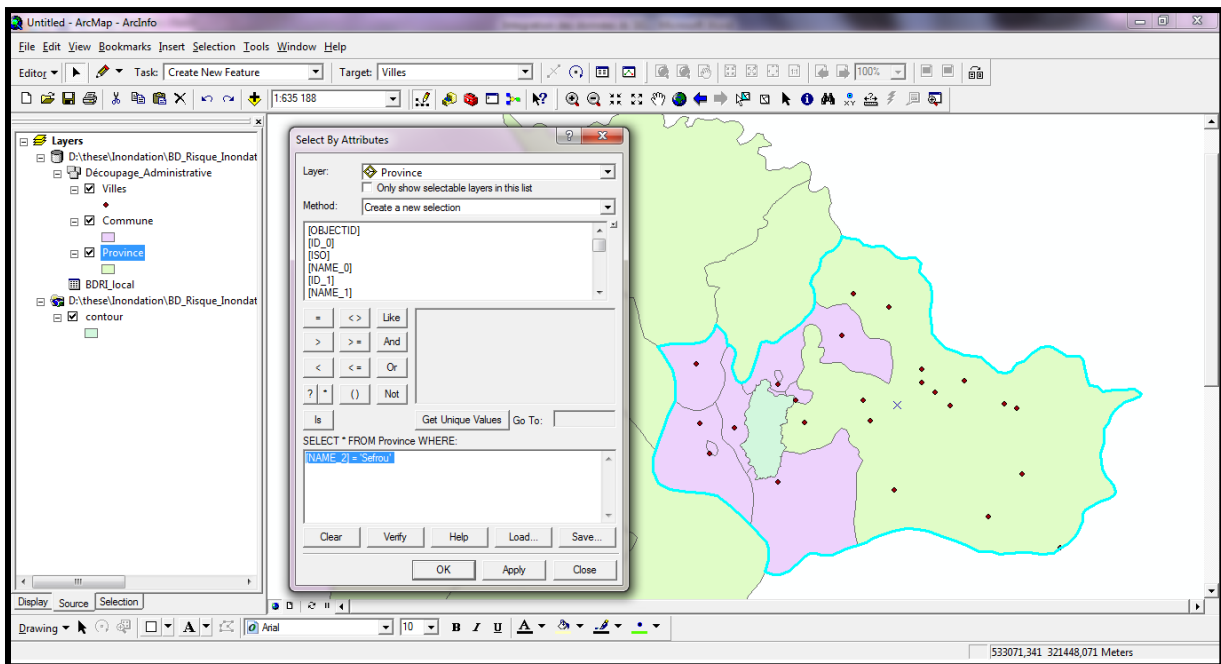


Figure 56 : Sélection par attributs

4-4-2. Jointure attributaire

Dans ce projet de cartographie, il est plus intéressant de joindre un fichier de forme (destination) à une table (origine). La mise en jointure des données se déroule sous ArcMap, il suffit de cliquer droit sur le fichier de destination et de créer une nouvelle jointure. Pour cela, le champ de correspondance entre les tables et les fichiers de formes (le code : Identifiant) sert pour faire ce lien. La figure 57 affiche la fenêtre de jointure sous ArcGIS.

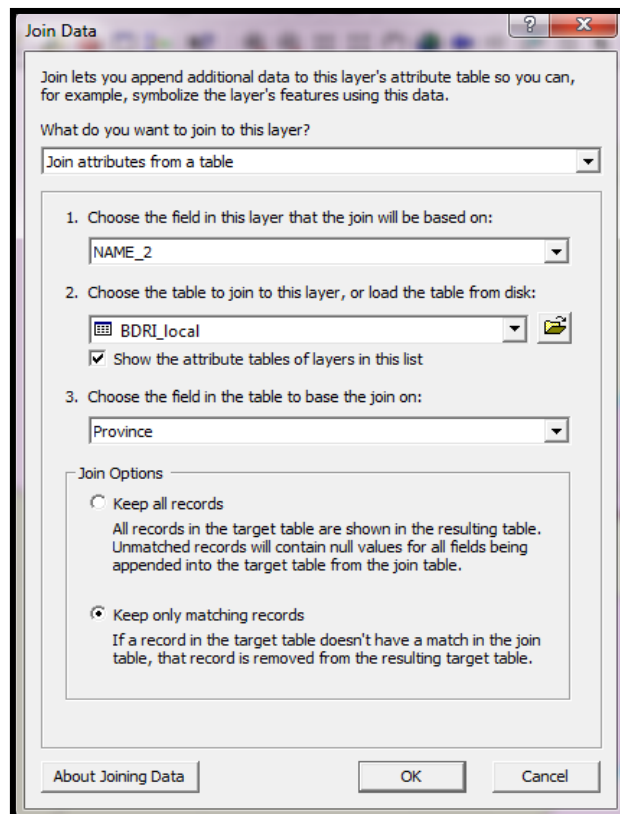


Figure 57 : Tableau représente jointe de données

Après validation, on peut s'apercevoir que la table attributaire de destination contient les champs de la table jointe. Cependant, ces champs ne sont pas exploitables pour effectuer de nouvelles jointures, effectuer des opérations plus complexes ou effectuer des traitements SQL sous Access.

4-4-3. Récupération des résultats d'une requête Access sous ArcMap

La Géodatabase permet de disposer des données attributaires (tables) et géographiques (fichiers de forme), cependant nous ne pouvons récupérer les enregistrements résultants d'une requête. Cette opération implique de passer par un format de fichier intermédiaire le DatabaseFile (.dbf) pour pouvoir être interprété par ArcMap.

Dans cette étude, nous profitons des requêtes que nous avons crée pour disposer de l'ensemble des informations d'une localisation administrative pour l'exporter sous ArcMap et limiter ainsi le nombre de jointures pour traiter l'ensemble des questions de l'étude de cas. La démarche que nous avons développée est comme suit :

- Sous Access, dans l'onglet « Requetes », nous nous positionnons sur une requête, on clique droit et puis sur « Exporter... » ; Après avoir donné l'extension (de préférence .dbf), on donne un nom et on enregistre. Par contre, sous Access la Géodatabase n'est pas reconnue comme un « pseudo-répertoire », ainsi il sera impossible de l'enregistrer directement dans la Géodatabase.
- A l'ouverture sous ArcCatalog, on se place sur le fichier .dbf précédemment créé et on clique droit puis sur Exporter/Géodatabase (Unique)..., on accède à la fenêtre de ma figure 58 ;
- On choisit le chemin d'accès du fichier à exporter, le chemin du répertoire de destination, en l'occurrence et au contraire d'Access, il est possible sous ArcCatalog d'exporter le fichier (.dbf) dans la Géodatabase comme affiché sur la figure 58. Nous n'avons plus qu'à donner un nom à cette nouvelle table attributaire.

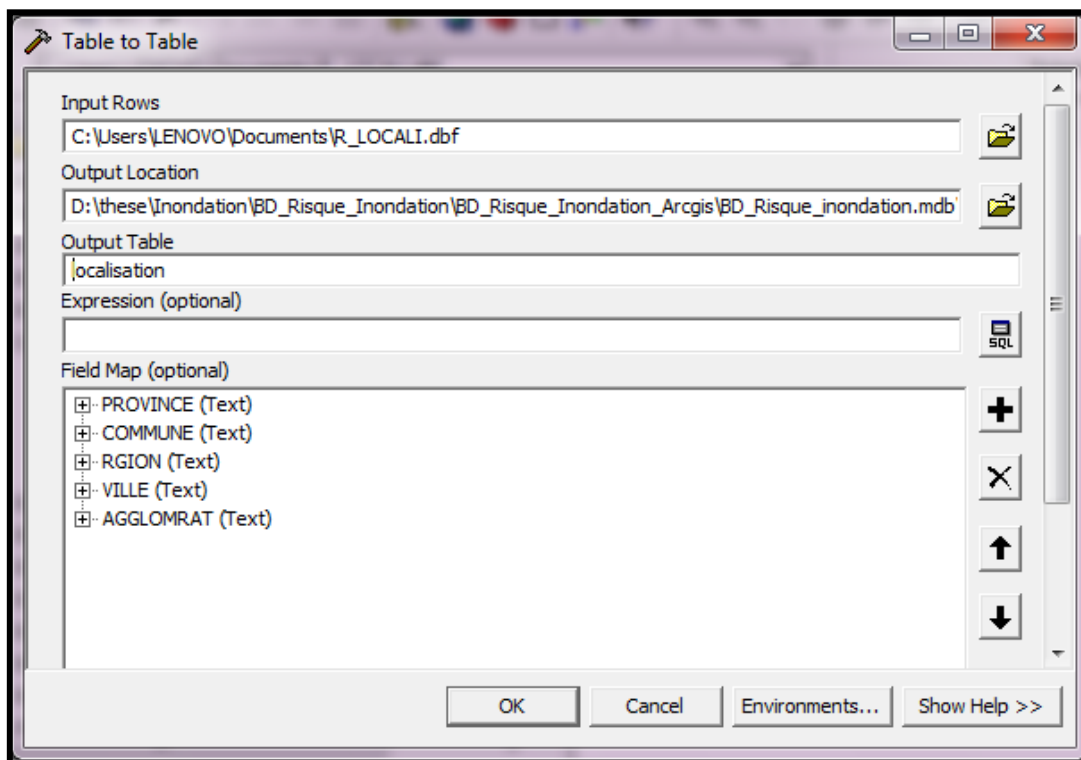


Figure 58 : Exportation d'une requête à une Géodatabase

4-5- CONCLUSION

Ce chapitre concerne la création et la gestion de la base de données spatiales dans le SIG. Il définit les atouts des systèmes d'information géographiques et ses relations avec les systèmes de gestion de bases de données (SGBD). Il présente les résultats de deux démarches pour la gestion des données spatiales sur les inondations au Maroc : la première permet de relier dans un SIG, une base de données organisée dans Ms-Access et exploitée dans un logiciel SIG par l'intermédiaire d'une connexion ODBC. Des règles de jointure et de topologie sont présentées et discutées. La deuxième correspond à la création d'une Géodatabase *BD_Risque_Inondation_ArcGis* qui propose de gérer, stocker et modéliser des données spatiales et attributaires dans une seule base de données administrée par un logiciel SIG de la société ESRI. La géodatabase est organisée sous forme de tables spatiales (shapefile), tables non spatiales et tables lexiques regroupés en 6 feature-classes. La structure des fichiers respecte des règles de nommage et les prescriptions du dictionnaire de données. Les métadonnées (ou données sur les données) sont élaborées de façon normalisée en vue d'une diffusion large à vocation pédagogique. Elles comprennent les propriétés (dérivées à partir de la source de données) et la documentation associée (fournie par le producteur de données). Elles s'affichent sous forme d'une page HTML avec laquelle nous pouvons interagir dans un navigateur Web.

Ce chapitre présente les requêtes cartographiques que nous avons développées dans ArcGis. Ces requêtes, du fichier «*Requête BD_Risque_Inondation*», ont été préétablies et répondent à des questionnements précis et bien définies associant des données attributaires et spatiales.

Chapitre 5 :

Conception de la base de données Inondation par le langage UML et mise en application de Webmapping

Ce chapitre montre les étapes de la conception de la base de données Orientée objet des inondations par le langage UML et la mise en ligne à l'aide d'un processus de génération d'informations géographiques à l'aide d'un processus de génération des cartes (webmapping).

5-1- Approche UML pour la mise en œuvre des SIG

5-1-1. Introduction

La mise en œuvre de Systèmes d'Information Géographique dans une démarche d'analyse spatiale nécessite la spécification des objectifs à atteindre et la modélisation du domaine d'étude. Reconnue comme un standard pour la conception des systèmes d'information, l'approche UML (Unified Modelling Language) propose de nombreux modèles permettant d'identifier les structures statiques et dynamiques des systèmes informatiques.

Le **langage de modélisation unifié**, de l'anglais *Unified Modeling Language (UML)* est un langage de modélisation graphique. Il est couramment utilisé en développement logiciel et en conception orientée objet. Ce langage s'appuie sur un métamodèle : un modèle de plus haut niveau qui définit les éléments d'UML (les concepts utilisables) et leur sémantique (leur signification et leur mode d'utilisation). Le métamodèle d'UML est en fait un langage formel possédant les caractéristiques suivantes :

- un langage sans ambiguïtés ;
- un langage universel pouvant servir de support pour tout langage orienté objet ;
- un moyen de définir la structure d'un programme ;
- une représentation visuelle permettant la communication entre les acteurs d'un même projet ;
- une notation graphique simple, compréhensible même par des non informaticiens ;
- un langage de modélisation normalisé et **standardisé** par l'OMG (Object Management Group).

Le langage UML a déjà été adopté par certains chercheurs développant des systèmes d'information pour les risques naturels (Napoli et al., 1999 ; Napoli, 2001 ; Desconnets et al., 2000 ; Maurel et al., 2000 ; Villanova, 2000 ; Cranefield et Purvis, 2001).

Dans cette première partie du chapitre, nous étudierons l'application de l'approche UML aux SIG en passant par une Géodatabase fichier.

5-1-2. Conception de la Géodatabase à l'aide du langage UML

Pour cette conception, nous avons suivi un ensemble d'étapes :

- identification des thèmes de données ou couches (Layer) à partir d'un inventaire de données ;
- choix de représentation des entités géographiques pour chaque thème (par exemple, sous la forme de point, de ligne, de polygone ou de raster) avec leurs attributs ;
- répartition des données géographiques décrivant le risque d'inondation, sous forme de jeux de données, tels que des classes d'entités, des attributs, des jeux de données raster, etc. Les grands thèmes que nous avons élaborés sont :

Carte de risque d'inondation	<ul style="list-style-type: none">• Bassin hydrographique• Réseau hydrographique• Source hydrographique• Réseau de transport
Structure hydraulique	<ul style="list-style-type: none">• Barrage• Digue• Franc bord
Modélisation	<ul style="list-style-type: none">• Courbe de tarage• Profil topographique• Modèles appliqué
Enjeux	<ul style="list-style-type: none">• Zones urbaines• Infrastructures• Zone d'occupation de sol
Source de données	<ul style="list-style-type: none">• Source

- définir les règles d'intégrité (topologies, réseaux et catalogues d'images) et les relations spatiales et attributaires entre les jeux de données.

5-1-2.1. Représentation cartographique des entités

La base de données risque d'inondation (BDRI) est un support qui aide à gérer le risque d'inondation. C'est une base de données qui contient un rapport sur le risque d'inondation (RRI) et des données spatiales (CRI).

Dans la base de données, certaines entités présentent une représentation cartographique, au sens d'un objet géométrique manipulable dans un Système d'Information Géographique (SIG). Les tables préfixées par "S_" ont des contenus spatiaux. Les tables qui commencent par "L_" sont des tables attributaires. Pour les classes d'entité, possédant toutes la même représentation spatiale, elles ont des suffixes pour décrire les types des champs. Les suffixes terminés par "_Pl" désignent les champs de types polygone), "_Ln" pour les champs de type ligne, "_Pt" pour les champs de type point.

Le tableau 44 présente par ordre, la liste des tables spatiales (classes d'entité) et non spatiales.

Tableau 44 : Tables et classes d'entités dans la BDRI

Abréviation des tables	Type table	Type spatial	Nom de la table
S_CARTO_Pt	Classe d'entité	Point	Base cartographique de la carte de risque d'inondation (CRI). Elle représente les zones cartographiques.
S_CARTO_Ln	Classe d'entité	Polyline	Base cartographique de la carte de risque d'inondation (CRI). Elle contient les cours d'eau, les réseaux de transports,....
S_CARTO_Pt	Classe d'entité	Polygone	Base cartographique de la carte de risque d'inondation (CRI). Elle contient les sources hydrographiques, ou ce qu'on appelle les points d'eau, les points de transports...
S_ZN_BATI_Pt	Classe d'entité	Point	Zones urbaines soumises au risque d'inondation
S_INFRA_Ln	Classe d'entité	Polyline	Infrastructures soumises au risque d'inondation
S_ZN_OCCUP_Pt	Classe d'entité	Polygone	Zones d'occupation du sol soumis au risque d'inondation
BASSIN_HYDRO	Classe d'entité	Polygone	Bassins hydrographiques et sous-bassins à l'échelle nationale
S_BRGE_Pt	Classe d'entité	Point	Localisation des barrages construit en travers d'un cours d'eau et destiné à réguler le débit.
S_CS_BRGE_Ln	Classe d'entité	Polyline	Profils topographiques utilisés pour la modélisation des inondations d'un barrage dans BDRI
S_DIGUE_VIOLATION_Pt	Classe d'entité	Point	Informations sur les éléments de protection et de drainage le long d'une digue pour identifier le risque d'inondation dans ces points
S_DIGUE_Ln	Classe d'entité	Polyline	Localisation des digues construit en travers d'un cours d'eau
S_DIGUE_ELEMENT_Pt	Classe d'entité	Point	Éléments de protection et de drainage le long d'une digue
S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	Classe d'entité	Polyline	Informations sur le franc bord le long de la digue.
S_ZN_INOND_Pt	Classe d'entité	Polygone	Zones inondables dans un bassin versant pour différents scénarios.
S_CS_DIG_Pt	Classe d'entité	Point	Courbe de tarage de la digue
S_INOND_COTR_Pt	Classe d'entité	Polygone	Zones côtières inondées par les eaux de mer
S_RISQ_VAGUE_Pt	Classe d'entité	Polygone	Niveau de risque des vagues dans le littoral
S_BDRI_LOCAL	Classe d'entité	Polygone	Différents détails sur un étendu bien défini
S_CRI_LGND_Ln	Classe d'entité	Polyline	Description de la légende des lignes dans CRI
MODEL_BDRI	Table		Modèles utilisés dans la BDRI
ETUDE_BDRI	Table		Différentes études dans BDRI
RRI_ArcGis_Diagrammer	Table	_	Texte personnalisé généré par ArcGis Diagrammer
RRI_IMG	Table	_	Image personnalisée dans RRI. Elle contient toutes les images de CRI.
L_CRB_TARAGE_DIG	Table	_	Informations sur la courbe de tarage de la digue.
L_CS_BRGE_MDL	Table	_	Résultats des profils topographiques d'un modèle
L_BRGE_SCENARIO	Table	_	Scénario d'un barrage
L_DIGUE_SCENARIO	Table	_	Scénario d'une digue
L_EV_RISQ_URB	Table	_	Evaluation des risques des zones urbaines
L_EV_RISQ_INFRA	Table	_	Evaluation des risques des infrastructures
L_EV_RISQ_OCCUP	Table	_	Evaluation des risques d'occupation de sol
L_SOURCE	Table	_	Origine des données sources

Plus les classes d'entité et les tables stockées dans la Géodatabase, des classes Rasters sont créés pour représenter les événements d'inondations. Le tableau 45 montre une liste des classes rasters.

Tableau 45 : Images raster créés dans la BDRI

Nom BDRI_Raster	Description
ES_T_02	Elévation de surface d'eau pour une période de retour T=2
ES_T_10	Elévation de surface d'eau pour une période de retour T=10
ES_T_50	Elévation de surface d'eau pour une période de retour T=50
ES_T_100	Elévation de surface d'eau pour une période de retour T=100
V_T_02	Vitesse d'écoulement des eaux pour une période de retour T=2
V_T_10	Vitesse d'écoulement des eaux pour une période de retour T=10
V_T_50	Vitesse d'écoulement des eaux pour une période de retour T=50
V_T_100	Vitesse d'écoulement des eaux pour une période de retour T=100

- Champs obligatoires et facultatives dans la BDRI

La plupart des tables et des classes d'entité dans la BDRI ont des champs obligatoires comme :

BASSIN_HYDRO	Identifiant d'un bassin hydrographique
BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée
L_SOURCE	Enregistrement de chaque source de données utilisée dans la BDRI

- Clé primaire et étrangère

Certains champs, dans la base de données de risque d'inondation, tels que le numéro d'identification unique ObjectID et le champ Shape, sont automatiquement ajoutés, renseignés et gérés par ArcGIS. ObjectID est une clé primaire interne contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités. Le champ SHAPE définit le type de forme stocké dans la classe d'entités : point, ligne, polygone, multipoint, ou multipatch (ESRI, 2012).

Dans la base de données risque d'inondation, la clé primaire permet également de gérer les relations entre les tables. Un champ ID est automatiquement ajouté à la table attributaire. Le champ est renseigné avec des valeurs uniques pour chaque enregistrement de la table. Ces valeurs sont générées par la Géodatabase. Par exemple, dans la classe d'entité S_CARTO_PI, la clé primaire est ID_CARTO_PI.

5-1-2.2. Modèles conceptuels de données

Le modèle conceptuel UML est créé à l'aide d'outils Enterprise Architect de Sparx Systems (Sparx, 2017). Ce dernier utilise le langage XML de Géodatabase. Le document XML peut ensuite être importé dans Enterprise Architect (Fig. 59) pour fournir un modèle visuel de notre Géodatabase, basé sur la notation UML standard (ESRI, 2015).

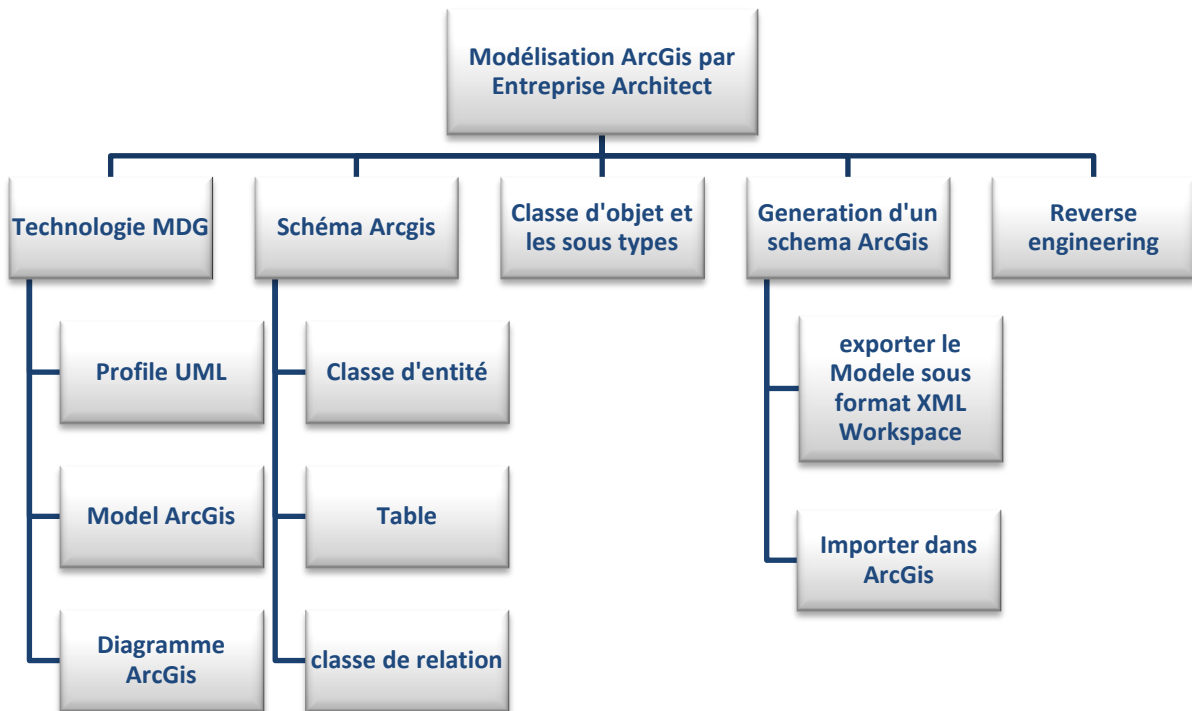


Figure 59 : Schéma conceptuel d'un Model ArcGis par le logiciel Entreprise Architect sous UML (Sparx, 2017)

Un diagramme de classes a été élaboré afin de représenter de manière générale la structure statique du système. La modélisation objet est choisie comme méthodologie. Les composants du système sont représentés par des classes d'objets et des relations entre ces classes.

Le système d'information pour la gestion des données issues de l'expérimentation en milieu naturel comporte 20 classes (Figs. 60 et 61). Ce diagramme est déduit de l'étude des besoins.

Le modèle conceptuel de données se focalise sur les données résultantes du processus de cartographie des risques d'inondations notamment :

- Prise en compte des ouvrages de protection contre les inondations sont dépendantes du scénario étudié ;
- Caractérisation du risque se fait au moyen d'une liste fixée d'enjeux à représenter sur la carte du risque d'inondation.

Le modèle conceptuel de données est présenté dans un seul diagramme.

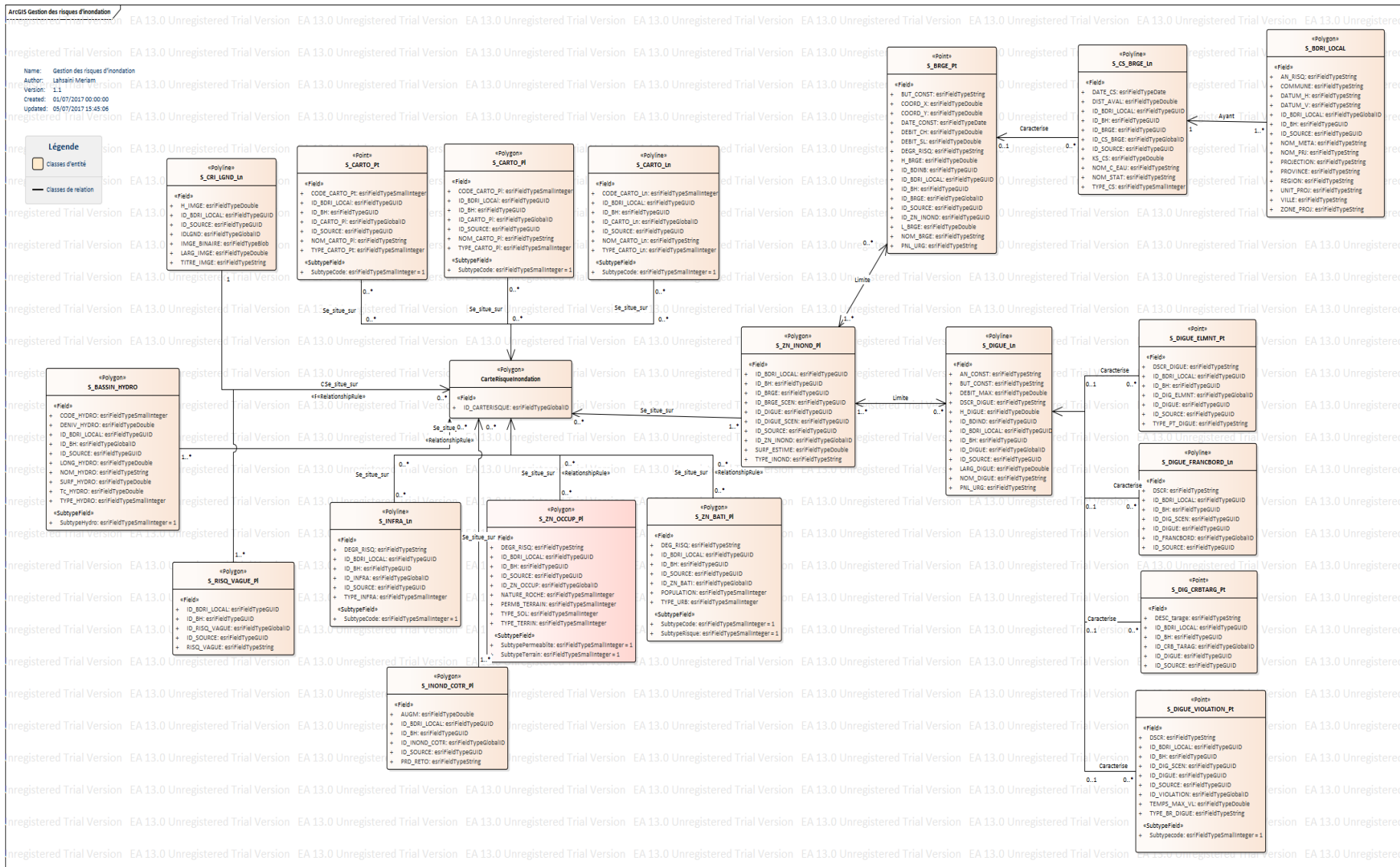


Figure 60 : Diagramme de classe sous le logiciel Enterprise Architect

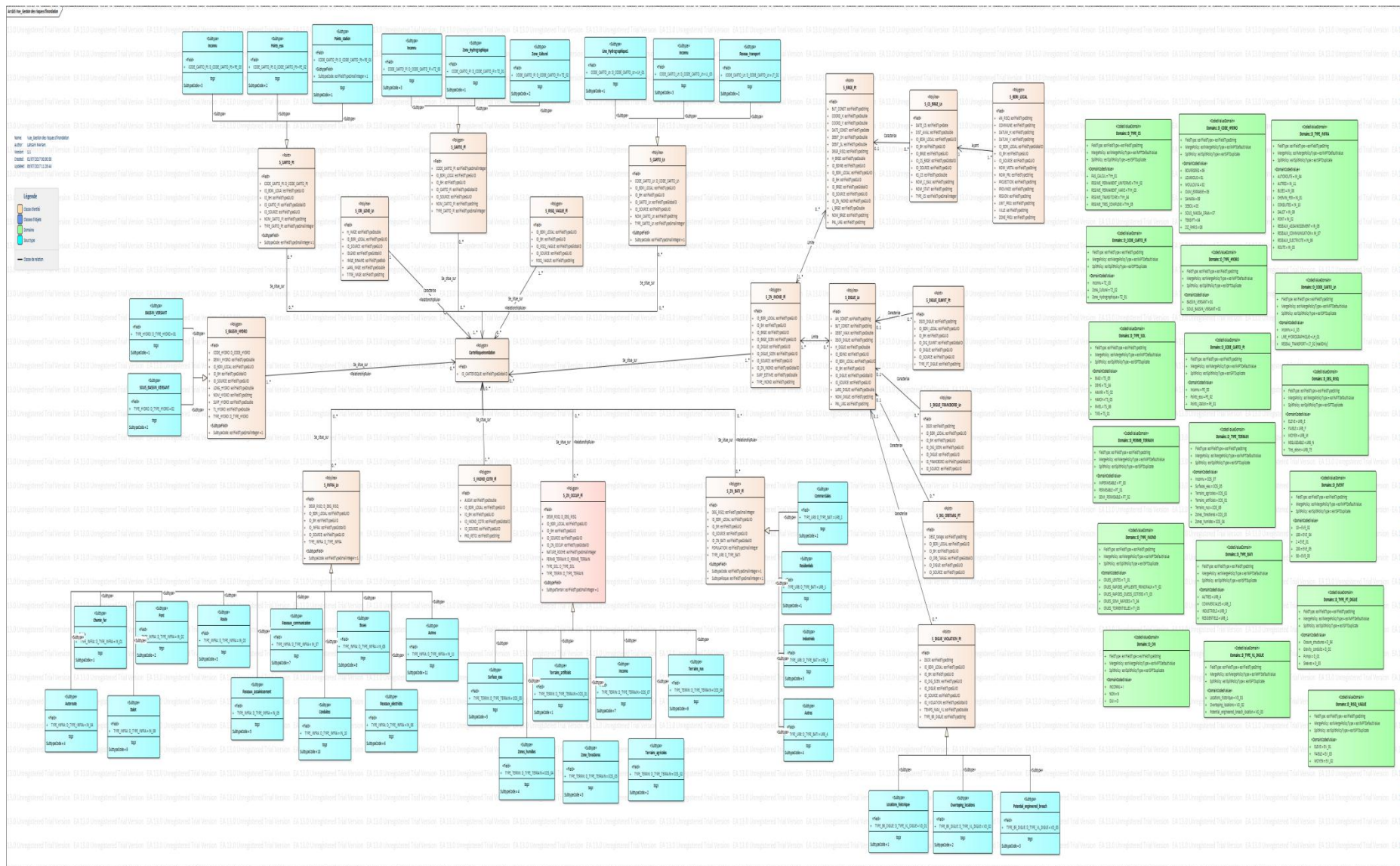


Figure 61 : Diagramme de classe sous le logiciel Enterprise Architect (tous les domaines et sous types sont affichés)

5-1-3. Création d'une Géodatabase fichier

La Géodatabase fichier est la solution idéale pour travailler avec des jeux de données basés sur des fichiers dans le cadre d'un projet SIG, pour un usage personnel et en petits groupes de travail. Elle offre des performances élevées et peut facilement évoluer pour contenir des volumes de données extrêmement élevés sans que l'utilisation d'un SGBD ne soit nécessaire (ESRI, 2013). En outre, elle est portable à travers les systèmes d'exploitation.

Le modèle de la BDRI développé sur Entreprise Architect comprend des classes d'entités (FeatureDataset) comprenant des entités reliées par des relations topologiques et partagées sur la même référence spatiale (projection et datum) (Fig. 62). Il comprend dans le détail à deux jeux de classe d'entité : le jeu de classe BDRI_RASTER et le jeu de classe BDRI.

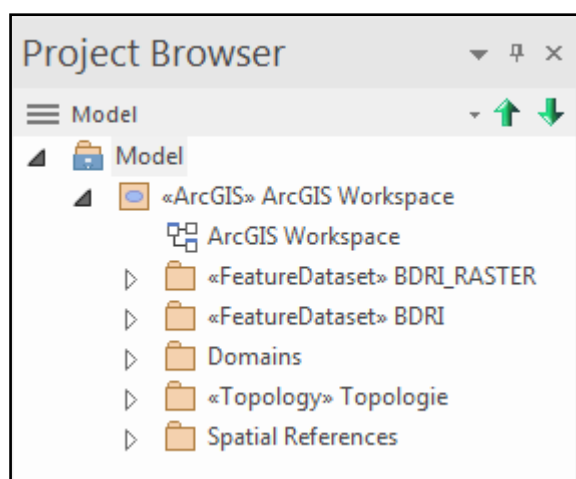


Figure 62 : Modèle de la BDRI sur Entreprise Architect

Le jeu de classe BDRI stocke des données spatiales et les classes de relations. La figure 63 montre le jeu de classe BDRI développé sur le logiciel Entreprise Architect.

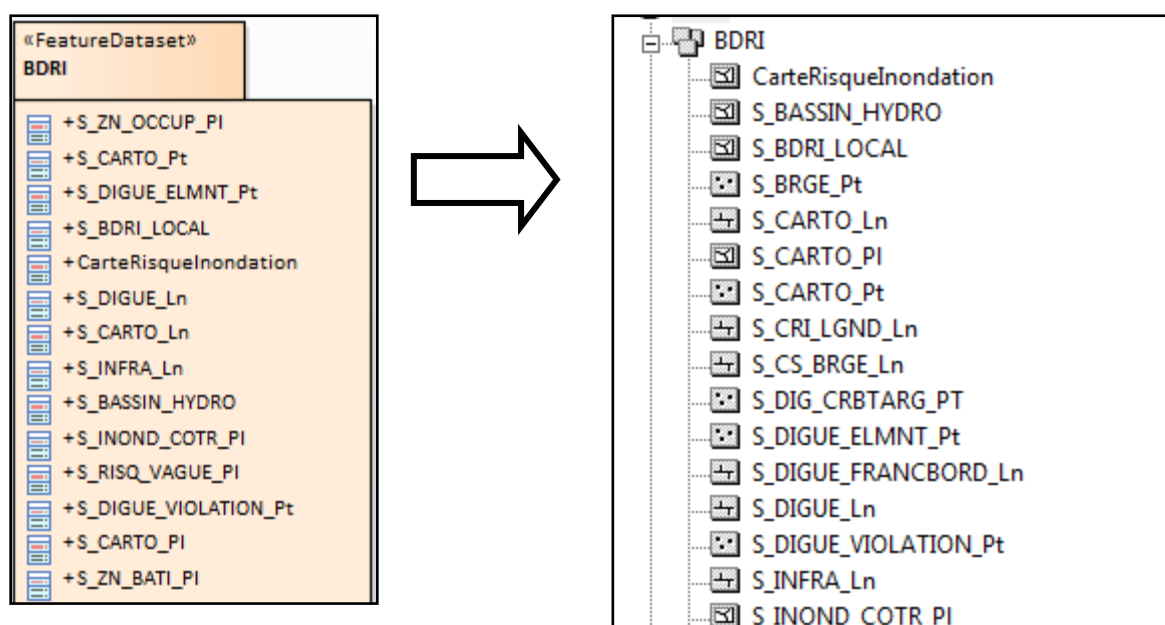


Figure 63 : Feature Dataset « BDRI »

Les tables attributaires et les classes d'entités présent dans la BDRI sont caractérisées par :

- ❖ Introduction : c'est un petit paragraphe décrit la table attributaire ou bien la classe d'entité
- ❖ Champs attributaires : description des champs attributaires

- ❖ Domaines : description des domaines
- ❖ Relations : description des relations entre les tables
- ❖ Propriétés des champs attributaires : c'est le schéma de la table ou bien la classe d'entité dans une Géodatabase. La figure 64 montre un exemple de schémas et de correspondance.

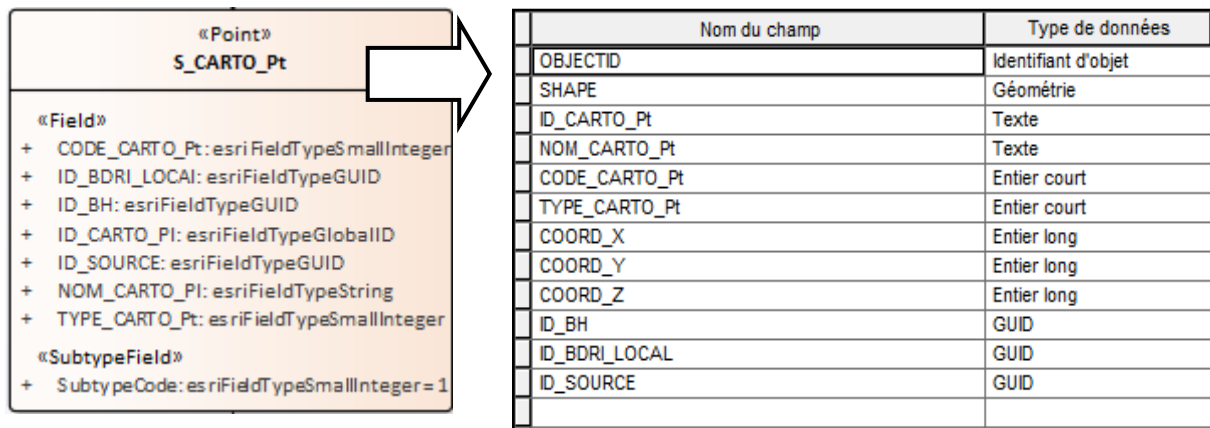


Figure 64 : Classe d'entité (S_Carto_Pt) sous Entreprise Architect et sa correspondance en Classe d'entité sous ArcCatalog

La base de données risque d'inondation utilise les domaines attributaires pour décrire les valeurs valides d'un type de champ, en fournissant une méthode pour assurer l'intégrité des données. La figure 65 représente la liste des domaines attributaires créé pour standardiser la base de données BDRI.

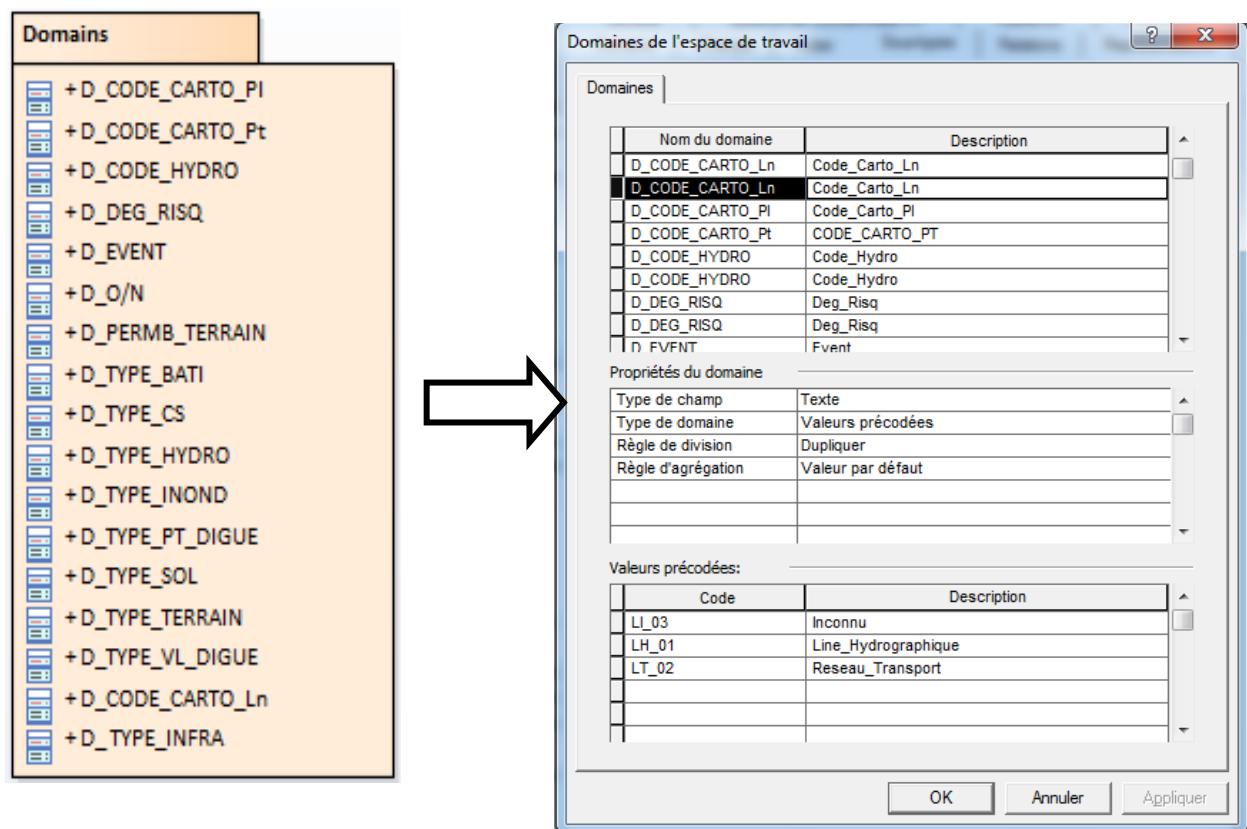


Figure 65 : Listes des domaines sous Entreprise Architect et sa correspondance en sous ArcCatalog

Classe de relations : les objets de l'origine correspondent aux objets de la destination via les valeurs de leurs champs clés. Les champs clés peuvent porter des noms différents mais le type de données est le même et ils doivent contenir le même type d'informations. Chaque clé utilise une abréviation désignant le nom de champ et leur type. Ces abréviations sont définies ci-dessous :

- PK : Primary key, est une clé primaire interne utilisée par ArcGis. Il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités.
- UPK: User defined primary key, est un identifiant unique utilisé pour définir la clé primaire d'une table ou classe d'entité.
- FK: Foreign key, est une clé étrangère qui relie UPK par une autre table.

Jeu de données Raster : est un ensemble de cellules disposées en lignes et colonnes fréquemment utilisées dans les SIG. Les rasters permettent de représenter toutes les informations géographiques (entités, images et surfaces) et ils sont dotés d'un jeu complet d'opérateurs de géotraitement analytique. Outre le fait que les rasters constituent un type de données universel pour le stockage d'images dans les SIG, ils sont utilisés massivement pour représenter les entités, ce qui permet à tous les objets géographiques d'être utilisés dans la modélisation et l'analyse par raster (ESRI, 2013).

5-1-4. Structure de la Géodatabase BDRI

Le schéma la Géodatabase d'ArcGIS comprend 19 classes d'entités, 12 tables, 43 domaines et des classes de relation. Nous présentons ci-dessous :

- les définitions et représentation géographique de chaque type de classe d'entité ou table. Les descriptions des champs attributaires et les propriétés des champs attributaires pour chaque classe d'entité ou table sont présentées en Annexe 3
- les domaines associés à chaque type de classe d'entité ou table. Les domaines correspondent à des listes déroulantes que l'on peut intégrer dans les tables attributaires. Ils sont accessibles par tous les jeux d'entités situés à l'intérieur de celles-ci. Les détails descriptifs des domaines sont présentés en Annexe 4. Le tableau de l'Annexe 5 résume la liste des domaines qui entrent en relation avec les tables à travers des codes de champ.
- les classes de relation pour chaque type de classe d'entité ou table. Le tableau de l'Annexe 6 montre toutes les classes de relations dans la Géodatabase BDRI.

a- **LES CLASSES D'ENTITES**

❖ **Classe d'entité S_CARTO_PI**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_CARTO_PI
- **Représentation géographique :** polygone
- **Définition :** Cette classe d'entité représente une base cartographique de la Carte de Risque d'Inondation (CRI). Elle représente les zones cartographiques. Elle est liée à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données.
- **Domaines associés :**
 - D_TYPE_CARTO_PI
 - D_CODE_CARTO_PI
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
CARTOPI_BASSIN_HYDRO	S_CARTO_PI	S_BASSIN_HYDRO
CARTOPI_SOURCE	S_CARTO_PI	L_SOURCE
CARTOPI_BDRILocal	S_CARTO_PI	S_BDRI_LOCAL

❖ **Classe d'entité S_CARTRO_Ln**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_CARTRO_Ln
- **Représentation géographique :** Polyline
- **Définition :** Cette classe d'entité est constituée une base cartographique de Carte du Risque d'Inondation (CRI). Elle contient les cours d'eau, les réseaux de transports,..., Chaque cours d'eau, et chaque type de réseau est doté d'un code national. Elle est liée à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données.
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_CARTO_Ln
 - o D_CODE_CARTO_Ln
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
CARTOLn_BASSIN_HYDRO	S_CARTO_Ln	S_BASSIN_HYDRO
CARTOLn_SOURCE	S_CARTO_Ln	L_SOURCE
CARTOLn_BDRILOCAI	S_CARTO_Ln	S_BDRI_LOCAI

❖ **Classe d'entité S_CARTO_Pt**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_CARTO_Pt
- **Représentation géographique :** Point
- **Définition :** Cette classe d'entité est constituée une base cartographique de Carte du Risque d'Inondation (CRI). Elle contient les sources hydrographiques, ou ce qu'on appelle les points d'eau, les points de transports... Chaque point est doté d'un code national. Il est localisé par ses coordonnées géographiques dans le cadre d'un système de projection et rattaché à la commune sur le territoire de laquelle, il est situé. Cette classe d'entité lie à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données.
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_CARTO_Pt
 - o D_CODE_CARTO_Pt
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
CARTOPt_BASSIN_HYDRO	S_CARTO_Pt	S_BASSIN_HYDRO
CARTOPt_SOURCE	S_CARTO_Pt	L_SOURCE
CARTOPt_BDRILOCAI	S_CARTO_Pt	S_BDRI_LOCAI

❖ **Classe d'entité S_ZN_BATI_PI**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_ZN_BATI_PI
- **Représentation géographique :** polygone
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les bâtiments soumis au risque d'inondation dans une BDRI. Les résultats d'évaluation des risques sont stockés dans la table L_EV_RISQ_BATI, Cette classe d'entité doit contenir un enregistrement pour chaque Zone Bâti. Elle est liée à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données.
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_BATI
 - o D_DEG_RISQ
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
ZNBATI_BASSIN_HYDRO	S_ZN_BATI_PI	S_BASSIN_HYDRO
ZNBATI_SOURCE	S_ZN_BATI_PI	L_SOURCE
ZNBATI_BDRILOCAI	S_ZN_BATI_PI	S_BDRI_LOCAI
ZNBATI_EV_RISQ_URB	S_ZN_BATI_PI	L_EV_RISQ_URB

❖ **Classe d'entité S_INFRA_Ln**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_INFRA_Ln

- **Représentation géographique :** Polyline
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les infrastructures soumis au risque d'inondation dans une BDRI. Les résultats d'évaluation des risques sont stockés dans une autre table L_EV_RISQ_INFRA. Cette classe d'entité doit contenir un enregistrement pour chaque infrastructure. Elle est liée à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_INFRA
 - o D_DEG_RISQ
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
INFRA Ln BASSIN_HYDRO	S_INFRA_Ln	S_BASSIN_HYDRO
INFRA Ln SOURCE	S_INFRA_Ln	L_SOURCE
INFRA Ln BDRILOCAI	S_INFRA_Ln	S_BDRI_LOCAI
INFRA Ln EV_RISQ_INFRA	S_INFRA_Ln	L_EV_RISQ_INFRA

❖ **Classe d'entité S_ZN_OCCUP_PI**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_ZN_OCCUP_PI
- **Représentation géographique :** polygone
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les terrains soumis au risque d'inondation dans un BDRI. Les résultats d'évaluation des risques sont stockés dans une autre table L_EV_RISQ_OCCUP. Cette classe d'entité doit contenir un enregistrement pour chaque ZN_OCCUP. Elle est liée à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données.
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_TERRAIN
 - o D_NATURE_ROCHE
 - o D_TYPE_SOL
 - o D_PERMB_TERRAIN
 - o D_DEGR_RISQ
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
ZNOCCUP_BASSIN_HYDRO	S_ZN_OCCUP_PI	S_BASSIN_HYDRO
ZNOCCUP_SOURCE	S_ZN_OCCUP_PI	L_SOURCE
ZNOCCUP_BDRILOCAI	S_ZN_OCCUP_PI	S_BDRI_LOCAI
ZNOCCUP_EV_RISQ_OCCUP	S_ZN_OCCUP_PI	L_EV_RISQ_OCCUP

❖ **Classe d'entité S_BASSIN_HYDRO**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_BASSI_HYDRO
- **Représentation géographique :** polygone
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les bassins hydrographiques et les sous bassins à l'échelle nationale. Le Maroc est divisé en 9 grands bassins, chaque bassin est subdivisé en sous bassin. Cette classe d'entité est liée à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données.
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_HYDRO
 - o D_CODE_HYDRO
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
BASSINHYDRO_SOURCE	S_BASSIN_HYDRO	L_SOURCE
BASSINHYDRO_BDRILOCAI	S_BASSIN_HYDRO	S_BDRI_LOCAI

❖ **Classe d'entité S_BRGE_Pt**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_BRGE_Pt
- **Représentation géographique :** Point

- **Définition :** Cette classe d'entité représente la localisation des barrages construit en travers d'un cours d'eau et destiné à réguler le débit. Les barrages amont des cours d'eau sont considérés parmi les ouvrages de protection.
- **Domaines associés :**
 - o D_DEG_RISQ
 - o D_O/N :
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
BRGE_ZNINOND	S_BRGE_Pt	S_ZN_INOND
BRGE_BDRILocal	S_BRGE_Pt	S_BDRI_LOCAL
BRGE_BASSINHYDRO	S_BRGE_Pt	S_BASSIN_HYDRO
BRGE_BDINB	S_BRGE_Pt	S_BDINB_PT
BRGE_SOURCE	S_BRGE_Pt	L_SOURCE

❖ **Classe d'entité S_CS_BRGE_Ln**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_CS_BRGE_Ln
- **Représentation géographique :** Polyline
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les profils topographiques selon le type de modélisation hydraulique effectuée sur chaque événement, appliqué sur un barrage. Cette classe d'entité est liée à la table L_CS_BRGE
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_CS
 - o D_NOM_STAT
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
CS_BRGE_SOURCE	S_CS_BRGE_Ln	L_SOURCE
CS_BRGE_BASSIN_HYDRO	S_CS_BRGE_Ln	S_BASSIN_HYDRO
CS_BRGE_PT	S_CS_BRGE_Ln	S_BRGE_Pt
CS_BRGE_BDRILocal	S_CS_BRGE_Ln	S_BDRI_LOCAL

❖ **Classe d'entité S_DIGUE_Ln**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_DIGUE_Ln
- **Représentation géographique :** Polyline
- **Définition :** Cette classe d'entité représente la localisation de la digue construit en travers d'un cours d'eau et destiné à empêcher la submersion des basses-terres
- **Domaines associés :**
 - o D_O/N
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
DIGUE_SOURCE	S_DIGUE_Ln	L_SOURCE
DIGUE_BDRIND	S_DIGUE_Ln	S_BDIND_PI
DIGUE_BDRILocal	S_DIGUE_Ln	S_BDRI_LOCAL
DIGUE_BASSINHYDRO	S_DIGUE_Ln	S_BASSIN_HYDRO

❖ **Classe d'entité S_DIGUE_VIOLATION_Pt**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_DIGUE_VIOLATION_Pt
- **Représentation géographique :** point
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les informations sur les éléments de protection et de drainage le long d'une digue pour identifier le risque d'inondation dans ces points
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_VL_DIGUE

- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
DIGUEVIOL_SOURCE	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	L_SOURCE
DIGUEVIOL_DIGUESCEN	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	S_DIGUE_SCEN
DIGUEVIOL_BASSINHYDRO	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	S_BASSIN_HYDRO
DIGUEVIOL_BDRILocal	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	S_BDRI_LOCAL
DIGUEVIOL_DIGUE	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	S_DIGUE_Ln

❖ **Classe d'entité S_DIGUE_ELEMENT_Pt**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_DIGUE_ELMNT_Pt
- **Représentation géographique :** point
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les informations sur les éléments de protection et de drainage le long d'une digue
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_PT_DIGUE
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
DIGUEELMNT_SOURCE	S_DIGUE_ELMNT_Pt	L_SOURCE
DIGUEELMNT_BASSINHYDRO	S_DIGUE_ELMNT_Pt	S_BASSIN_HYDRO
DIGUEELMNT_BDRILocal	S_DIGUE_ELMNT_Pt	S_BDRI_LOCAL
DIGUEELMNT_DIGUE	S_DIGUE_ELMNT_Pt	S_DIGUE_Ln

❖ **Classe d'entité S_DIGUE_FRANCBORD_Ln**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_DIGUE_FRANCBORD_Ln
- **Représentation géographique :** Polyline
- **Définition :** Cette classe d'entité représente des informations sur le franc bord le long de la digue. On a deux types de Franc bord :
 - Franc bord naturel dans lequel une banquette formée par des alluvions que le fleuve dépose pendant ses crues.
 - Franc bord artificiel dans lequel un bout de terrain entre la rive et le pied du Talus
- **Domaines associés :**
 - o Il n'y a pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
DIGUEFRAN_SOURCE	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	L_SOURCE
DIGUEFRAN_DIGUESCEN	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	S_DIGUE_SCEN
DIGUEFRAN_BASSINHYDRO	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	S_BASSIN_HYDRO
DIGUEFRAN_BDRILocal	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	S_BDRI_LOCAL
DIGUEFRAN_DIGUE	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	S_DIGUE_Ln

❖ **Classe d'entité S_CS_DIG_Pt**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_CS_DIG_Pt
- **Représentation géographique :** point
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les informations sur les points des éléments de protection et de drainage le long d'une digue dans lesquels une courbe de tarage est développée
- **Domaines associés :**
 - o Il n'y a pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
------------------------------	------------------	----------------------

DIGUECRBTARG_SOURCE	S_DIGUE_CRB_TARG_Pt	L_SOURCE
DIGUECRBTARG_BASSINHYDRO	S_DIGUE_CRB_TARG_Pt	S_BASSIN_HYDRO
DIGUECRBTARG_BDRILocal	S_DIGUE_CRB_TARG_Pt	S_BDRI_LOCAL
DIGUECRBTARG_DIGUE	S_DIGUE_CRB_TARG_Pt	S_DIGUE_Ln

❖ **Classe d'entité S_INOND_COTR_PI**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_INOND_COTR_PI
- **Représentation géographique :** polygone
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les zones côtières inondées par les eaux de mer. Cette étendue est en fonction de l'élévation des eaux de crue pénétrantes en vagues de submersion qui est contrôlée par la topographie du terrain.

Concernant notre pays, une étude a été réalisée en 2011 par la banque mondiale sur « adaptation au changement climatique et aux désastres naturels des villes côtières d'Afrique du Nord ». La partie consacrée au Maroc s'intitule « Evaluation des risques en situation actuelle et à l'horizon 2030 pour la ville de Casablanca et la vallée du Bouregreg ».

Dans un premier temps, cette étude fait une estimation de l'impact économique des principaux désastres naturels ayant touché le Maroc ces dernières années. A la troisième place, l'inondation en 2002 (1680000000 dirhams) (BM, 2011).

Cette classe d'entité est liée à la table L_SOURCE

- **Domaines associés :**
 - o D_EVENT
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
INONDCOTR_SOURCE	S_INOND_COTR_PI	L_SOURCE
INONDCOTR_BDRILocal	S_INOND_COTR_PI	S_BDRI_LOCAL
INONDCOTR_BASSINHYDRO	S_INOND_COTR_PI	S_BASSIN_HYDRO

❖ **Classe d'entité S_RISQ_VAGUE_PI**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_RISQ_VAGUE_PI
- **Représentation géographique :** polygone
- **Définition :** Cette classe d'entités représente le niveau de risque des vagues dans le littoral. Cette classe d'entité est liée à la table L_SOURCE.
- **Domaines associés :**
 - o D_RISQ_VAGUE
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
RISQVAGUE_SOURCE	S_RISQ_VAGUE_PI	L_SOURCE
RISQVAGUE_BDRILocal	S_RISQ_VAGUE_PI	S_BDRI_LOCAL
RISQVAGUE_BASSINHYDRO	S_RISQ_VAGUE_PI	S_BASSIN_HYDRO

❖ **Classe d'entité S_ZN_INOND_PI**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_ZN_INOND_PI
- **Représentation géographique :** polygone
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les zones inondables dans un bassin versant pour différents scénarios
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_INOND
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
------------------------------	------------------	----------------------

ZNINOND_SOURCE	S_ZN_INOND_PI	L_SOURCE
ZNINOND_DIGUE	S_ZN_INOND_PI	S_DIGUE_Ln
ZNINOND_BRGE	S_ZN_INOND_PI	S_BRGE_Pt
ZNINOND_LOCAL	S_ZN_INOND_PI	S_BDRI_LOCAL
ZNINOND_SCNB	S_ZN_INOND_PI	L_BRGE_SCEN
ZNINOND_SCND	S_ZN_INOND_PI	L_DIGUE_SCEN
ZNINOND_BASSINHYDRO	S_ZN_INOND_PI	S_BASSIN_HYDRO

❖ **Classe d'entité S_BDRI_LOCAL**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_BDRI_LOCAL
- **Représentation géographique :** polygone
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les différents détaille de notre travail sur un étendu bien définie, ou bien une portion de la base de données de risque d'inondation, elle est représentée par un seul enregistrement.

Chaque zone de travail est identifiée par un code alphanumérique. Cette nomenclature rassemble les libellés et les codes de zones géographiques délimitées qui correspondent à la majorité des unités administratives du pays ; les unités administratives concernées sont les régions, les provinces et les communes.

Cette classe d'entité est liée à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données.

- **Domaines associés :**
 - o D_REGION
 - o D_COMMUNE
 - o D_PROVINCE
 - o D_ZONE_PROJ

- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
BDRILocal_SOURCE	S_BDRI_LOCAL	L_SOURCE
BDRILocal_BASSINHYDRO	S_BDRI_LOCAL	S_BASSIN_HYDRO

❖ **Classe d'entité S_CRI_LGND_Ln ID 112**

- **Nom de la classe d'entité (Aléa)/Abréviation:** S_CRI_LGND_Ln
- **Représentation géographique :** Polyline
- **Définition :** Cette classe d'entité représente la description la légende dans CRI qui est destinée à améliorer la lecture de la Carte de risque d'inondation CRI. Cette classe d'entité est liée à la table L_SOURCE pour enregistrer les sources de données
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
CRILGND_SOURCE	S_CRI_LGND_Ln	L_SOURCE
CRILGND_BASSINLOCAL	S_CRI_LGND_Ln	S_BASSIN_LOCAL

b- LES TABLES

❖ **Table : MODEL_BDRI**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation:** MODEL_BDRI
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette table décrit les modèles les plus utilisés pour gérer les risques d'Inondation. Chaque polygone de la classe d'entité S_ZN_INOND_PI est repéré à un enregistrement de la table Model_BDRI pour délimiter les plaines inondables. Cette table est reliée à la classe d'entité S_ZN_INOND_PI
- **Domaines associés :**
 - o D_TYP_ETUD
 - o D_MDL_HYG

- D_MDL_HYR
- D_MDL_VAGUE

- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originale	Table de destination
MODELBDRI_SOURCE	MODEL_BDRI	L_SOURCE
MODELBDRI_BASSINLOCAL	MODEL_BDRI	S_BASSIN_LOCAL

❖ **Table : ETUDE_BDRI**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation:** ETUDE_BDRI
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette classe d'entité représente les différentes études faites dans BDRI
- **Domaines associés :**
 - Il n'y a pas des domaines dans cette table.
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originale	Table de destination
ETUDE_BASSINLOCAL	ETUDE_BDRI	S_BASSIN_LOCAL

❖ **Table : RRI_ArcGis_Diagrammer**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation:** RRI_ArcGis_Diagrammer
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Ce tableau représente un texte personnalisé qui est généré par ArcGis Diagrammer et on peut l'exporter sous format XML
- **Domaines associés :**
 - Il n'y a pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originale	Table de destination
RRIDIAGRAMMER_BASSINLOCAL	RRI_ArcGis_Diagrammer	S_BASSIN_LOCAL

❖ **Table : RRI_IMG**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation:** RRI_IMG
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette table stocke des images personnalisées incluent dans un Rapport de Risque d'Inondation RRI. Elle contient toutes les images de CRI
- **Domaines associés :**
 - Il n'y a pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originale	Table de destination
RRIIMG_BASSINLOCAL	RRI_IMG	S_BASSIN_LOCAL

❖ **Table: L_CRB_TARAG_DIG**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation:** L_CRB_TARAG_DIG
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette table représente les informations sur la courbe de tarage d'un point le long d'une digue
- **Domaines associés :**
 - Il n'y a pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originale	Table de destination
CRBTARAGDIG_CS_DIG_Pt	L_CRB_TARAG_DIG	S_CS_DIG_Pt
CRBTARAGDIG_DIGUESCENARIO	L_CRB_TARAG_DIG	L_DIGUE_SCENARIO

CRBTARAGDIG_BASSINHYDRO	L_CRB_TARAG_DIG	S_BASSIN_HYDRO
CRBTARAGDIG_BDRILocal	L_CRB_TARAG_DIG	S_BDRI_LOCAL
CRBTARAGDIG_SOURCE	L_CRB_TARAG_DIG	L_SOURCE

❖ **Table: L_DIGUE_SCENARIO**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation:** L_DIGUE_SCENARIO
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette table décrit le scénario de rupture d'une digue. Ce scénario est une combinaison entre l'événement d'inondation, Accréditation statut, et les types de risque d'inondation. Le tableau suivant présente le scénario d'une digue (FEMA, 2013):

Événement d'inondation (D_Digue_event)	Accréditation statut (D_Digue_Accrédité)	Types de risque d'inondation (D-Type_inond)
T= 2 ans T= 10 ans T= 20 ans T= 50 ans T= 100 ans	A-accrédité P-Provisoirement accrédité N-Non-accrédité	F - Fluvial C - Côtières D - Barrage A - Autres

- **Domaines associés :**
 - o Il n ya pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
DIGSCEN_MODELBDRI	L_DIGUE_SCENARIO	MODEL_BDRI
DIGSCEN_BRGE_SCENARIO	L_DIGUE_SCENARIO	L_BRGE_SCENARIO
DIGSCEN_BDRILocal	L_DIGUE_SCENARIO	S_BDRI_LOCAL
DIGSCEN_SOURCE	L_DIGUE_SCENARIO	L_SOURCE

❖ **Table: L_BRGE_SCEN**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation:** L_BRGE_SCEN
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette table décrit le scénario de rupture d'un barrage .ce scénario est une combinaison entre l'événement d'inondation, type de déclenchement de barrage, et les conditions de réservoir au temps de déclenchement. Le tableau suivant présente le scénario de rupture d'un barrage (FEMA, 2015):

Événement d'inondation (D_Barrage_event)	Type de déclenchement (D_Type_Declch)	Conditions de réservoir (D-Cond_réservoir)
T= 2 ans T= 10 ans T= 20 ans T= 50 ans T= 100 ans PMF (probabilité d'une crue max) PMF – ¼ PMF PMF – 1/3 PMF PMF – ½ PMF PMF – ¾ PMF PMP (probabilité d'une précipitation max) PMP ¼ PMP PMP-1/3 PMP PMP – ½ PMP PMP – ¾ SUN (journée ensoleillée) FOR – les inondations enregistrés	P - Canalisation O- Débordement G- Gate failure	F - Débordé N-normal A-Déversoirs auxiliaires P- Déversoir principal W- Sans barrage

- **Domaines associés :**
 - o Il n ya pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
BRGSCEN_BDRILocal	L_BRGE_SCEN	S_BDRI_LOCAL
BRGSCEN_MODELBDRI	L_BRGE_SCEN	MODEL_BDRI
BRGSCEN_SOURCE	L_BRGE_SCEN	L_SOURCE

❖ **Table: L_CS_BRGE_MDL**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation: L_CS_BRGE_MDL**
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette table représente les résultats des profils topographiques d'un modèle hydraulique, qui est appliqué à un barrage. Cette table est liée à la classe d'entité S_CS_BRGE_Ln
- **Domaines associés :**
 - o Il n ya pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
CSBRGE_MDL_BASSINLOCAL	L_CS_BRGE_MDL	S_BASSIN_LOCAL
CSBRGE_MDL_SOURCE	L_CS_BRGE_MDL	L_SOURCE
CSBRGE_MDL_BRGESCEN	L_CS_BRGE_MDL	S_BRGE_SCEN

❖ **Table: L_EV_RISQ_URB**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation: L_EV_RISQ_URB**
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette table représente l'évaluation des risques des zones urbaines à partir des résultats des études pour chaque région. Cette table est liée à la classe d'entité
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_RISQ
 - o D_EVENT
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
EVRIURB_BASSINLOCAL	L_EV_RISQ_URB	S_BDRI_LOCAL
EVRIURB_BASSINVERSANT	L_EV_RISQ_URB	SI_BASSIN_HYDRO

❖ **Table: L_EV_RISQ_INFRA**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation: L_EV_RISQ_INFRA**
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** Cette table représente l'évaluation des risques d'infrastructures à partir des résultats des études pour chaque région. Cette table est liée à la classe d'entité S_INFRA_Ln.
- **Domaines associés :**
 - o Il n ya pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
EVRIINFRA_BASSINLOCAL	L_EV_RISQ_INFRA	S_BDRI_LOCAL
EVRIINFRA_BASSINVERSANT	L_EV_RISQ_INFRA	SI_BASSIN_HYDRO

❖ **Table: L_EV_RISQ_OCCUP**

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation: L_EV_RISQ_OCCUP**
- **Représentation géographique :**

- **Définition :** Cette table représente l'évaluation des risques d'occupation du sol à partir des résultats des études pour chaque région. Cette table est liée à la classe d'entité S_ZN_OCCUP_PI
- **Domaines associés :**
 - o Il n'y a pas des domaines dans cette classe d'entité
- **Classe de relation :**

Nom de la classe de relation	Table originaire	Table de destination
EVRIQOCCUP_BASSINLOCAL	L_EV_RISQ_OCCUP	S_BDRI_LOCAL
EVRIQOCCUP_BASSINVERSANT	L_EV_RISQ_OCCUP	SI_BASSIN_HYDRO

❖ Table: L_SOURCE

- **Nom de la table (Aléa)/Abréviation:** L_SOURCE
- **Représentation géographique :**
- **Définition :** La table L_SOURCE représente l'origine des données sources. Cette table contient un enregistrement pour chaque source de données au BDRI, elle est liée avec toutes les classes d'entités dans BDRI
- **Domaines associés :**
 - o D_TYPE_REF
 - o D_FORMAT

5-1-5. Règles de topologie

La topologie représente un ensemble de règles qui permet à la Géodatabase de modéliser plus précisément des relations géométriques. Sous ArcGIS, nous avons mis en œuvre la topologie entre des classes d'entités, par l'intermédiaire d'un ensemble de règles de partage d'espaces géographiques et une série d'outils de modification fonctionnant avec les entités (ponctuelles, linéaires et surfaciques). Le tableau 45 présente les classes d'entités gérées dans une topologie partagée.

Tableau 45 - relation topologiques entre Classes d'entités

Classe d'entité	Classe de topologie	Règles de topologie
BASSIN_HYDRO_Topology	BASSIN_HYDRO	Must Be Larger Than Cluster Tolerance
BASSIN_HYDRO_Topology	BASSIN_HYDRO	Must Not Overlap
BASSIN_HYDRO_Topology	BASSIN_HYDRO	Must Not Have Gaps
BASSIN_HYDRO_Topology	BASSIN_HYDRO	Must Be Covered By feature class of
BDRI_LOCAL_Topology	S_BDRI_LOCAL	Must Be Larger Than Cluster Tolerance
BDRI_LOCAL_Topology	S_BDRI_LOCAL	Must Not Overlap
BDRI_LOCAL_Topology	S_BDRI_LOCAL	Must Not Have Gaps

5-1-6. Document d'espace de travail XML

La Géodatabase XML (Extensible Markup Language) est le mécanisme choisi pour l'échange d'informations entre des Géodatabases et d'autres systèmes externes. L'échange XML d'informations géospatiales vers et à partir de la Géodatabase est grandement simplifiée grâce à l'utilisation de la spécification XML de la base de données (ESRI, 2016).

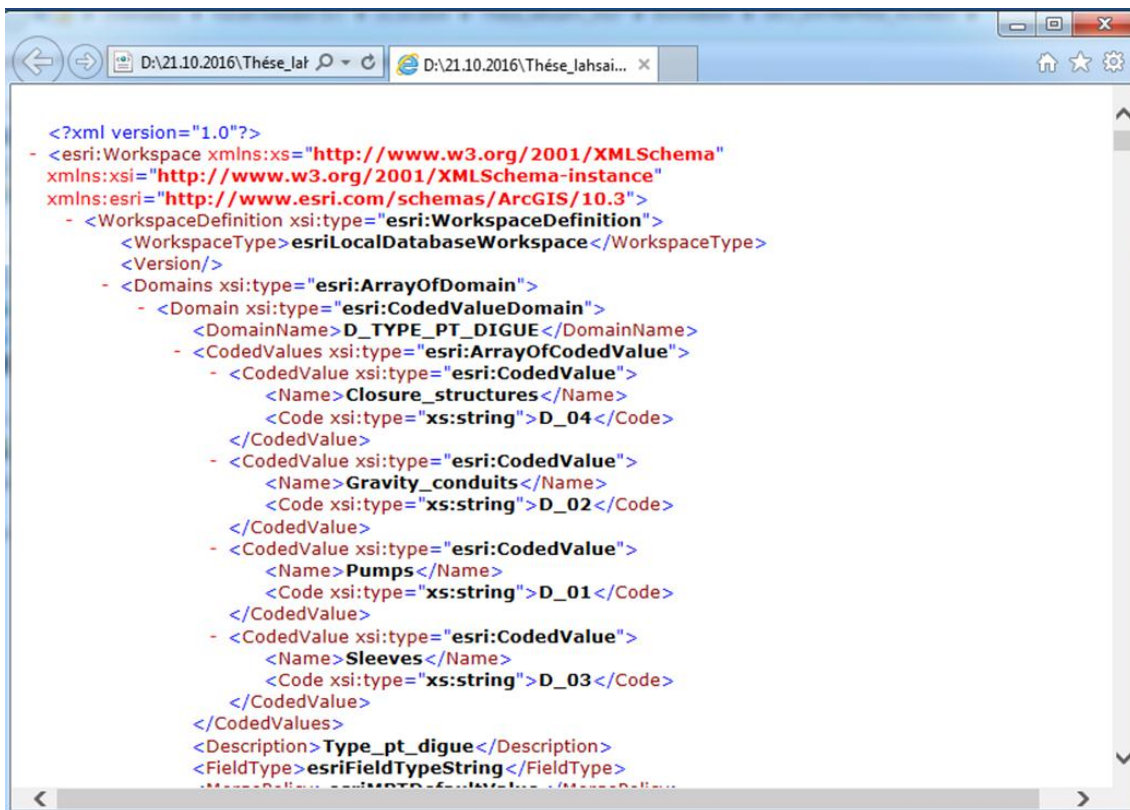
Trois types de documents XML ont été créés dans ArcGIS :

- ↗ un document d'espace de travail ;
- ↗ un jeu d'enregistrements : *data report* ;
- ↗ un document de modifications de données.

5-1-7. Document d'espace de travail

ArcGIS Diagrammer est choisit comme éditeur graphique de document XML de Géodatabase. Cette application génère des documents XML à partir de produits ArcGIS. Ces documents décrivent la structure des Géodatabases et parfois mêmes les données. Il sera ainsi possible de restituer graphiquement le schéma de la Géodatabase à partir des commandes standards XML sur d'ArcCatalog ou sur autre plate-forme SIG. Une fois le schéma restitué et parfois modifié, le document XML peut être utilisé pour recréer tout ou partie de la structure d'une Géodatabase en utilisant les commandes standards d'ArcCatalog.

ArcGIS Diagrammer couplé par le logiciel Microsoft Visio (MS-Office) permet également, à partir des documents XML de Géodatabase, de générer des rapports (HTML) récapitulant les propriétés des différents éléments d'une Géodatabase (classes d'entités, tables, relations, domaines, sous-types, règles de topologies, versions, ...) (Fig. 66).



```
<?xml version="1.0"?>
- <esri:Workspace xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:esri="http://www.esri.com/schemas/ArcGIS/10.3">
  - <WorkspaceDefinition xsi:type="esri:WorkspaceDefinition">
    <WorkspaceType>esriLocalDatabaseWorkspace</WorkspaceType>
    <Version/>
    - <Domains xsi:type="esri:ArrayOfDomain">
      - <Domain xsi:type="esri:CodedValueDomain">
        <DomainName>D_TYPE_PT_DIGUE</DomainName>
        - <CodedValues xsi:type="esri:ArrayOfCodedValue">
          - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
            <Name>Closure_structures</Name>
            <Code xsi:type="xs:string">D_04</Code>
          </CodedValue>
          - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
            <Name>Gravity_conduits</Name>
            <Code xsi:type="xs:string">D_02</Code>
          </CodedValue>
          - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
            <Name>Pumps</Name>
            <Code xsi:type="xs:string">D_01</Code>
          </CodedValue>
          - <CodedValue xsi:type="esri:CodedValue">
            <Name>Sleeves</Name>
            <Code xsi:type="xs:string">D_03</Code>
          </CodedValue>
        </CodedValues>
        <Description>Type_pt_digue</Description>
        <FieldType>esriFieldTypeString</FieldType>
      </Domain>
    </Domains>
  </WorkspaceDefinition>
</esri:Workspace>
```

Figure 66 : Géodatabase XML

5-1-8. Le rapport

Le rapport (Fig. 67) présente un résumé de la structure sommaire et une présentation détaillée de la structure de chaque élément de la Géodatabase (champs, domaines, sous-type, ...). Chaque élément du rapport peut être déplacé pour construire un document personnalisé.

Data Report						
ObjectClass Name	Type	Geometry	Subtype	Total	Extent	Snapshot
Bassin_Versant						
BV	Feature Class	Polygon	-	0	0 No Extent	-
Evenement_inondation	Feature Class	Point	Crue de plaine Crue torrentiel	0	0 No Extent	-
Occup_Sol	Feature Class	Polygon	Code 1 Code 2 Code 3	0	0 No Extent	-
Pente_BV	Feature Class	Polygon	faible Forte Moyenne très forte	0	0 No Extent	-
Zone_inondée_P_100	Feature Class	Polygon	-	0	0 No Extent	-
Evaluation_Risque						
Aléa	Feature Class	Polygon	Faible Forte Moyenne Très Forte	0	0 No Extent	-
Dégats	Feature Class	Point	Dégats_Humains Dégats_Matériels	0	0 No Extent	-
Dommages	Feature Class	Point	-	0	0 No Extent	-
Vulnérabilité	Feature Class	Point	-	0	0 No Extent	-
Organisation_Administrative						
Province	Feature Class	Polygon	-	0	0 No Extent	-
Région	Feature Class	Polygon	-	0	0 No Extent	-
Réseau_Hydraugraphique						
Profil_en_long	Feature Class	Polyline	-	0	0 No Extent	-
Profil_en_travers	Feature Class	Polyline	-	0	0 No Extent	-
RH	Feature Class	Polyline	Réseau principale Réseau secondaire Réseau Tertiaires	0	0 No Extent	-
Station_jaugeage	Feature Class	Point	-	0	0 No Extent	-
Structure_Hydraulique						
Barrage	Feature Class	Polygon	-	0	0 No Extent	-
Fossée	Feature Class	Polyline	-	0	0 No Extent	-
Ponts	Feature Class	Point	-	0	0 No Extent	-
Station_pompage	Feature Class	Point	-	0	0 No Extent	-

Figure 67 : Rapport généré par ArcGis Diagrammer

ArcGis diagrammer nous permet aussi de représenter un rapport détaillé sur toutes les classes créées dans la base de données BDRI. La figure 68 illustre la classe d'entité (S_CARTO_Pt) avec ses attributs. La figure 69 montre le rapport généré sur les domaines.

Field Name	Alias Name	Model Name	Type	Precn.	Scale	Length	Null
OBJECTID		OBJECTID	OID	0	0	4	No
Shape			Geometry	0	0	0	Yes
CODE_CARTO_Pt			String	0	0	0	Yes
ID_BDRI_LOCAL			GUID	0	0	38	Yes
ID_BH			GUID	0	0	38	Yes
ID_CARTO_PI			Global ID	0	0	0	Yes
ID_SOURCE			GUID	0	0	38	Yes
NOM_CARTO_PI			String	0	0	50	Yes
SubtypeCode			Integer	0	0	2	Yes
TYPE_CARTO_Pt			Integer	0	0	2	Yes
Subtype Name		Default Value	Domain				
ObjectClass							
CODE_CARTO_Pt							D_CODE_CARTO_PI
SubtypeCode	1						-
Inconnu (SubtypeCode=3)							
CODE_CARTO_Pt	PE_03						D_CODE_CARTO_Pt
Points_eau (SubtypeCode=2)							
CODE_CARTO_Pt	PE_02						D_CODE_CARTO_Pt
Points_station (SubtypeCode=1) [Default]							
CODE_CARTO_Pt	PE_01						D_CODE_CARTO_Pt
Index Name		Ascending	Unique	Fields			
OBJECTID_IDX	Yes		Yes	OBJECTID			
Shape_IDX	Yes		Yes	Shape			

Figure 68 : Classe d'entité (S_Carto_Pt)

Domains		
Domain Name	Owner	Domain Type
D_TYPE_INFRA		Coded Value
D_CODE_CARTO_Ln		Coded Value
D_CODE_CARTO_Pl		Coded Value
D_CODE_CARTO_Pt		Coded Value
D_CODE_HYDRO		Coded Value
D_DEG_RISQ		Coded Value
D_EVENT		Coded Value
D_O/N		Coded Value
D_PERMB_TERRAIN		Coded Value
D_RISOVAGUE		Coded Value
D_TYPE_BATI		Coded Value
D_TYPE_CS		Coded Value
D_TYPE_HYDRO		Coded Value
D_TYPE_INOND		Coded Value
D_TYPE_PT_DIGUE		Coded Value
D_TYPE_SOL		Coded Value
D_TYPE_TERRAIN		Coded Value
D_TYPE_VL_DIGUE		Coded Value

Figure 69 : Rapport sur les domaines généré par « ArcGis Diagrammer »

5-1-9. Métadonnées

Les métadonnées (ou données sur les données) d'un fichier ou d'une base de données sont très importantes dans le partage des données. Elles incluent le plus souvent, la date, la source, le système de projection, le format du fichier ainsi que la structure des données contenues dans ce fichier, les mots clés, les contacts de l'auteur.

En suivant les directives de normalisation de la FGDC (Federal Geographic Data Committee), les principaux éléments de métadonnées sont présentés dans le tableau 46.

Tableau 4 : Métadonnées de la BDRI

Métadonnées	Description	
Titre de la ressource	Standardisation des données pour la gestion des risques d'inondation	
Résumé	Ce travail décrit la standardisation des données sur les risques d'inondation et concerne les données spatiales et attributaires produites sur les zones à risque d'inondation, et mise en place un SIG pour élaborer une base de données nationale pour une meilleure gestion des risques d'inondation.	Texte
Objectif	Standardisation des données pour la gestion des risques d'inondation	Texte
Langage	Français	Langue
Mots-clés	risque d'inondation, crues, Géodatabase, bassin versant,	
Système de référence	GCS_Merchich	
Projection	Lambert_Conformal_Conic	Système de projection
Nom d'Ellipsoïde	Clarke_1880_IGN	Système de projection
Type objet géométrique	Polygone, Polyline ou point	
Source des données	Source de données utilisée en saisie	
Thème		
Conditions d'accès	Les données sont des documents privées. Chaque utilisateur doit disposée d'un droit d'accès.	Droit d'usage
Date de métadonnées	2017	

5-2- Approche webmapping

5-2-1. Introduction

Cette partie est consacrée à l'élaboration d'un portail web d'accès. Ce portail permettra de visualiser et analyser et imprimer les données contenues dans la base de données sur les inondations. Les données seront accessibles sous forme de cartes interactives et de graphiques.

La méthodologie retenue se base sur les applications de webmapping. Le *Web Mapping*, ou diffusion de cartes via le réseau Internet, est un domaine en pleine expansion grâce au développement des solutions *Open-Source*.

L'architecture du Webmapping est construite autour des technologies du web à savoir (fig. 70) :

- Solutions client/serveur totalement complémentaires : l'un (serveur) permettant d'effectuer des traitements propres à la problématique des SIG (croisements de couches, requêtes, analyse thématiques), l'autre (client) par l'intermédiaire du mapfile affichant la carte dans une interface accessible sur Internet. De manière générale, on a en plus du serveur Web et du serveur de données, le serveur cartographique. Bien évidemment, le client est enrichi à ce niveau des API (Application Programming Interface) telles que Open-layers ou Google-Maps et le SGBD est doté d'une couche supplémentaire ou couche spatiale telles que Postgis pour PostgreSQL ou Oracle spatiale pour Oracle.
- Le protocole HTTP (Hypertext Transfert Protocol) pour les échanges entre le client et le serveur.
- Le serveur de données interrogeable à l'aide du langage SQL (Structured Query Language).
- Les standards du web tels que HTML (Hypertext Markup Language), Javascript, AJAX (Asynchronous Javascript and XML), XML (Extensible Markup Language), SVG (Scalable Vector Graphics), etc.

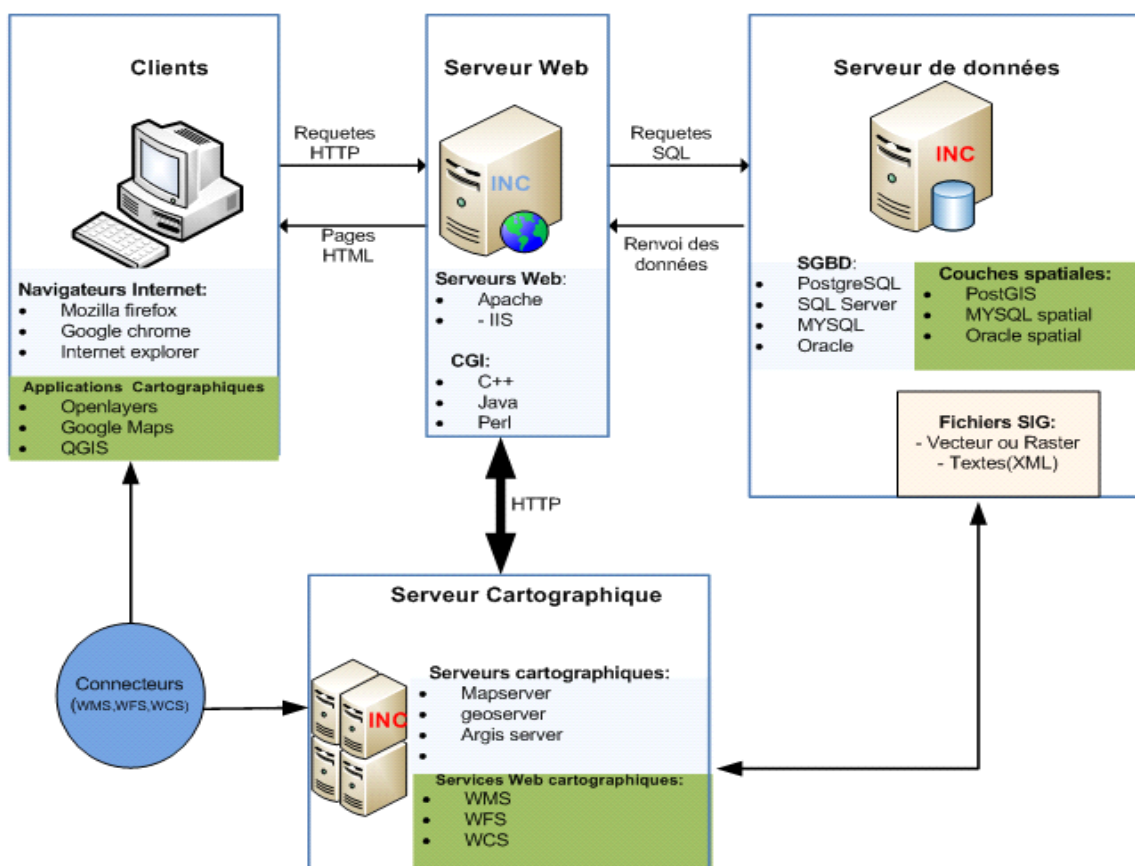


Figure 70 : Architecture d'une application Webmapping

5-2-2. Méthodologie de développement

Il existe plusieurs méthodes de développement logiciel construites sur UML comme la méthode : UP, RUP, TTUP, UP agile, XP, 2TUP, etc. Parmi ces méthodes notre choix est basé sur le processus unifié (UP).

Le processus unifié est un style de conception incrémentale. Il peut être appliqué à une large classe de systèmes logiciels et à différents niveaux d'application (Jacobson et al., 1997b).

Ce processus a les caractéristiques clés suivantes :

- Il est basé sur les composants utilisés pour coordonner les projets de programmation orienté objet.
- Il utilise le langage UML qui est un langage qui s'appuie beaucoup plus sur des diagrammes pour modéliser les systèmes.
- Il est centré sur l'architecture
- Il est piloté par les cas d'utilisation d'UML car le but essentiel d'un système est de satisfaire le client
- Enfin la conception est itérative et incrémentale. Ce qui est très pratique dans notre cas vu des aménagements qui peuvent intervenir à mi-parcours.

Le processus unifié gère le processus de développement par deux axes (Architecture bidirectionnelle) (Fig. 71) :

- **L'axe vertical** : représente les principaux enchaînements d'activités, qui regroupent les activités selon leur nature. Cette dimension rend compte l'aspect statique du processus qui s'exprime en termes de composants, de processus, d'activités, d'enchaînements, d'artefacts et de travailleurs.
- **L'axe horizontal** : représente le temps et montre le déroulement du cycle de vie du processus; cette dimension rend compte de l'aspect dynamique du processus qui s'exprime en terme de cycles, de phases, d'itérations et de jalons.

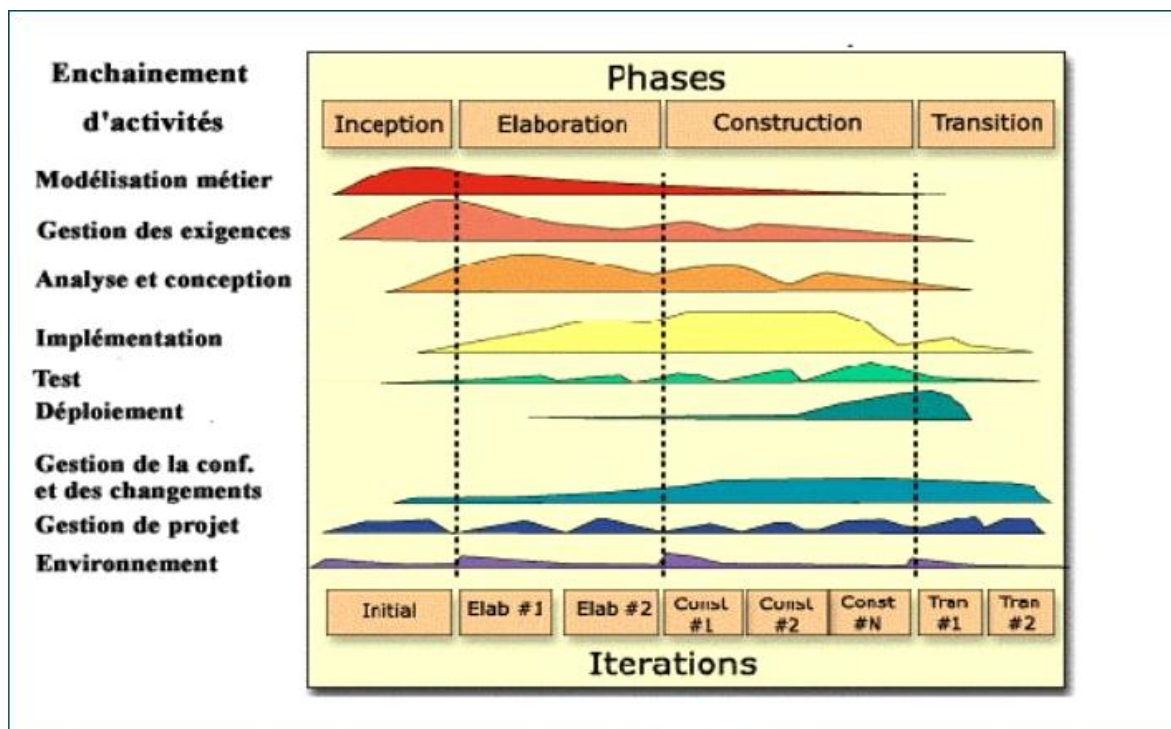


Figure 71 : Cycle de développement logiciel (Jacobson et al., 1997a).

5-2-3. Diagramme de cas d'utilisation

5-2-3.1. Les acteurs du système

Un acteur représente un ensemble cohérent de rôles joués par les utilisateurs en interaction avec les cas d'utilisation (Booch et al., 2002). Suite à l'évaluation des besoins, les acteurs suivants ont été identifiés à savoir (Fig. 72) :

- **L'administrateur du système** : c'est le super utilisateur du portail. En plus du fait qu'il crée les utilisateurs membres, la plupart des tâches s'effectue en back-office comme par exemple l'administration du serveur cartographique et le serveur de Base de données.
- **L'utilisateur membre** : il s'agit d'un groupe d'utilisateur qui a accès à certaines fonctionnalités du portail comme par exemple l'impression des données.
- **Usager** : ce sont des utilisateurs qui accèdent uniquement à la zone publique pour consultation des données (affichage d'une couche, navigation ...).

5-2-3.2. Diagramme des cas d'utilisation

Il permet de décrire les interactions entre les acteurs du système. Il s'agit donc de l'ensemble des fonctionnalités qui décrivent les services attendus. Certaines de ces fonctionnalités, présentées sur la figure 72 sont comme suit:

- **Zoomer sur la carte** : agrandir/réduire les dimensions de la carte sur la zone cliquée.
- **Ajouter une couche à la carte**
- **Visualiser la légende** : permet d'afficher la légende en rapport avec les couches contenues dans le panneau de carte.
- **Supprimer la couche de la carte** : enlever une couche du panneau de carte
- **Organiser l'affichage des couches** : organiser l'ordre d'affichage des couches dans l'arborescence des couches (cocher ou décocher les couches à visualiser)
- **Afficher les infos** : informations relatives à une zone par un click sur la carte
- **Mesurer la distance** : distance entre deux points sur la carte
- **Mesurer la superficie** : superficie d'une zone sélectionnée sur la carte
- **Imprimer la carte** : imprimer la carte obtenue par la superposition d'une ou de plusieurs couches de données.

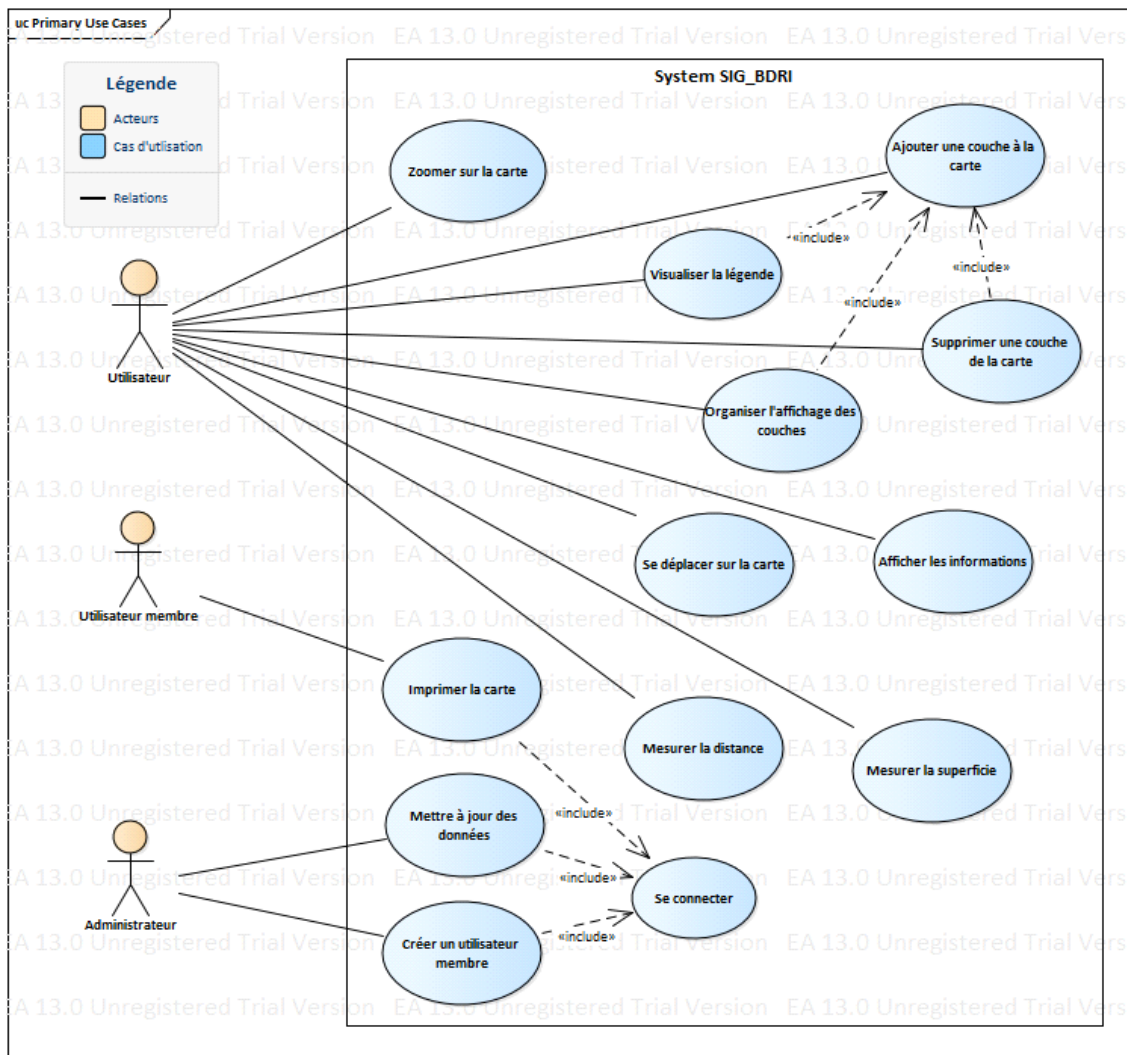


Figure 72 : Diagramme de cas d'utilisation du système sous EA

5-2-3.3. Scénarios textuels des cas d'utilisation

Plusieurs scénarios textuels peuvent être créés pour des cas d'utilisation. Trois cas ont été créés pour ce projet et concernent les cas d'utilisation suivants : « connexion », « navigation sur la plateforme » et « impression » :

- **Le cas « connexion »**

Nom du cas	Connexion
Acteur	Les utilisateurs
Scénario	Succès
Pré conditions	Utilisateurs déjà crée
Actions	<ul style="list-style-type: none"> • Le système présente le portail web avec un menu de connexion • L'utilisateur saisi son login et son mot de passe • Le système vérifie et accepte les paramètres de connexion • Le système crée une session et enregistre les paramètres de l'utilisateur dans la session • Le système vérifie les modules autorisés et les présente à l'utilisateur • L'utilisateur accède alors à toutes les fonctionnalités dont il a droit
Post condition	L'utilisateur est authentifié et ses paramètres enregistrés dans la session courante
Variantes	<ul style="list-style-type: none"> • L'utilisateur a mal saisi son compte

	<ul style="list-style-type: none"> Le système lui redemande le nom d'utilisateur et le mot de passe
--	--

• **Le cas « navigation sur la plate forme »**

Nom du cas	Navigation sur la plate forme
Acteur	Tous les utilisateurs
Scénario	Succès
Pré conditions	Accès à Internet ou à l'intranet (accès au portail)
Actions	<ul style="list-style-type: none"> Le système présente le portail web avec tous ses outils de navigation L'utilisateur choisit une couche et ajoute à la carte Le système affiche la couche correspondante sur le panneau de carte ainsi que la légende correspondante L'utilisateur sélectionne l'outil de déplacement le système effectue le déplacement dans le sens indiqué L'utilisateur sélectionne l'outil zoom (+ ou -) Le système fait un zoom avant ou arrière L'utilisateur modifie l'ordre d'affichage des couches dans le panneau de carte Le système réaffiche les couches en tenant compte de la couche située le plus au dessus L'utilisateur supprime une couche dans le panneau de carte Le système enlève la couche du panneau de carte
Post condition	Les couches sélectionnées sont affichées Les couches supprimées du panneau de carte sont enlevées Après zoom l'emprise de la carte change
Variantes	<ul style="list-style-type: none"> L'utilisateur tente d'ajouter une couche au panneau sans au préalable choisir la couche Le système n'affiche aucune couche dans le panneau de carte L'utilisateur tente de supprimer une couche sans l'avoir sélectionner Le système ne retourne aucun résultat

• **Le cas d'utilisation « impression de la carte »**

Nom du cas	Impression de la carte
Acteur	Tous les utilisateurs sauf usager
Scénario	Succès
Pré conditions	Utilisateur authentifié
Actions	<ul style="list-style-type: none"> L'utilisateur sélectionne le bouton imprimer Le système affiche une fenêtre d'aperçu avant impression l'utilisateur sélectionne l'échelle à utiliser pour l'impression le système affiche la carte à l'échelle choisie dans l'aperçu avant impression L'utilisateur saisit un commentaire et choisit les paramètres d'impression (format du papier, la résolution, ajout de la légende) puis clique sur le bouton imprimer en PDF Le système ouvre une fenêtre demandant à l'utilisateur d'enregistrer ou d'ouvrir le fichier dans adobe Reader L'utilisateur sélectionne enregistrer le fichier Le système génère automatiquement un nom de fichier et enregistre la carte sous ce nom
Post condition	Le système crée un fichier PDF pouvant être visualisé avec adobe Reader

Variantes	<ul style="list-style-type: none"> • L'utilisateur clique sur le bouton « imprimer » quand le panneau de carte est vide • Le système ne présente pas l'aperçu avant impression
------------------	--

5-2-3.4. Diagrammes de séquence

Ils permettent entre autre de décrire graphiquement un cas d'utilisation. Ce sont des diagrammes qui montrent des interactions entre les objets, arrangés en séquence dans le temps (Booch et al., 2002). Ainsi, nous allons présenter trois diagrammes de séquence : le diagramme de séquence du cas « authentification » (Fig. 73), le diagramme du cas « impression » (Fig. 74) et celui du cas « navigation sur le portail » (Fig. 75).

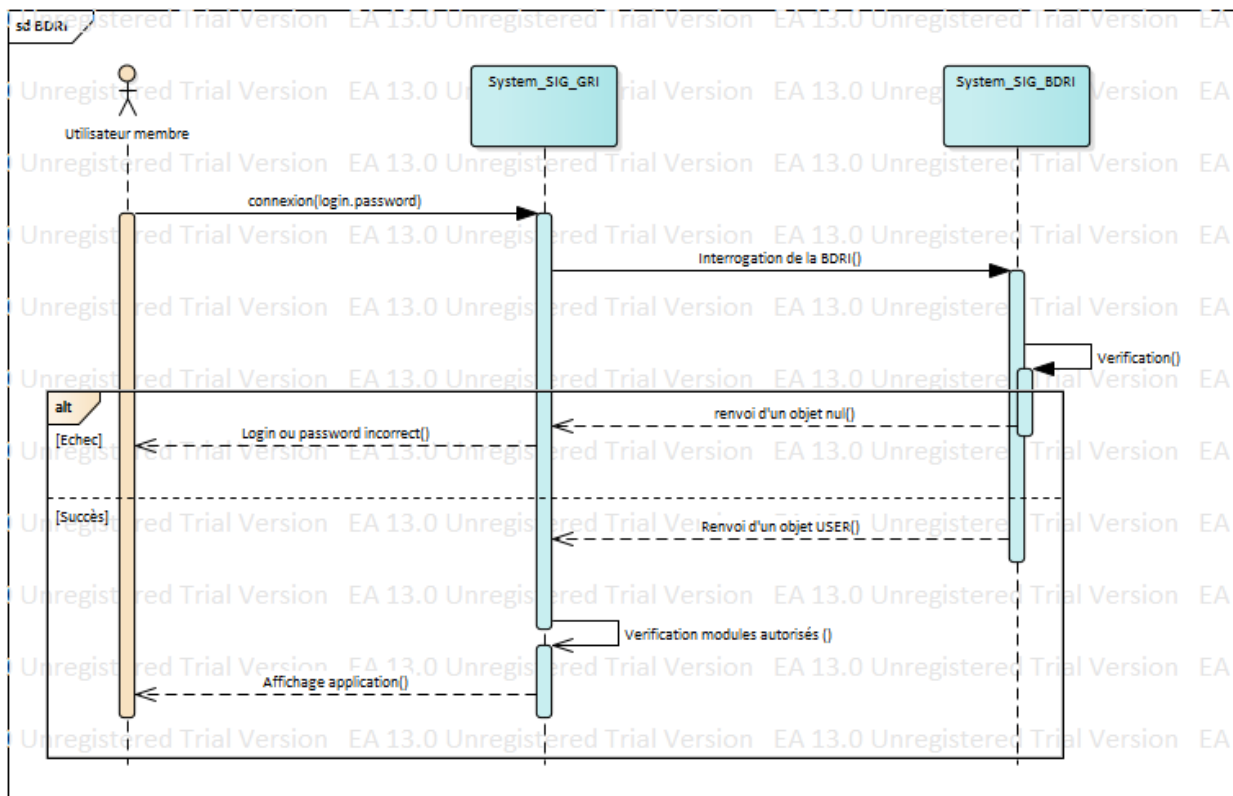


Figure 73 : Diagramme de séquence du cas « authentification » sous EA

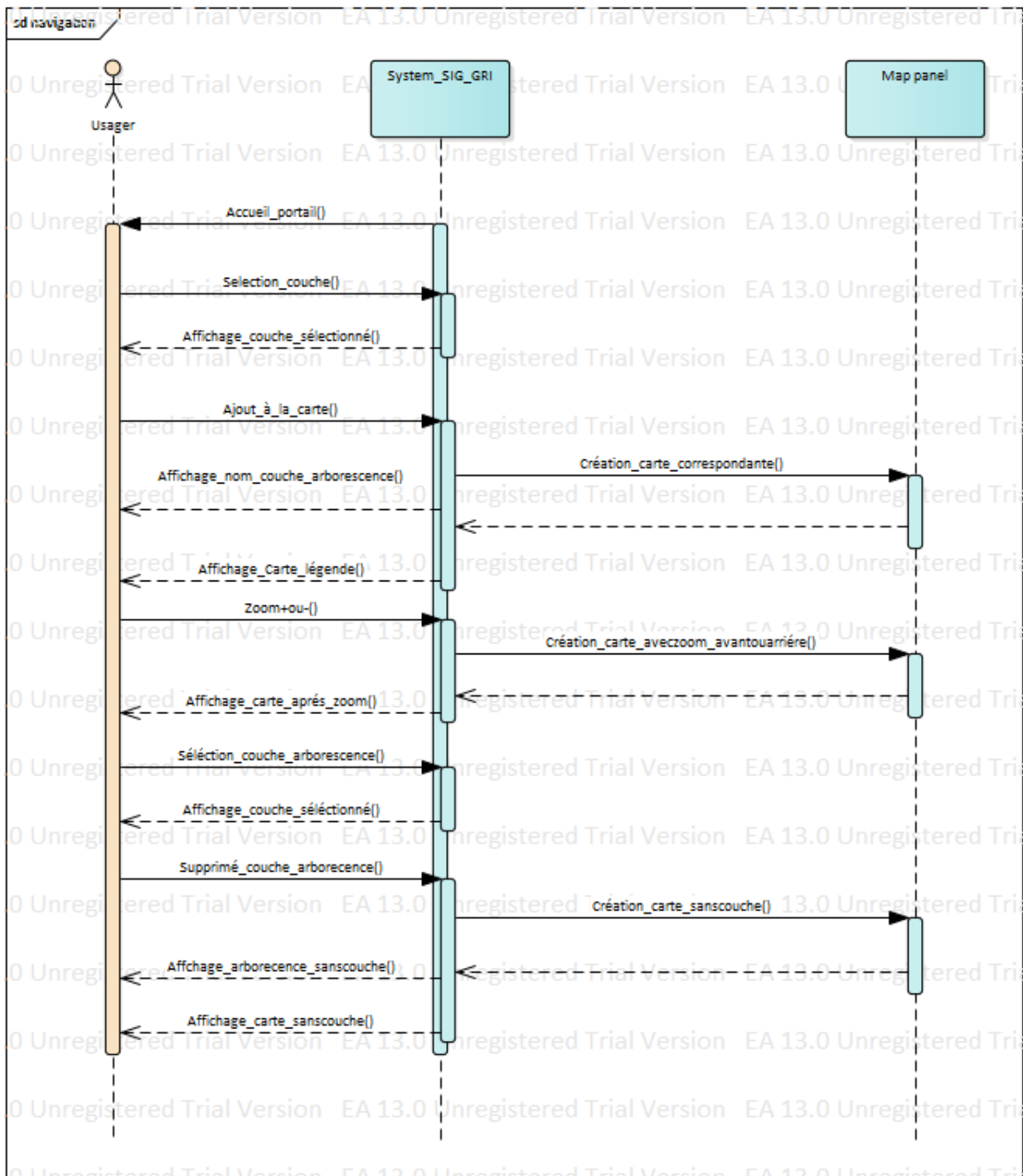


Figure 74 :Diagramme de séquence navigation sur le portail sous EA

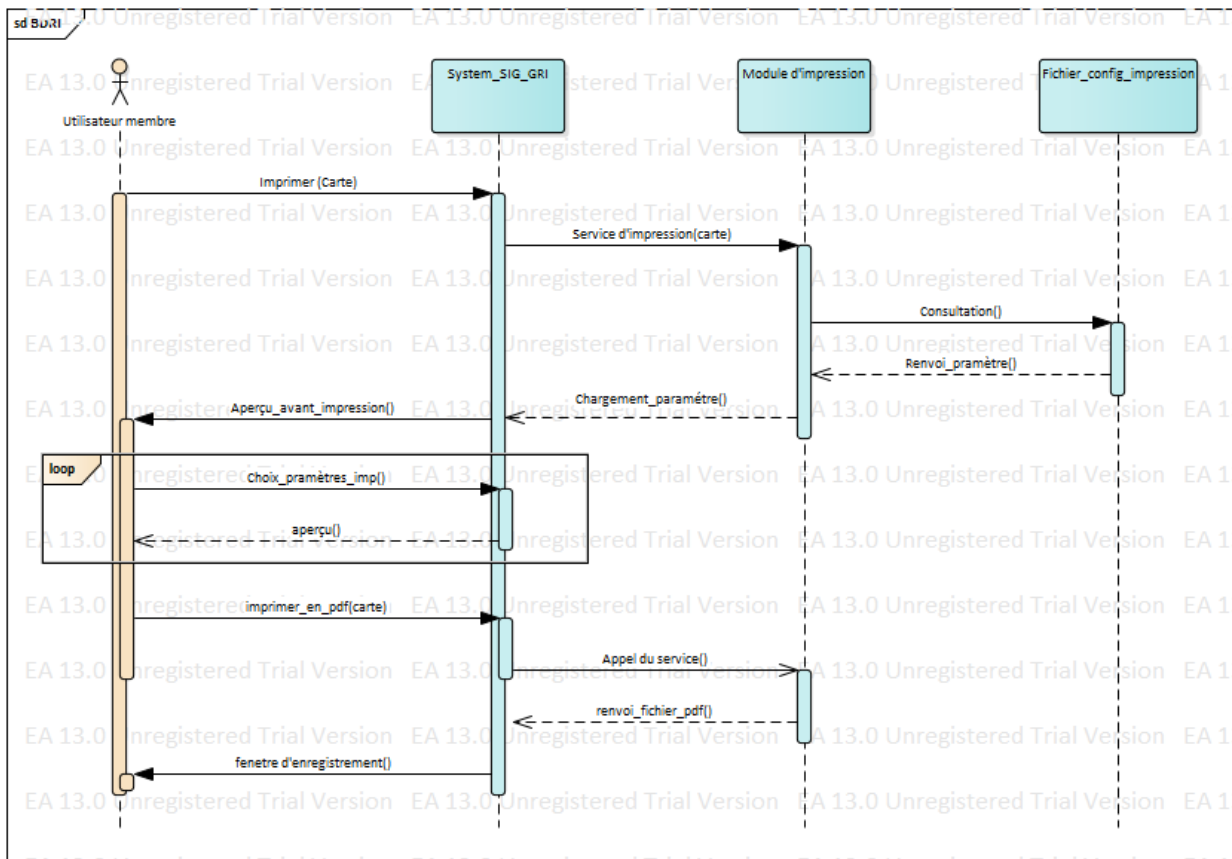


Figure 75 : Diagramme de séquence « impression en PDF » sous EA

5-2-3.5. Diagramme de classe

Le diagramme de classe décrit les classes que le système utilise ainsi que les liens qui existent entre elles. En d'autres termes, il représente l'architecture conceptuelle du système. Une classe quant à elle représente un ensemble d'objets ayant les mêmes caractéristiques (Booch et al., 2002). Notre diagramme de classe est déjà identifié au début de ce chapitre. Ce diagramme peut, bien entendu, évoluer avec la mise à disposition de nouvelles couches de données en gardant bien sûr sa structure.

5-2-3.6. Diagramme des composants

Pour la réalisation de l'interface webmapping, nous avons choisi les solutions Open-Source. Ils permettent une indépendance non seulement vis-à-vis des logiciels car utilisant des formats et des protocoles ouverts mais aussi des fournisseurs par la disponibilité du code source. Ceci permet à des milliers de développeurs de le vérifier en permanence, améliorant ainsi la fiabilité et la sécurité de ces logiciels.

Le diagramme des composants sont parmi les diagrammes que l'on trouve dans la modélisation des aspects physiques des systèmes orientés objets. On l'utilise pour modéliser la vue d'implémentation statique d'un système. Ce diagramme permet d'avoir une vue globale sur l'architecture logicielle de notre application (Fig. 76).

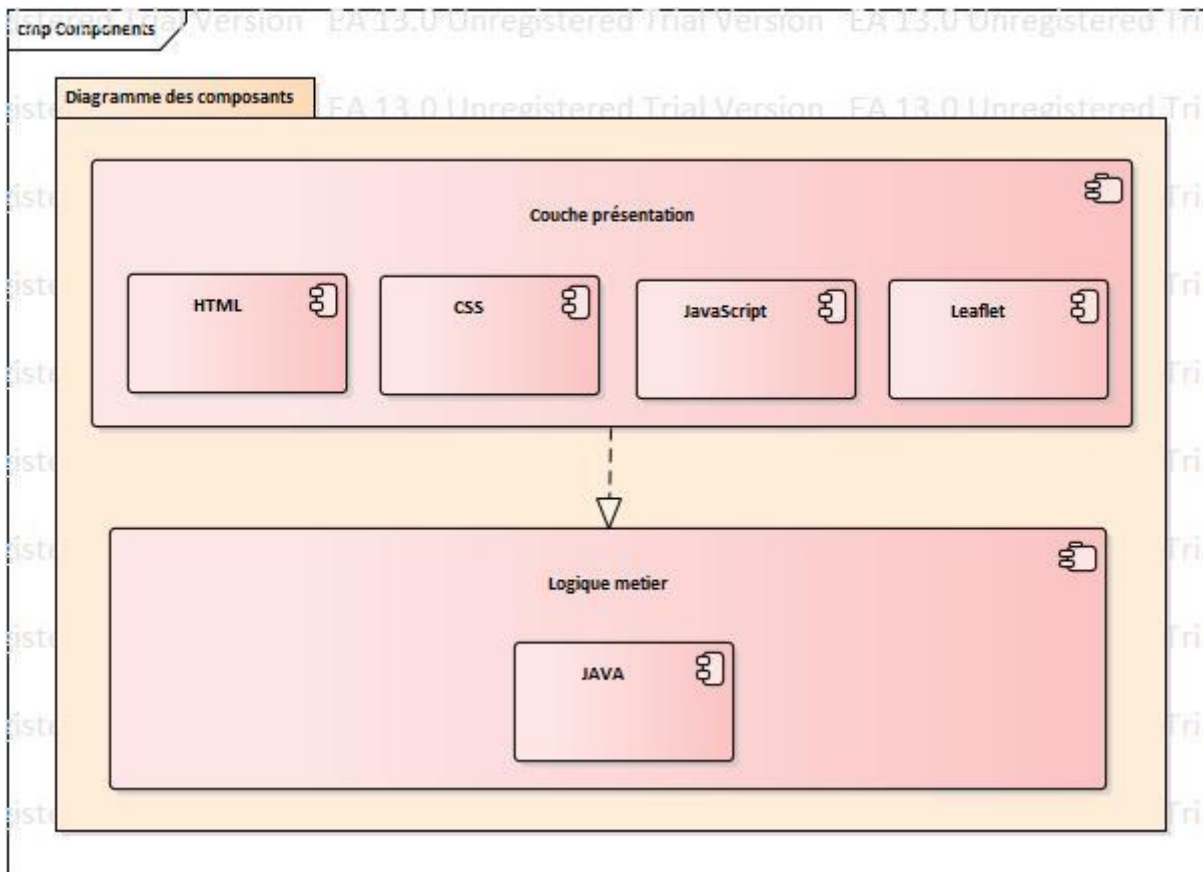


Figure 76: Diagramme des composants du système sous EA

Pour répondre à la conception modulaire choisie précédemment, une liste de technologies a été choisie en fonction de la disponibilité en matière de documentation, des connaissances et de la rapidité d'apprentissage de la technologie choisie (Tableau 47). Le choix comprend des API JavaScript, OpenLayers pour l'application web et GeoServer en tant que fournisseur de service de cartographie.

Tableau 47 : Liste des technologies choisies

Application web	Service cartographique	Langages utilisés
Openlayers Apache WMS	Geoserver	Leaflet, HTML/CSS, JavaScript

5-2-4. Mise en place de l'Apache Tomcat

Tomcat est un serveur HTTP à part entière. De plus, il gère les servlets et les JSP (par un compilateur Jasper compilant les pages JSP pour en faire des servlets). Tomcat a été écrit en langage Java. Il peut donc s'exécuter via la machine virtuelle Java sur n'importe quel système d'exploitation la supportant.

Catalina est le conteneur de servlets utilisé par Tomcat. Il est conforme aux spécifications servlet de Oracle Corporation et les JavaServer Pages (JSP). Coyote est le connecteur HTTP de Tomcat, compatible avec le protocole HTTP 1.1 pour le serveur web ou conteneur d'application. Jasper est le moteur JSP d'Apache Tomcat (wikipedia.org).

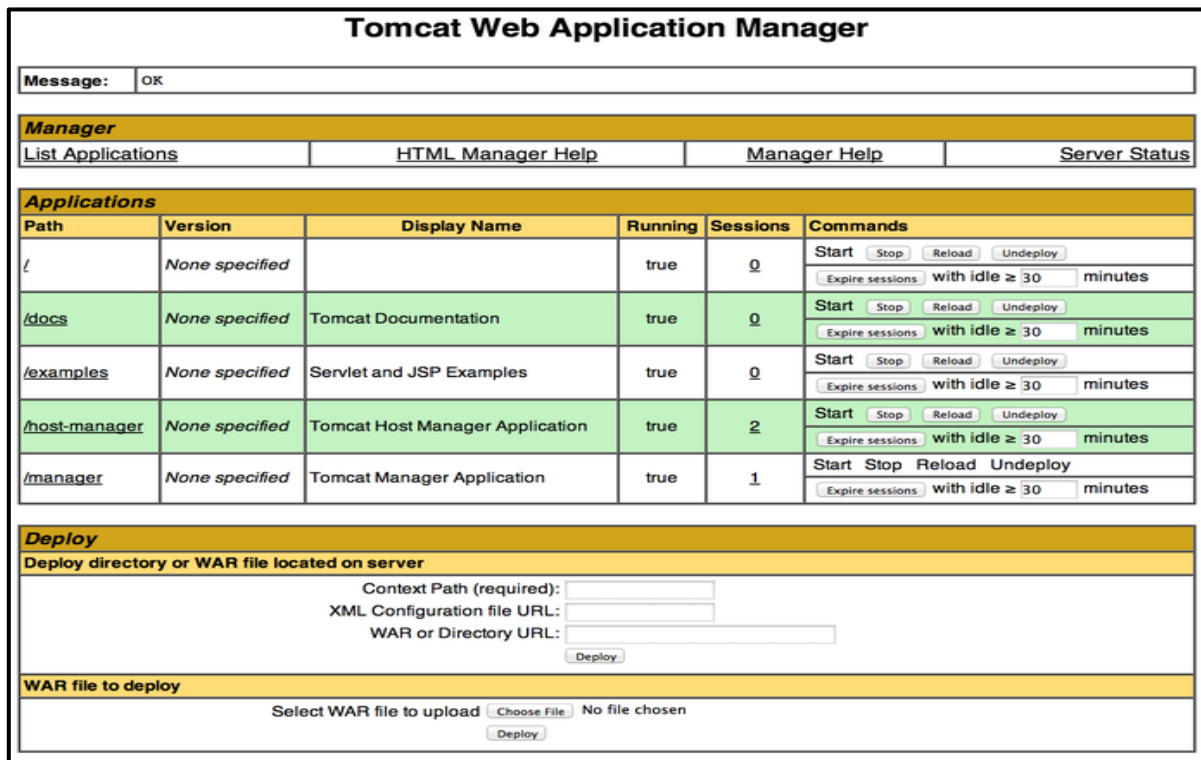


Figure 77: Interface de l'apache Tomcat

5-2-5. Serveur Cartographique

Le serveur cartographique est le guichet automatique auquel on fait appel pour afficher des cartes sur son poste de travail. Par le protocole de communication Internet, TCP/IP, des ordinateurs branchés en réseau peuvent échanger des données via un navigateur Web ou transférer des fichiers grâce au protocole FTP. L'architecture est de type client/serveur.

L'utilisateur, à partir de son terminal, lance des requêtes pour demander l'affichage d'une carte particulière. Le serveur cartographique l'interprète et renvoie la carte sous la forme d'une image matricielle (png, jpg,...) ou vectorielle (svg, swf,...). Le moteur cartographique peut être contrôlé par des langages de script tels que PHP, javascript, Python ou Perl qui lui permettent de générer dynamiquement une carte en réponse à une requête de l'utilisateur.

Le serveur cartographique peut chercher l'information nécessaire à la réalisation de la carte dans ses propres ressources, mais aussi sur des serveurs de données distants. La diffusion des données en ligne requiert une installation côté serveur avec des logiciels tels que Apache (projet Open Source) ou IIS (Internet Information Services, de Microsoft) qui tournent en tâche de fond et donnent accès aux serveurs de cartes à l'intranet et à l'Internet. Ces serveurs voient souvent leurs fonctions étendues par des interpréteurs de scripts comme PHP ou ASP (Application Service Provider). Le serveur cartographique s'appuie sur ces éléments pour recevoir des requêtes et renvoyer des images et des données. Côté client, un navigateur Web suffit, accompagné par un viewer, pour afficher la carte.

5-2-5.1. Mise en place du serveur Cartographique : « Geoserver »

La mise en œuvre de l'aspect serveur cartographique comprend l'installation et la configuration de Geoserver.

Une fois installé en local, l'interface d'administration de Géoserver est accessible à l'adresse <http://localhost:8080/geoserver/web>. Cette interface permet de gérer facilement tous les paramètres et services supportés par Géoserver (Fig. 78). Le nom d'utilisateur et le mot de passe par défaut sont « admin » et « geoserver ». Mais par mesure de sécurité, on modifie ces informations de connexion.

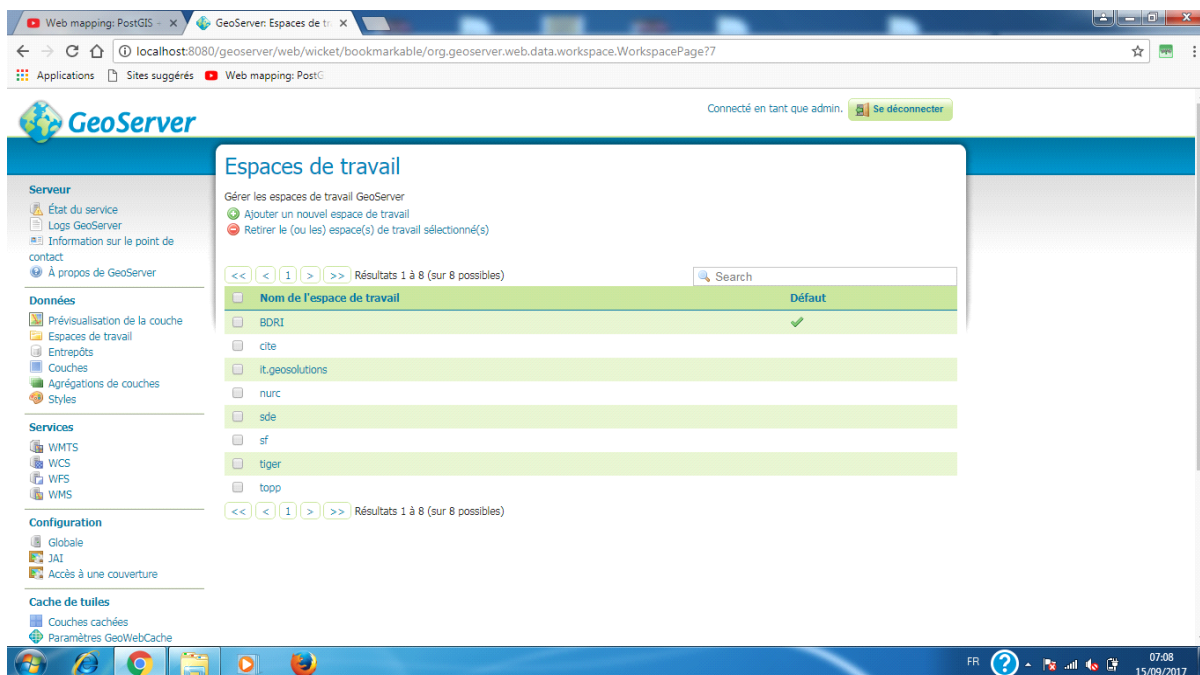



Figure 78 : Interface de GeoServer

Après la mise en place des configurations de base, trois étapes essentielles sont à suivre pour la publication d'une couche de données dans Géoserver :

- **Création d'un Espace de travail « BDRI »**

 **Espaces de travail** est le nom attribué à la notion de conteneur utilisé pour grouper les données identiques ensembles. Il consiste en un nom et un URI (Uniform Ressource Identifier) de l'espace de nommage. Dans le cadre de ce travail, nous avons créé l'espace de travail « BDRI ».

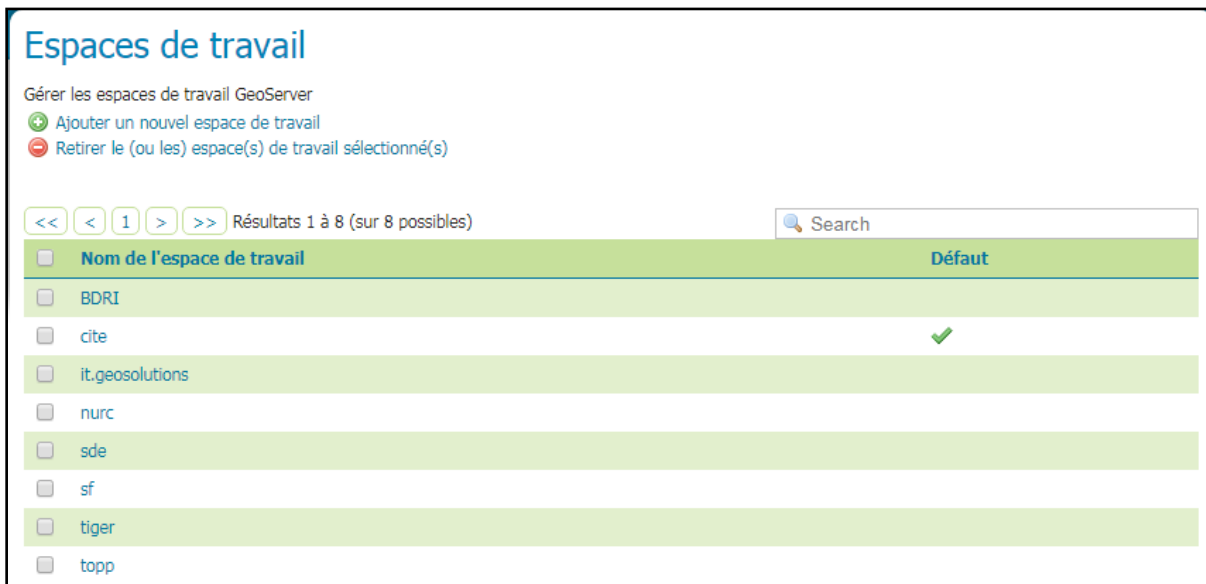

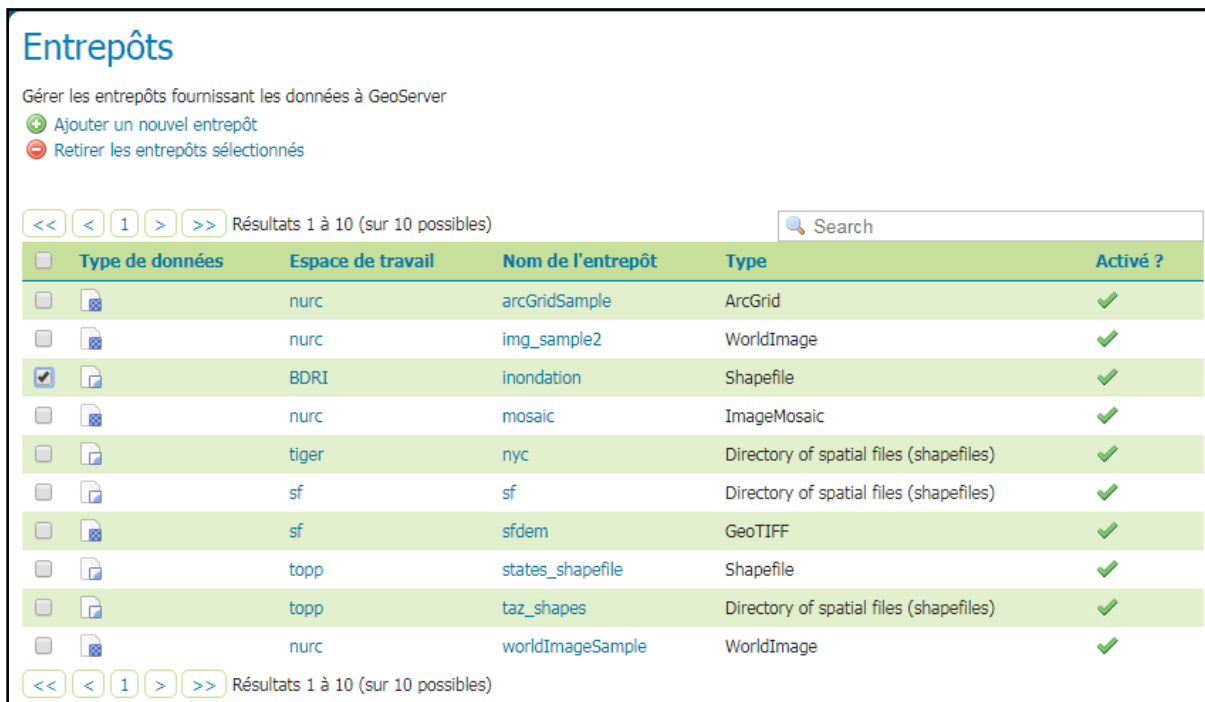


Figure 79 : Espace de travail BDRI dans le serveur « GeoServer »

- **Création d'un « entrepôt de donnée » dans l'espace de travail (Fig. 8o)**

Un  **Entrepôts** est le nom donné au conteneur de données géographiques. Ainsi, pour créer un entrepôt de donnée, on choisit le type de ressources ou types de données à publier. Dans notre cas, il s'agit des données provenant d'ESRI (Geodatabase). Ensuite, nous renseignons le nom de la source de données et si possible une description.














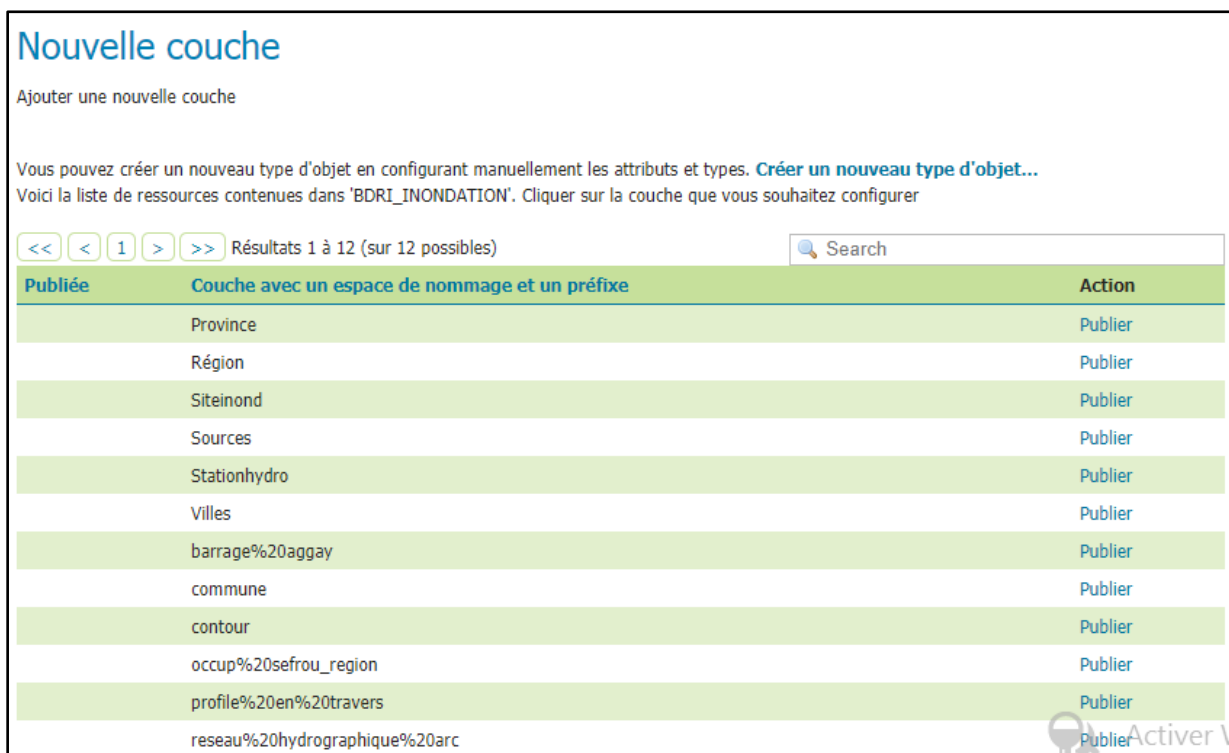
<input type="checkbox"/>	Type de données	Espace de travail	Nom de l'entrepôt	Type	Activé ?
<input type="checkbox"/>		nurc	arcGridSample	ArcGrid	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		nurc	img_sample2	WorldImage	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>		BDRI	inondation	Shapefile	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		nurc	mosaic	ImageMosaic	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		tiger	nyc	Directory of spatial files (shapefiles)	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		sf	sf	Directory of spatial files (shapefiles)	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		sf	sfdem	GeoTIFF	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		topp	states_shapefile	Shapefile	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		topp	taz_shapes	Directory of spatial files (shapefiles)	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>		nurc	worldImageSample	WorldImage	<input checked="" type="checkbox"/>

Figure 80 : Entrepôt Inondation dans le serveur « GeoServer »

- **Publication des couches (Fig. 81)**

Une fois l'entrepôt de données crée, nous choisissons, parmi les tables disponibles dans l'entrepôt, la table à publier puis nous procédons à la configuration des paramètres d'affichage de la couche ou groupe de couches  **Couches** (WMS).



Publiée	Couche avec un espace de nommage et un préfixe	Action
<input checked="" type="checkbox"/>	Province	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	Région	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	Siteinond	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	Sources	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	Stationhydro	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	Villes	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	barrage%20aggay	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	commune	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	contour	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	occup%20sefrou_region	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	profile%20en%20travers	Publier
<input checked="" type="checkbox"/>	reseau%20hydrographique%20arc	Publier

Figure 81 : Affichage des couches dans le serveur « GeoServer »

La publication des données dans GeoServer nécessite de remplir les différents formulaires avec des informations sur la couche que l'on souhaite publier. Ces informations permettent d'ajouter de la valeur à la couche de données. Les informations peuvent prendre la forme de métadonnées, règles de style ou description de la couche.

Une fois que les couches sont publiées, elles peuvent être visualisées dans :

- OpenLayers : ce sont des applications géographiques basées sur le Web, semblables aux API Google Maps et MSN Virtual Earth, avec une différence importante: OpenLayers est un logiciel libre développé pour et par la communauté des logiciels Open Source ;
- GML (Geography Markup Language) : permet de décrire les objets géographiques, les systèmes de projections, la géométrie, la topologie et constitue un format ouvert pour l'échange de données géographiques ;
- ou au format KML (Keyhole Markup Language) : spécifie un ensemble de caractéristiques pour l'affichage dans Here Maps, Google Earth, Maps et Mobile, ou tout autre logiciel géospatial.

Les figures (82, 83) présentent une vue d'une couche d'entités ponctuelles et une couche de polygones publiées sur GeoServer et représentant quelques événements d'inondation et les limites administratives de la région Fes-Meknes.

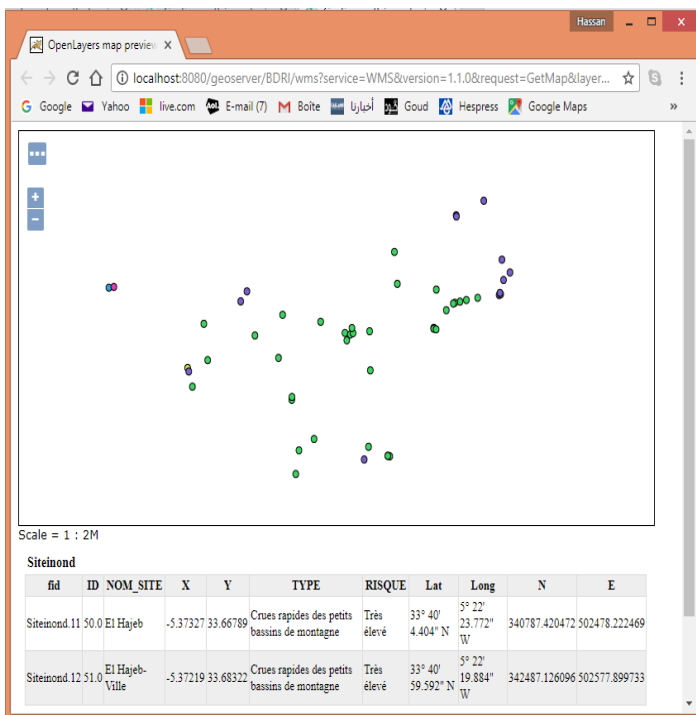


Figure 82 : Couche d'entités ponctuelles « Événements d'inondation »

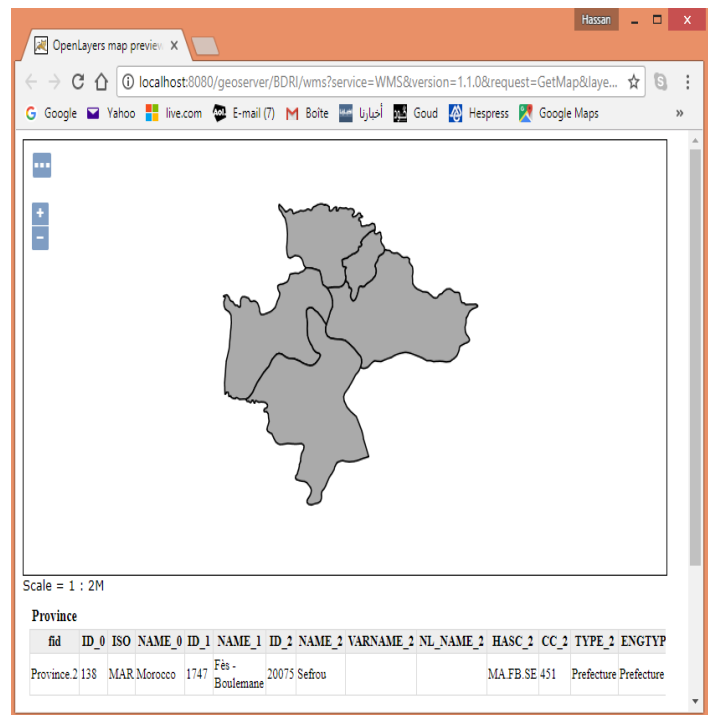


Figure 83 : Couche de polygones « Limites administratives »

5-2-5.2. Gestion des styles d'affichage avec Géoserver

Dans GeoServer, les styles sont représentés par des documents SLD (Styled Layer Descriptor). SLD est un format XML permettant de spécifier la symbolisation d'une couche. C'est le langage utilisé par GeoServer pour éditer la mise en forme des couches WMS. Notons également que GeoServer dispose d'un éditeur de SLD mais on peut également importer le SLD édité au préalable par ArcGis. Nous avons défini quelques styles d'affichage pour nos couches afin de faciliter la visibilité sur le portail. La figure 84 présente une vue sur les types des crues dans le bassin versant d'Oued Aggay.

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
2 <StyledLayerDescriptor xmlns="http://www.opengis.net/sld" xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" version="1.1.0" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
  xsi:schemaLocation="http://www.opengis.net/sld http://schemas.opengis.net/sld/1.1.0/StyledLayerDescriptor.xsd"
  xmlns:se="http://www.opengis.net/se">
3   <NamedLayer>
4     <se:Name>Siteinond</se:Name>
5     <UserStyle>
6       <se:Name>Siteinond</se:Name>
7       <se:FeatureTypeStyle>
8         <se:Rule>
9           <se:Name>Crues lentes des grands bassins</se:Name>
10          <se:Description>
11            <se:Title>Crues lentes des grands bassins</se:Title>
12          </se:Description>
13          <ogc:Filter xmlns:ogc="http://www.opengis.net/ogc">
14            <ogc:PropertyIsEqualTo>
15              <ogc:PropertyName>TYPE</ogc:PropertyName>
16              <ogc:Literal>Crues lentes des grands bassins</ogc:Literal>
17            </ogc:PropertyIsEqualTo>
18          </ogc:Filter>
19          <se:PointSymbolizer>
20            <se:Graphic>
21              <se:Mark>
22                <se:WellKnownName>circle</se:WellKnownName>
```

Figure 84 : Extrait de SLD appliqué à un objet de type point

5-2-5.3. Mise en place du module d'impression de Geoserver

Une des fonctionnalités qui nous a été recommandée, c'est d'imprimer le contenu du panneau de carte. Pour y parvenir nous avons procédé à la mise en place du module d'impression de géoserver. En effet, Le module d'impression pour GeoServer permet l'hébergement facile du service d'impression Mapfish au sein d'une instance de GeoServer. Une documentation sur la mise en place du module est disponible à l'adresse :

<http://docs.geoserver.org/latest/en/user/extensions/printing/index.html>.

Ainsi, au premier démarrage après l'installation du module, geoserver va créer un fichier de configuration du module sous /GEOSERVER_DATA_DIR/printing/config.yaml. C'est d'ailleurs l'existence de ce fichier qui montre que l'installation s'est bien déroulée. C'est donc dans ce fichier que nous allons configurer les informations d'impression telles que l'échelle, la résolution, le type de papier, etc. Ainsi, si le module d'impression est bien installé et configuré, nous pouvons accéder à la liste des paramètres d'impression via <http://localhost:8080/geoserver/pdf/info.json> (Fig. 85). Si ces paramètres ne s'affichent pas, nous ne pourrions pas interagir avec ce service à l'aide du code JavaScript. Dans notre cas voici la liste des paramètres que nous avons obtenus :

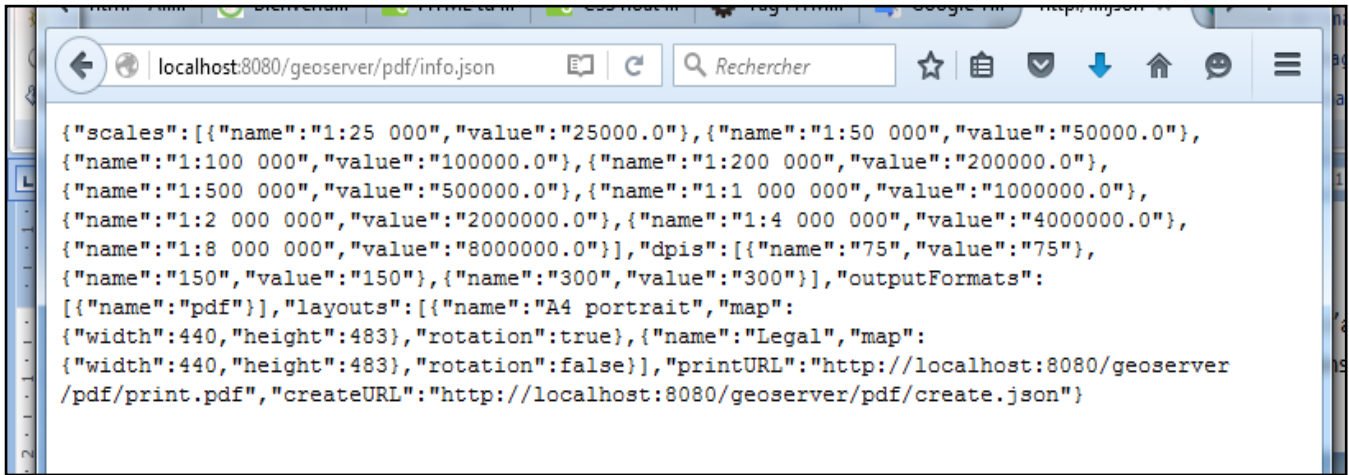


Figure 85: Les capacités du service d'impression

5-2-5.4. Implémentation du métier et de la présentation

Pour la présentation des données, nous nous sommes basé sur la puissante bibliothèque leaflet. Ce dernier est Open Source de JavaScript. Sa dernière version (version 1.2) peut être téléchargée via le lien : <http://leafletjs.com/download.html>.

A travers cette bibliothèque, nous avons pu accéder à GeoServer et récupérer des couches de données à l'aide du code JavaScript et OpenLayers comme on peut le voir sur la figure 86.

Ici, il est question de récupérer comme carte de fond la carte des pays du monde (countries) avec possibilités de zooms détaillés sur le Maroc, puisque nos couches de données seront superposées au-dessus de cette zone. Le code source complet de l'application possède beaucoup d'exemple d'utilisation de cette bibliothèque. Toujours en ce qui concerne la présentation des données, nous avons associé à cette bibliothèque le langage HTML et les feuilles de style (CSS : Cascading Style Sheets) pour la présentation générale de la plateforme.

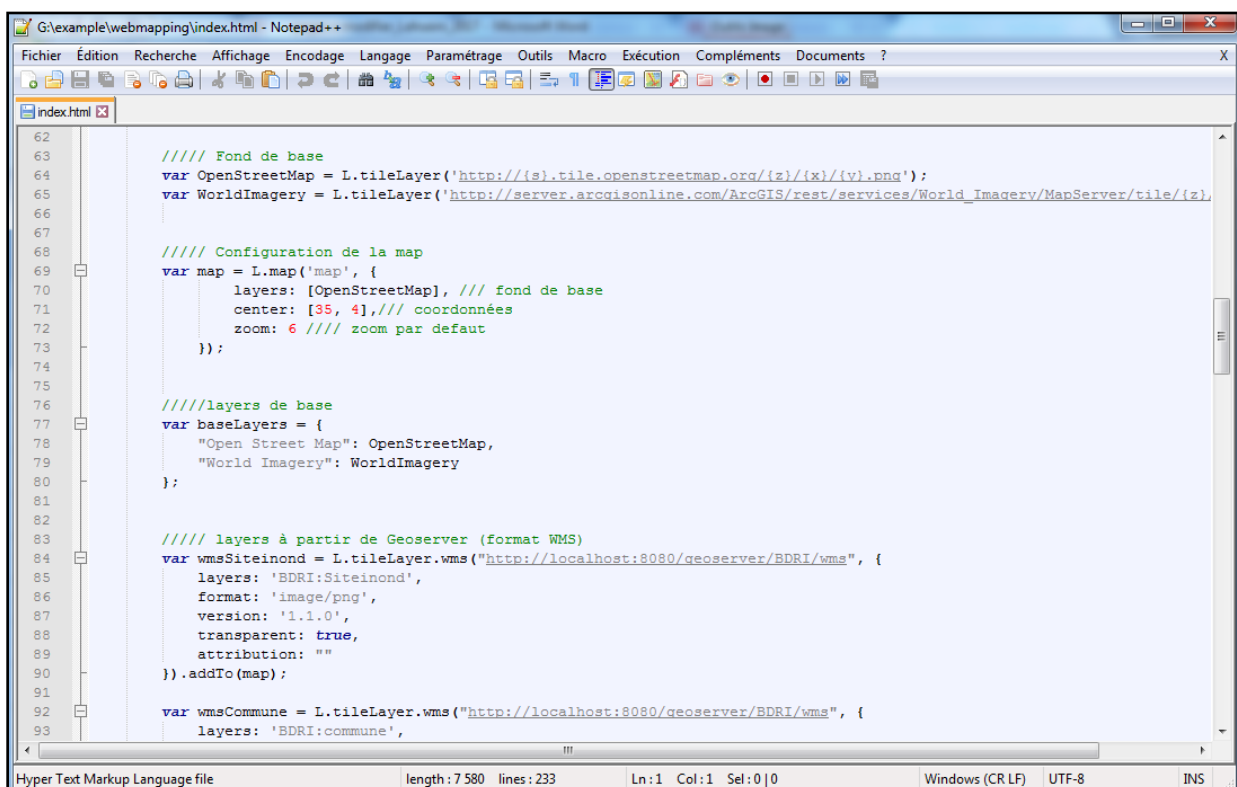


Figure 86: extrait de code source

5-2-5.5. La base de données géographique sous Geoserver

Cette base de données comporte des données attributaires et spatiales que nous pouvons voir sur le schéma de la figure 87.

Sous GeoServer, nos couches de données ont été organisées dans l'espace de travail « BDRI » et dans les entrepôts « BDRI_Inondation » et, plusieurs styles ont été créés et appliqués à celles-ci.

5-2-5.6. Page principale

La première image que l'utilisateur voit en entrant dans l'application se compose d'une carte un menu et un espace de sélection de couches. La carte n'est pas limitée en termes de navigation mais délimite les zones administratives du Maroc (Fig. 88).

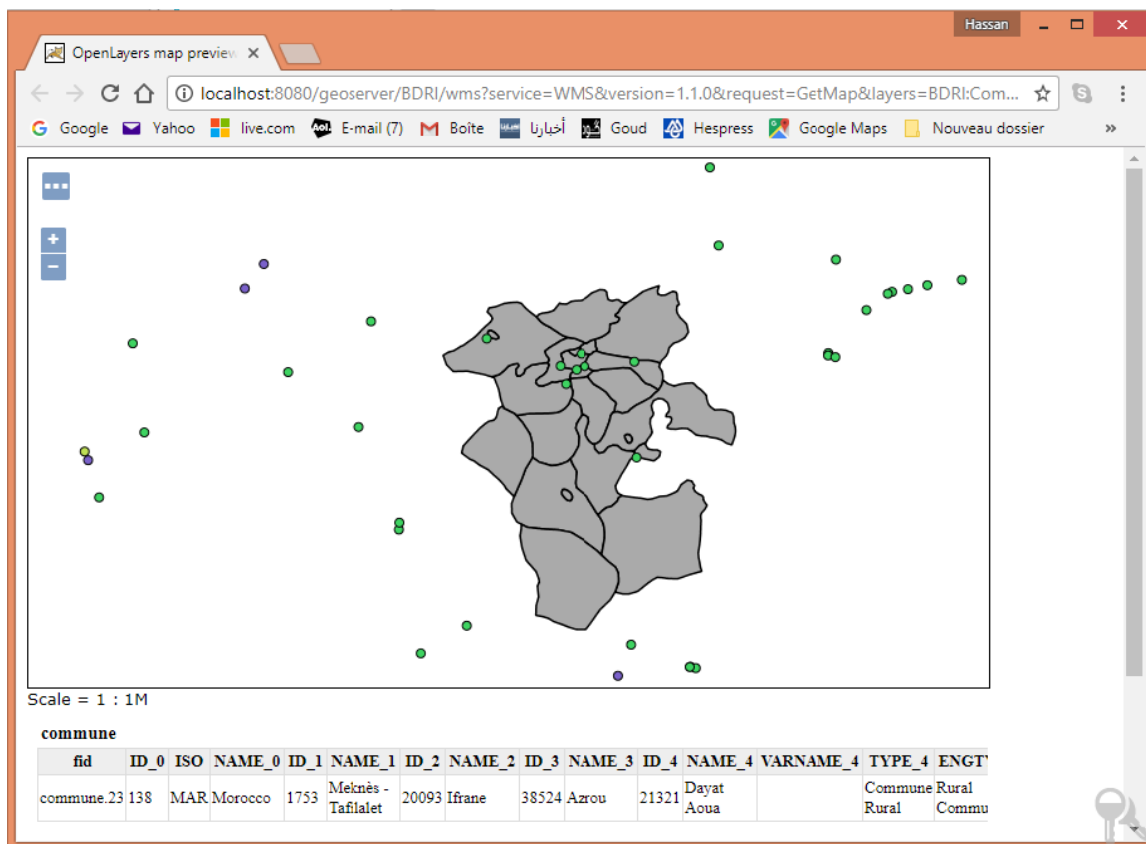


Figure 87: Vue des Agrégations des deux couches

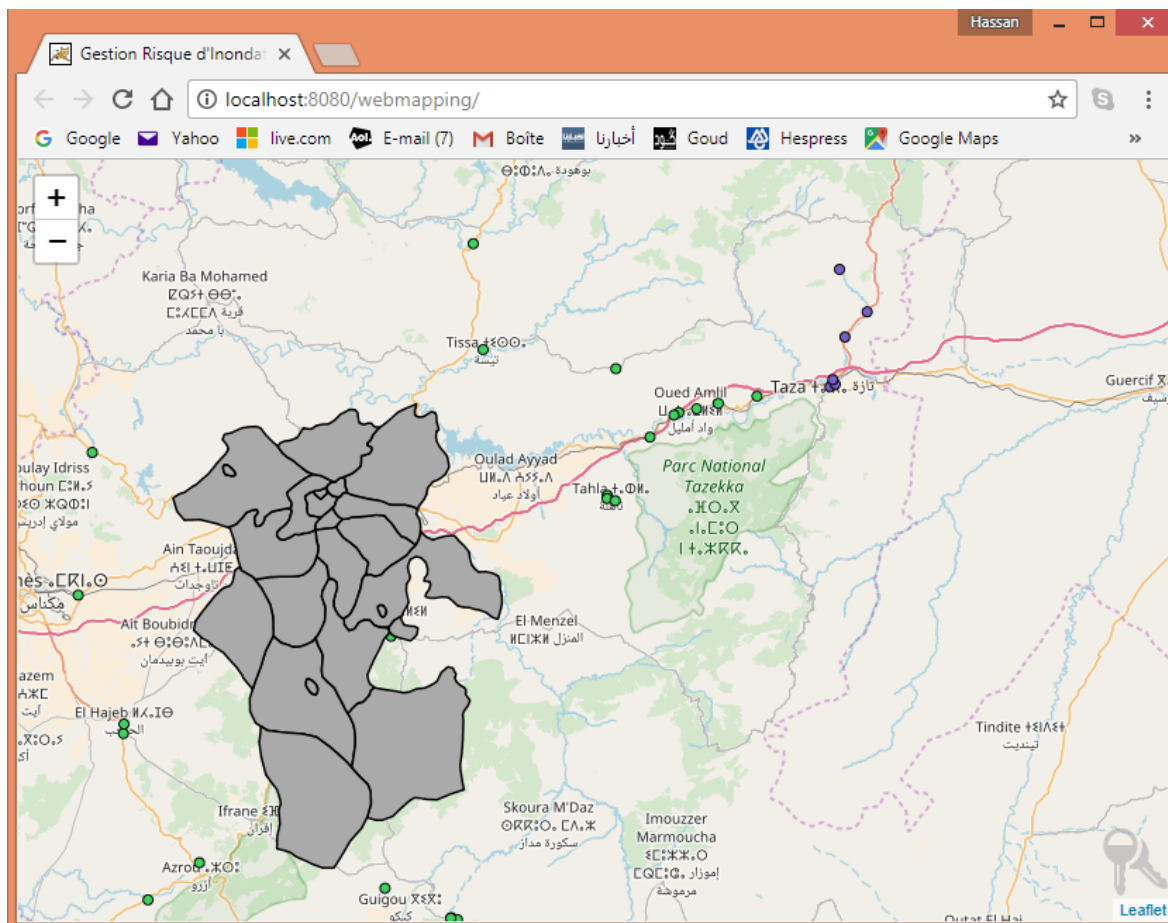


Figure 88: Page principale

5-3- CONCLUSION

Ce chapitre présente un outil de gestion des bases de données sur les inondations au Maroc. La conception est basée sur la construction d'une Géodatabase sous une structure d'ArcGIS à l'aide d'un langage UML. Cette application permettra de présenter une base de données harmonisées sous une structure physique à l'échelle nationale. A l'aide d'un outil ArcGIS- Diagrammer, nous avons pu générer la structure de la Géodatabase.

La base de données disposera de plusieurs fonctionnalités (interrogation, mise à jour, visualisation, extraction des données etc.. .) et sera accessible à plusieurs utilisateurs à travers un portail web d'accès et de visualisation des données.

La réalisation de cartes dynamiques sur Internet est essentielle pour diffuser de l'information géographique, pour la localisation des lieux, le calcul d'itinéraires ou pour le géomarketing. Son utilisation est croissante et s'élargit vers de nouveaux secteurs. Cet outil se place à la croisée de techniques alliant la gestion de données relationnelles, la représentation et l'analyse spatiale, la programmation en langage de script.

La plateforme WebSIG répond à plusieurs des préoccupations des utilisateurs de l'information géographique. Le portail WebSIG a été mis en place avec des outils libres, gratuits et téléchargeables sur Internet. Il nous a offert un prototype de plateforme cartographique interactive portant sur les données géoréférencées sur l'étendue du territoire national. Les données sont accessibles sous forme de cartes interactives, de graphiques ou en format cartographique pour pouvoir être lues dans n'importe quel référentiel de SIG.

Conclusion Générale

Le Maroc, par sa situation géographique et son contexte climatique, a connu des inondations revêtant un caractère de gravité exceptionnelle en termes de pertes de vies humaines et en conséquence économiques. Certaines provoquent des dommages importants et compromettent le développement socio-économique des régions exposées. Différentes études pour la gestion du risque et la caractérisation de l'aléa inondation ont été développées. Elles se basent sur des méthodes qualitatives, se basant sur la morphologie du cours d'eau et quantitatives permettant la modélisation et la simulation des processus de crues. Des essais d'inventaire ont été entreprises en faisant recours aux outils de l'informatique et du SIG.

Cette étude a permis d'élaborer une base de données relationnelle à référence spatiale qui permettra la création, la consultation et la mise-à-jours des données spatiales sur les inondations au Maroc. Cet inventaire est un outil de décision pour l'appréhension globale du risque. Il englobe des données à caractère spatial (localisation de la zone à risque dans un référentiel commun à l'échelle du Maroc) et attributaires (processus à l'origine du risque inondation).

Le premier aspect de la base de données inondations est structuré par la conception Merise avec une schématisation plus ou moins simple du monde réel. Elle comprend 35 tables de saisie et un dictionnaire ou référence commune des données structurée autour de 33 tables, facilitant les échanges, la communication et l'approfondissement du questionnement. Certaines tables définissent la typologie des crues au Maroc, d'autres regroupent les méthodes qualitatives et quantitatives de gestion de risque et enfin des tables lexiques résument entre autres, les ouvrages hydrauliques et leurs fonctions principales, les bassins hydrologiques, les scénarios d'Aléa, les catégories d'occupation du sol et type de sol, etc. L'ensemble des tables et des relations sont regroupées en quatre classes conceptuelles : Événement, Zone inondée, Historique des crues et Risque inondation. Cette structure de façon à être évolutive au gré de l'avancement du travail de saisie des historiques des crues, des calculs hydrologiques et hydrauliques ou lorsque des améliorations sont apportées par de nouveaux modèles ou techniques.

MS- Access a servi pour la création et la gestion de la base de données et POWER AMC a été utilisé pour vérifier la cohérence entre les données et maintenir le dictionnaire de données du système d'information. 5 formulaires principaux dénommés : Événement, Zone inondée, Historique des crues et risque inondation, regroupent plus de 36 onglets et sous-onglets sous MS-Access permettant la saisie des données attributaires, la modélisation hydrologique et hydraulique et l'évaluation du risque. Ces données peuvent être exploitées dans un logiciel SIG par l'intermédiaire de connexions ODBC (Open DataBase Connectivity). Des règles de jointure (par la gestion du Numéro SIG) et de topologie sont créées, présentées et discutées.

Ce mémoire présente aussi l'approche d'inventaire de données spatiales directement sur une plate forme de SIG et ce par la création de la Géodatabase *BD_Risque_Inondation*. La structure de la Géodatabase est générée à l'aide d'outils ArcGIS- Diagrammer couplé par le logiciel Microsoft-Visio et structurée à l'aide du langage UML (Unified Modelling Language). Ce langage permet une harmonisation des modèles et des données. La Géodatabase est organisée sous forme de tables spatiales (shapefile), tables non spatiales et tables lexiques regroupés en 6 classes d'entités. La structure des fichiers respecte des règles de nommage et les prescriptions du dictionnaire de données. La conception des diagrammes de classe est réalisée sous le logiciel Enterprise Architect. Les métadonnées sont élaborées de façon normalisée en vue d'une diffusion large à vocation pédagogique. Elles comprennent les propriétés et la documentation associée. Elles

s'affichent sous forme d'une page HTML avec laquelle nous pouvons interagir dans un navigateur Web.

Afin de rendre la base de données accessible à plusieurs utilisateurs, ce mémoire montre les étapes de la création d'un portail web d'accès. La plateforme WebSIG répond à plusieurs des préoccupations des utilisateurs de l'information géographique. Elle est mise en place avec des outils Open-sources (GeoServer, Apache). Les données sont accessibles sous forme de cartes et de graphiques et peuvent être visualisées dans des OpenLayers (Google Maps et MSN Virtual Earth) au format GML (Geography Markup Language) ou KML (Keyhole Markup Language).

Cette étude a permis de créer, pour la première fois au Maroc, un Système de Gestion de Bases de Données sous Microsoft-Access sur les inondations au Maroc, et une Géodatabase – risque inondation - avec son interface web. Leurs créations sont conformes aux normes d'échanges internationaux à savoir : l'OGC (Open Geospatial Consortium), le WMS (Web Map Service) et le WFS (Web Feature Service).

Bibliographie

- AFNOR (2005)- *Information géographique : Métadonnées Norme européenne Norme Française NF EN ISO 19115*.
Indice de classement : Z 52-020 140 pages.
- AFNOR (2006)- *Information géographique : Services Norme européenne Norme Française NF EN ISO 19119*
Décembre 2006. Indice de classement : Z 52-025 67 pages.
- AKDIM B., (2001)- Agglomérations et risque d'inondation au Maroc : cas des villes du Dir (Moyen Atlas).
- Ancil F., (2004)- Improvement of rainfall-runoff forecasts through mean areal rainfall optimization. *Journal of Hydrology* .
- Angelier J., & Deffontaines B. (2005)- Risques naturels . *Comptes Rendus Geoscience vol , 337 (13)* p. 1101-1108.
- Arnaud P., (1997)- Modèle de prédétermination de crues basé sur la simulation Extension de sa zone de validité, paramétrisation horaire par l'information journalière et couplage des deux pas detemps. *Th. Doct. Univ., Montpellier II, , 286 p.*
- Ballais J., (2005)- Contribution de l'hydrogéomorphologie à l'évaluation du risque d'inondation: le cas du Midi méditerranéen français. *C.R Géoscience , 337, 1120-1130.*
- Bian X., Berkowitz C.M, & S, Z. (1996)- *Aircraft observations of the effects of internal gravity waves on ozone over the western North Atlantic*. *Journal of Geophysical Research* 101: doi: 10.1029/96JD02746. issn: 0148-0227.
- Bonn F., (1996)- Précis de télédétection: Principes et méthodes. *Presses de l'Université du Québec* .
- Booch G., Rumbaugh J., & Jacobson I., (2002)- *The Unified Software Development Process*. ISBN 0-201-57169-2, Addison-Wesley .
- Bouaicha R., (2011)- Une prise en compte qualitative du risque d'inondation par l'étude de l'application du SIG et de la télédétection à la modélisation hydrologique spatialisée, grâce au modèle CEQUEAU, en vue d'émettre des prévisions de débits. *TSO6B - Spatial Data Infrastructures in Support of Climate Change and Risk/Disaster Management I* .
- Cernesson F. (1993)- Modèle simple de prédétermination des crues de fréquences courantes à rares sur petits bassins versants méditerranéens. *Th. Doct. Univ., Montpellier II, , 240 p.*
- CGER (1996)- "Data book on sea-level rise". *Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies Japan Environment Agency, Tsukuba, Japan , 87 pp.*
- Cranefield et Purvis, 2001 " Intergrating environmental information : incorporating metadata in a distruted information system's architecture", *Advances in Environmental Research* 5, Elsevier Sciences Ltd, pp. 319-325.
- Dautrebande S. (2008)- La cartographie des zones inondables en Région Wallonne : un outil d'aide à la gestion des risques naturels. *Les jeudis de l'aquapôle, 22/12/2005, présentation PowerPoint* .
- Deffontaines Benoit, Tabyaoui Hassan , El Hammichi Fatima, Chaouni Abdel-Ali, Mounadel Ahlam, Lahsaini Meriam, Magalhaes Samuel & Fortunato Gérardo (2015) - Importance of geological map updates in engineering geology, Application to the Rif- Chain and its foreland (Northern Morocco). *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 6*, pp.101-105.
- Desconnets et al., 2000 ; « Autour d'une expérience de conception d'un outil d'évaluation du risque sismique », In. Actes du colloque SIRNAT, (Systèmes d'Information pour les Risques Naturels), Grenoble, France ; 13 p.
- Disaster-Charter-Org. (2004). *Humanitarian Charter and Minimum Standards in Disaster Response. The Sphere Project* .
- Djokic D., (1995)- *GIS as integration tool for hydrologic modelling: a need for generic hydrologic data exchange format*. www.esri.com.
- Dubois-Maury J., (1997)- L'aménagement urbain. Outils juridiques et forme urbaine . *Annales de Géographie , Volume 106, Numéro 598, pp. 664-665.*

- Dumas A., (2006)- Méthode de maximisation : estimation des crues maximales probables (CMP) Maximization method: Estimation of maximum probable flood (PMF). *La Houille Blanche* , 74 - 79.
- Edijatno et Michel C., (1989)- Un modèle pluie-débit journalier à trois paramètres. *La Houille Blanche*(2) , 113-121.
- EM-DAT (2014)- The CRED/OFDA International Disaster Database.D. Guha-Sapir, R. Below, Ph. Hoyois. www.emdat.be – Université Catholique de Louvain , Brussels – Belgium.
- ESRI, (2011) - ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA, Environmental Systems Research Institute.
- ESRI. (2012) - ArcGIS 9 Building a Geodatabase.
- ESRI. (2012) - Data Interoperability Extension Tutorial.
- ESRI,(2013) - ESRI support, le lien : <http://support.esri.com/en/Products/More-Products/Content/esri-demographics/2013>
- ESRI, (2015) - ESRI support. <https://developers.arcgis.com/support/>
- ESRI, 2016 – ESRI support, le lien : <https://www.esrifrance.fr/>
- Estupina-Borrell (2004)- Vers une modélisation hydrologique adaptée à la prévision opérationnelle des crues éclair Application à de petits bassins versants du sud de la France. *Thèse de doctorat*.
- Evans T., (2010)- Using ALOS/PALSAR and RADARSAT-2 to map land cover and seasonal inundation in the Brazilian Pantanal. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* , 3(4 PART 2): 560-575.
- FAO (1977)- *Assessing soil degradation* . FAO bulletin pédagogique N°34.
- Faouzi, (2009) - Hassan.Faouzi. (2009). « Démographie et urbanisation au Maroc, des questions d'avenir ». Libération,. octobre 2009 9
- Fellah B., (2002)- Fenêtre sur le territoire marocain, répartition des risques naturels au Maroc, direction de l'aménagement de territoire, Rabat.
- FEMA, (2013) – Flood Risk Database Technical Reference, Guidelines and standards for Flood Risk analysis and Mapping
- Fernandez-Lavado C., (2007)- Geomorphological method in the elaboration of hazard maps for flash-floods in the municipality of Jucuaran (El Salvador). *Natural Hazards and Earth System Sciences*. , 7: 455-465.
- Fofana et al., (2013)- « Apport des SIG pour l'Estimation des niveaux d'eaux en plaine inondée –Gharb, Maroc ». *European Scientific Journal* April 2014 edition vol.10, No.11 ISSN: 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431.
- Fouchier C., (2010)- Développement d'une méthodologie pour la connaissance régionale des crues. . *Thèse de doctorat, Université Montpellier 2, France*..
- Furdada G., (2008)- Flood hazard map in La Trinidad (Nicaragua). Method and results. *Natural Hazards* , 45(2), 183-195.
- Garry G., Ballais J-L., & Masson M., (2002)- La place de hydrogéomorphologie dans les études d'inondation en France méditerranéenne. *Géomorphologie : relief, processus, environnement* , 1,5-16.
- Gartet A., (1999)- Violence des crues de l'Oued Lebène et évolution des lits fluviaux (Préif central, Maroc) . «Risques naturels» (ouvrage collectif sous la direction de P. Gabert et J. Vaudour), Éditions du CTHS, Paris, 157 p.
- Gilard O., (1998)- Les bases techniques de la méthode Inondabilité. *Cemagref Éditions*,207p.
- Gourbesville.P, (2000)- *Intérêt de l'approche spatiale dans la gestion des risques d'inondation : hydroinformatique et SIG*. Conférence française ESRI.
- Guej G., (1996)- AMC Designer : Mise en oeuvre de merise. *Editions Eyrolles*.
- Guiton M., (1998)- *Ruissellement et risque majeur, Phénomènes, exemples et gestion spatiale des crues*. Etudes et recherches des LPC Série Environnement et Génie Urbain EG13, 315 pages .

- Hansson K., (2008)- Assessment of flood management framework. *International Journal of Public information System*, 1, (25-37).
- Horritt M., (2001)- Predicting floodplain inundation: raster-based modelling versus the finite-element approach. *Hydrol. Process* , 15(5): 825-842.
- IPCC (2012)- Managing The Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.). *Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge, ENGLAND.* , 582 pp.
- Jacobson I., Booch G., & Rumbaugh J., (1997a)- The Objectory Software Development Process. *AddisonWesley* .
- Jacobson I., Booch G., & Rumbaugh J., (1997b)- Unified Modeling Language Reference Manual. *AddisonWesley*.
- James B., (2008)- La prévention des catastrophes: le rôle de l'UNESCO. *Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la culture, Paris*, 49 pages.
- Jenkins, G., & Box, G. (1976)- Time Series Analysis : Forecasting and Control, Holden-Day. *San Francisco*.
- Jiqun Z., (2002)- Flood disaster monitoring and evaluation in china. *Environmental Hazard* , 4, 33, .
- Khair F., (2013)- Assemblage des deux modèles HEC RAS et HEC GEORAS afin de délimiter des zones de débordement au bassin versant Ain Jmeaa. *Memoire de fin d'étude* .
- Kirstie A., Brierley J. & Fryirs G., (2005)- Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework. *Blackwell Publishing, Oxford, UK* , 398pp.
- Koehl M. A. (2010)- How does morphology affect performance in variable environments? . *In Search of the Causes of Evolution: From Field Observations to Mechanisms. Princeton University Press, NJ. doi:10.586* , pp.177-191. In: P.R. Grant and B. Grant [eds.].
- Lahsaini et al., (2013) - Modélisation bidimensionnelle des crues de l'Oued Aggay (Ville de Sefrou)
- Lambert R., (2001)- La cartographie informative des zones inondables : l'exemple de Midi-Pyrénées. *Actes du Colloque Médi-Terra, Presses Universitaires de Perpignan* , pp : 95-110, Perpignan.
- Layan B., Dridri A., Benaabidate L. & Zemzami M. (2012)- Détermination des crues de projet par les aspects du débit de pointe et de l'hydrogramme de crue au niveau de la commune Ain Boukellal, bassin versant de l'oued Larbaa, Maroc. *European Scientific Journal* .
- Lelièvre M.-A., Buffin-Bélanger T. & Morneau F. (2008)- L'approche hydrogéomorphologique pour la cartographie des zones à risque d'inondation dans les vallées de petite et moyenne taille : Un exemple commenté pour la vallée de la Rivière-au-Renard. *Géorisques IV: 4e conférence canadienne sur les géorisques : des causes à la gestion, 20 au 24 mai 2008, Société canadienne de géotechnique, PUL*
- Malczewski J., (2006) - A GIS-based multicriteria decision analysis : A survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, 20(7) :703–726, 2006.
- Mallinis G. (2011)- An objectbased approach for flood area delineation in a transboundary area using ENVISAT ASAR and LANDSAT TM data. *International Journal of Digital Earth* , 1-13.
- MATEE/DE. (2005). La Prévention des desastres. Conference De Kobe- Hyogo. Rapport National.
- Maurel et al., 2000 – « analyse et prototypage d'un SIRS générique pour aider à la gestion intégrée des zones fluviales endiguées », actes du colloque SIRNAT, (Système d'Information pour les Risques Naturels), Grenoble, France : 13p.
- Medane K., 2012 - HYDROLOGIE ET MODELISATION PLUIE-DEBIT : CAS DU BASSIN VERSANT DE L'OUED BOUMESSAOUD (TAFNA NW- ALGERIEN). *Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen* .
- MEMEE (2008)- Risque d'inondation, étude pour la réalisation d'une cartographie et d'un système d'information géographique sur les risques majeurs au maroc.
- MEMEE (2016)- Base de données SIG du Plan National de Protection contre les inondations et impacts des ouvrages de protection sur l'environnement.

- Molines, N. et J.-J. Chevallier (2001). Système d'information géographique et analyse multicritère : une association novatrice au service du processus d'évaluation des grandes infrastructures linéaires Dans AMCDA - Aide Multicritère à la décision (Multiple Criteria Decision Aiding) ; Alberto Colorni, M. Paruccini et Bernard Roy. Joint Research Center, EUR Report, Commission Européenne 19 p.
- Morin M. (2008)- Concepts de base en sécurité civile. 60 pages.
- Musset A. (2002)- Ville nomades du nouveau monde. Paris, EHESS , 397 p.
- Napoli F., Guarnieri & Carrega P. (1999)- Forest Fire Metrology: Methodological and Technological Approach to Support the Experimental Process in Forest Fire Behaviour Modelling. In Actes du symposium international DELFI « Feux de forêts : besoins et innovations » , Athènes, Grèce,pp. 216-223.
- Napoli (2001)- « Formalisation et gestion des connaissances dans la modélisation du comportement des incendies de forêt » . Thèse de Doctorat ; Université de Nice-Sophia Antipolis ; 213 p.
- Néelz S. & Pender G. (2009) - Benchmarking the latest generation of 2D hydraulic modelling packages Report – SC120002. Environment Agency publication. ISBN: 978-1-84911-306-9.
- NRC (1996)- Alluvial Fan Flooding, National Research Council, Committee on Alluvial Fan Flooding. *National Academy Press, Washington DC* .
- OFEV (2012)- office federal de l'environnement.
- Ozer P. (2008)- Introduction aux Risques Naturels. Ozer P., DSGE, ULg .
- Peduzzi P. D. (2009)- Assessing global exposure and vulnerability towards natural hazards: The Disaster Risk Index. *Natural Hazards and Earth System Science* , 9(4): 1149-1159.
- Pender G. & Néelz S. (2009)- Desktop review of 2D hydraulic modelling packages. *Science Report- SC080035/SR. Bristol: Environment Agency* .
- Planat (2004)- Sécurité contre les dangers naturels – Concept et Stratégie, Série PLANAT 2/2004, Bienne, Plate-forme nationale « Dangers naturels » (PLANAT).
- Pulvirenti A., (2011)- *An algorithm for operational flood mapping from Synthetic Aperture Radar (SAR) data using fuzzy logic*. *Natural Hazards and Earth System Science*, 11(2): 529-540.
- Raccasi G. (2008)- Méthodes simples de détermination des zones inondables et de l'espace de liberté des cours d'eau pour la Roumanie. *Sous-traitance étude SCE-Toulon* .
- Refsgaard J. & Abbott M. (1996)- The role of distributed hydrological modelling in water resources management. In: *Distributed Hydrological Modelling. Kluwer, the Netherlands* , 1–16.
- Reynard E., Werren G., Lasri M., Obda K. (2011). Problèmes méthodologiques liés à la cartographie des phénomènes d'inondation dans deux bassins versants marocains. Actes de la 2e Rencontre Journée des dangers naturels (JRDN), Lausanne, 18 février 2011, 217-222
- Rochfeld (1989)- 'La méthode MERISE'. *Tome 3- Game opératoire* .
- Saidi M.,(2003)- L'étude du Rôle du milieu physique dans L'amplification des crues en milieu montagnard de la crue du 17 Aout 1995 dans la vallée de l'Ourika (Haut Atlas, Maroc) .
- Sanyal J. L. (2004)- Application of remote sensing in flood management with special reference to monsoon Asia: A review. *Natural Hazards* , 33(2): 283-301.
- Schumann G. D. (2009)- The Utility of Spaceborne Radar to Render Flood Inundation Maps Based on Multialgorithm Ensembles. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing* , 47(8): 2801-2807.
- Singh V.P., 1995. Watershed modelling. In: Singh P., ed. *Computer models of watershed hydrology*. Colorado, USA: Water Ressources Publications, Highlands Ranch, 1-22.
- Sinnakaudan S.K., (2003)- flood risk mapping for Pari river Incorporating sediment transport, Environ, Model, softw. 18, 119, .
- Sparx (2017) - <http://sparxsystems.com/>
- Strahler (1957)- *Quantitative analysis of watershed geomorphology* . Transaction of the American geophysical Union 14, 446-460.
- Sybase (2015)- SAP Sybase Tools: License Update.

- Tabyaoui H., Deffontaines B. , Chaouani A-A. , El Hammichi F. & Lahsaini M., Mounadel A., Magalhaes S. & Fortunato G. (2015)- Neotectonic and mass movements on the new Fez-Taza highway (Northern Morocco), *Engineering Geology for Society and Territory*
- Tanguy M. (2012)- Cartographie du risque d'inondation en milieu urbain adaptée à la gestion de crise analyse préliminaire. Québec: Institut national de la recherche scientifique Centre Eau Terre Environnement.
- Taous A., Obda K., Amyay M., Laaouane M., Tribak A., & Akdim B., (2010) - Cartographie et zonage de l'aléa d'inondation à Taza (Maroc). Application de la <<Méthode géomorphologique intégré >>. *Geomaghreb* , n°6, pp.1-19.
- Tardieu H., (1985)- La méthode Merise, Tome 2 : Démarche et pratiques.
- Torterotot (1993)- Le coût des dommages dus aux inondations: estimation et analyse des incertitudes. *Thèse en Sciences et Techniques de l'Environnement. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.Paris 6/10/1993* .
- Townsend P., & Walsh S. (1998)- Modeling floodplain inundation using an integrated GIS with radar and optical remote sensing. *Geomorphology* , 21(3-4): 295-312.
- UNDRO. (1979). *Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Report of Expert Group Meeting* .
- Villanova M. (2000)- Modélisation UML pour les systèmes d'information dédié aux risques naturels, Actes du colloque SIRNAT, Cemagref, IMAG, Grenoble, septembre 2000.
- Villevieille A. (1997)- Les risques naturels en Méditerranée . **Editeur** : Economica, **Collection** : Les fascicules du plan bleu, 160 pages, **ISBN-10**: 2717835156, **ISBN-13**: 978-2717835151
- Werren G., & Lasri M. (2014)- Cartographie du danger d'inondation : guide pratique pour l'application de la méthode suisse au Maroc.
- Yalcin G., (2004)- Analyzing flood vulnerable areas with multicriteria evaluation. *XXth International Society for Photogrammetry and remote Sensing Congress*.

Annexes

Annexe 1



Planche 1 : Inondation Rabat en Fevrier 2017



Planche 2 : Inondation salé en Fevrier 2017



Planche 3 : Inondation GUELMIM en 28 novembre 2014, laissant 36 morts

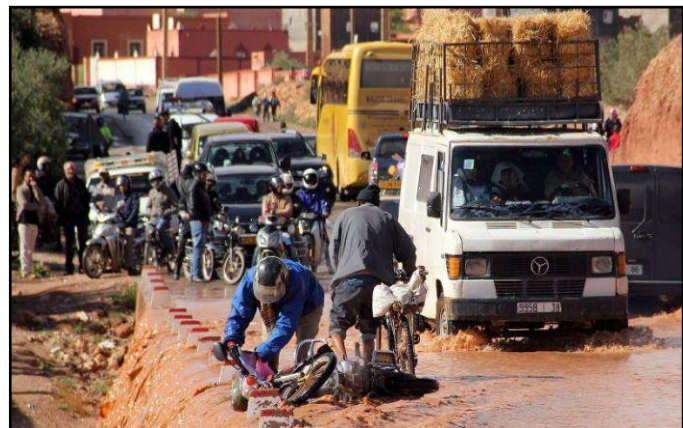


Planche 4 : Inondation region d'OUARZAZAT en 7 mai 2016



Planche5 : Chaâbat de Lalla Rquia - Route de Sefrou – Fès Inondation d'Août 1992



Planche 6 : Inondation Gare Casa port en 30 Novembre 2010

Annexe 2

Tableau 1 : Différents catégorie du risque au Maroc (MEMEE, 2015)

	Humain	Infrastructures	Constructions	Agricole	Économique	Environnemental
Faible	Risque de blessés, Personnes isolées pendant une inondation de longue durée.	Voiries (routes secondaires, chemins, rues) inondées pendant un temps court et avec moins de 20 cm de hauteur d'eau.	Inondations avec moins de 50 cm de hauteur d'eau et moins de 50 habitations touchées avec dommages nuls ou faibles.	Inondation des friches, prairies, zones forestières et zones agricoles extensives de faible superficie.	Quelques remises en état (balayage des rues – enlèvement des sédiments, lavage moquettes, sols, murs, peintures ...) Moins de 100 000 Dh de dégâts	Retours à la rivière de corps flottants déposés dans le lit majeur, de traces de produits pétroliers et huiles déposés sur les chaussées lessivées par l'inondation, d'engrais agricoles.
Moyen	Risque de victimes (1 à 10 victimes)	Voiries (routes principales, routes secondaires, chemins, rues) inondées avec des hauteurs d'eau comprises entre 20 et 50 cm avec circulation interrompue pendant quelques heures.	Inondations avec moins de 50 cm de hauteur d'eau et plus de 50 habitations touchées (centres) et plus de 50 cm avec moins de 50 habitations (douars).	Inondations de zones agricoles extensives de grande surface et de zones agricoles intensives de faible surface	Dégâts (privés et publics) compris entre 100 000 Dh et 1 000 000 de Dh.	Zones sensibles (zones humides) noyées avec incursion des produits
Élevé	Risque de victimes (10 à 50 victimes)	Voiries et ponts inondés avec des hauteurs d'eau supérieurs à 50 cm, circulation interrompue entre quelques heures et quelques jours.	Inondations comprises entre 50 cm et 1 m de hauteurs d'eau avec maisons et bien endommagés.	Inondations de zones agricoles intensives de grande surface et zones irriguées de moyenne surface	Dégâts directs et indirects (pertes d'activité économique, secours, relogement, aide médicale et sociale) compris entre 1 000 000 Dh et 10 000 000 Dh.	Déversement dans le milieu naturel (cours d'eau, lacs, étangs, retenues de barrage) de produits toxiques courants nuisibles pour la flore, faune et dépassant, sans danger toutefois, les normes sanitaires pour les eaux destinées à la consommation humaine.
Très élevé	Risque de victimes (plus de 50 victimes)	Voiries et ponts inondés avec des hauteurs d'eau supérieurs à 1 m. Ouvrages détruits à reconstruire, circulation interrompue de quelques jours à quelques semaines.	Inondations avec plus de 1 m d'eau, maisons détruites.	Inondation des zones agricoles intensives ou de zones agricoles à cultures à haute valeur ajoutée et importantes pour l'économie locale (Maraîchage, fruits, palmeraies)	Dégâts directs et indirects supérieurs à 10 000 000 Dh.	Déversement dans le milieu naturel de produits hautement toxiques pouvant détruire partiellement ou totalement la flore et la faune et entraîner une suspension de la consommation de l'eau à usage domestique.

Tableau 2 : Qualification des risques en fonction de l'Aléa et la Vulnérabilité (MEMEE, 2008)

Aléa(m) \ Vulnérabilité (m/s)	AF	AM	AE	ATE
VF	RF	RF	RM	RM
VM	RF	RM	RM	RE
VE	RM	RE	RTE	RTE
VTE	RM	RTE	RTE	REE

Tableau 3 : Qualification de la vulnérabilité (MEMEE, 2008)

Vulnérabilité faible (VF)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Zones désertiques ❖ Zones forestières ❖ Zones de friche ❖ Zones naturelles
Vulnérabilité moyenne (VM)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Zones agricoles extensives ❖ Bours ❖ Infrastructures secondaires ❖ Dépôts ménagères
Vulnérabilité élevée (VE)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Zones agricoles intensive ❖ Zones agricoles irriguées ❖ Zones maraichères et fruitières ❖ Palmeraies ❖ Zones habitées peu denses ❖ Zones d'activités peu denses ❖ Infrastructures principales ❖ Dépôts industriels non toxiques
Vulnérabilité très élevée (VTE)	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Zones fortement habitées ❖ Zones d'activités importantes ❖ Zones touristiques très fréquentées ❖ Camping ❖ Dépôts industriels toxiques

Annexe 3

Tableau 1 : Identifiants créés dans Ms-Access

Code	Nom classe d'objet
Id_carte_topo	Carte_topo
Id_coordonnées_profil	Coordonnées_profil
Id_cours_eau	Cours_eau
Id_evaluation_risque	Evaluation_risques
Id_event	Event
Id_hist_crue	Hist_crue
Id_bassin_hydro	Bassin hydrographique
Id_BDRI_local	BDRI_Local
Id_BDRI_Proj	BDRI_Proj
Id_modélisation_hydraulique	Modélisation_hydraulique
Id_modélisation hydrologique	Modélisation_hydrologique
Id_occup_sol	Occup_sol
Id_ouvrage_protect	Ouvrage_protection
Id_photo	Photo
Id_point_eau	Point_eau
Id_poste_pluvio	Poste_pluvio
Id_profils	Profils_en_travers
Id_résultat_ouvrage	Résultat_ouvrage
Id_résultat_profil	Résultat_profil
Id_risque_inond	Risque_inond
Id_station_hydro	Station_hydro
Id_source_données	Source_données
Id_T(10)	T(10)_modélisation_hydro
Id_T(10)_ouvrage	T 10_ouvrage
Id_T(10)_profil	T(10)_profil
Id_T(25)	T(25)_modélisation_hydro
Id_T(25)_ouvrage	T25_ouvrage
Id_T(25)_profil	T(25)_profil
Id_T(50)	T(50)_modélisation_hydro
Id_T(50)_ouvrage	T50_ouvrage
Id_T(50)_profil	T(50)_profil
Id_T(100)	T(100)_modélisation_hydro
Id_T(100)_ouvrage	T100_ouvrage
Id_T(100)_profil	T(100)_profil
Id_topo	Topo_zn_inondée
Id_zn_Inondée	Zn_inondée

Tableau 2 : Dictionnaire des données

NC : Non Calculé, **C** : Calculé ; **ANI** : Alphanumérique Illimité, **ANL** : Alphanumérique limité, **D** : Date, **N** : Numérique.

Code	Libellé	Nature	Type
Agglomération	Plusieurs entités administratives interconnectées	NC	ANI
Altit_Moy_BHP	Altitude moyen d'un bassin versant principal	NC	N
Altitude_pointeau_z	Coordonnée z du point d'eau	NC	N
Aménagements_proposés	Les aménagements proposés	NC	ANI
Année_pub	Date de publication	NC	D
Auteur	Auteur de la source de données	NC	ANI
Axe_Orientat	Orientation du cours d'eau	NC	ANL
Barrage	Ouvrage qui barre plus que le lit mineur	NC	BOT
But_ouvrage	Énergie, irrigation, alimentation en eau potable...	NC	ANI
Buse	Ouvrage hydraulique de taille moyenne	NC	BOT
Catégorie_occup_sol	Catégorie de couverture de la surface de la terre	NC	ANL
Capture_photo_vers_ament	Position de capture de la photo	NC	BOT
Capture_photo_vers_aval	Position de capture de la photo	NC	BOT
Code_bassin_hydro	Code du bassin hydrographique	NC	N
Code_carte	Code de la carte topographique	NC	N
Code_cours_eau	Code du cours d'eau	NC	N
Code_event	Code de l'événement d'inondation	NC	N
Code_ouvrage	Code de l'ouvrage d'art	NC	N
Code_photo	Code de la photo	NC	N
Code_pluvio	Code de la poste pluviométrique	NC	N
Code_point_eau	Code du point hydrographique	NC	N
Code_profil	Code du profil	NC	N
Code_station	Code de la station hydrométrique	NC	N
Commune	Circonscription administrative	NC	ANL
Coeffit_contarction	Coefficient de contraction	C	N
Coeffit_strickler	Coefficient de Strickler	C	N
Condition_aval	Condition aval pour un modèle hydraulique	NC	ANI
Coord_x	Coordonnées x d'un profil	NC	N
Coord_z	Coordonnées z d'un profil	NC	N
Coordonnée_event_X	Coordonnées x d'un événement	NC	N
Coordonnée_event_Y	Coordonnées y d'un événement	NC	N
Coord_ouvrage_x	Coordonnées x d'un ouvrage	NC	N
Coord_ouvrage_y	Coordonnées y d'un ouvrage	NC	N
Coord_poste_x	Coordonnées x d'un poste pluviométrique	NC	N
Coord_poste_y	Coordonnées y d'un poste pluviométrique	NC	N
Coordonnée_pointeau_x	Coordonnées x d'un point d'eau	NC	N
Coordonnée_pointeau_y	Coordonnées y d'un point d'eau	NC	N
Coord_station_x	Coordonnées x d'une station	NC	N
Coord_station_y	Coordonnées y d'une station	NC	N
Coord_station_z	Coordonnées z d'une station	NC	N
Dalot	Ouvrage hydraulique rectangulaire semi-enterré	NC	BOT
Date_const	Date de construction de l'ouvrage	NC	D
Date_event	Date de début de la crue	NC	D
Date_mise_en_service_station	Date de mise en service de la station	NC	D
Date_mise_en_service_poste	Date de mise en service de la poste pluvio	NC	D
Date_profil	Date de créer le profil	NC	D
Datum_h	Datum horizontal	NC	ANI
Datum_v	Datum vertical	NC	ANI
Débit_CH	Débit en charge qui peut supporter l'ouvrage	NC	N
Débit_max_pointeau	Débit maximum à un point d'eau	NC	N
Débit_max_(m3/s)	Débit maximum estimé lors de la crue	NC	N
Débit_ouvrage_(m3/s)	Débit de l'ouvrage à un période de retour T	NC	N
Débit_pointe_calculé_T(10)	Débit de pointe calculé à T= 10	C	N

Débit_pointe_calculé_T(25)	Débit de pointe calculé à T= 25	C	N
Débit_pointe_calculé_T(50)	Débit de pointe calculé à T= 50	C	N
Débit_pointe_calculé_T(100)	Débit de pointe calculé à T= 100	C	N
Débit_pointe_profil	Débit de pointe de profil	NC	N
Débit_SL	Débit en surface libre que peut supporter l'ouvrage	NC	N
Débordement (10)	Débordement dans le lit majeur à T=10	NC	BOT
Débordement (25)	Débordement dans le lit majeur à T=25	NC	BOT
Débordement (50)	Débordement dans le lit majeur à T=50	NC	BOT
Débordement (100)	Débordement dans le lit majeur à T=100	NC	BOT
Dénivelé_BHP	Dénivelé du bassin principal	C	N
Description	Description engendrée la carte	NC	ANI
Descrp_Aléa	Description de l'aléa	NC	ANI
Descrp_event	Description de l'événement d'inondation	NC	ANI
Description_photo	Description de la photo	NC	ANI
Digue	Ouvrage destiné à s'opposer au passage de l'eau	NC	BOT
Distance_profil_aval	Distance de profil à l'aval du cours d'eau	NC	N
Durée_inond_(h)	Durée de l'inondation en heure	NC	N
Échelle	Échelle de la carte	NC	ANL
Ecoulement_charge	Type d'écoulement dans un ouvrage à T	NC	BOT
Ecoulement_déversement	Type d'écoulement dans un ouvrage à T	NC	BOT
Ecoulement_libre	Type d'écoulement dans un ouvrage à T	NC	BOT
Elevation_event_Z	Coordonnées Z de l'événement	NC	N
Enjeux_agricoles	Enjeux liés aux activités agricoles	NC	ANI
Enjeux_commerciaux	Enjeux liés aux activités commerciales	NC	ANI
Enjeux_environmentales	Enjeux liés aux activités environnementales	NC	ANI
Enjeux_humains	Enjeux humains	NC	ANI
Enjeux_industriels	Enjeux liés aux activités industriels	NC	ANI
Enjeux_infrastructures	Enjeux liés aux infrastructures	NC	ANI
Enjeux_urbains	Enjeux liés aux activités urbains	NC	ANI
Format	Format de la source de données	NC	ANL
Hauteur_eau_(m)	Hauteur d'eau lors de la crue exprimée en mètre	NC	N
Hauteur_ouvrage	Hauteur de l'ouvrage	NC	N
H (10)	Hauteur d'eau à T=10	C	N
H (25)	Hauteur d'eau à T=25	C	N
H (50)	Hauteur d'eau à T=50	C	N
H (100)	Hauteur d'eau à T=100	C	N
Id_Bassin_hydro	Identifiant d'un bassin hydrographique	NC	ANI
Id_BDRI_local	Identifiant de la localisation administrative	NC	ANI
Id_BDRI_proj	Identifiant de la zone de notre projet	NC	ANI
Id_carte_topo	Identifiant de la carte topographique	NC	ANI
Id_coordonnées_profil	Identifiant les coordonnées d'un profil	NC	ANI
Id_cours_eau	Identifiant d'un cours d'eau	NC	ANI
Id_evaluation_risque	Identifiant d'évaluation du risque	NC	ANI
Id_event	Identifiant de l'événement	NC	ANI
Id_hist_crue	Identifiant de l'historique de la crue	NC	ANI
Id_modélisation_hydraulique	Identifiant de la modélisation hydraulique	NC	ANI
Id_modélisation_hydrologique	Identifiant de la modélisation hydrologique	NC	ANI
Id_occup_sol	Identifiant de l'occupation du sol	NC	ANI
Id_ouvrage_protect	Identifiant de l'ouvrage de protection	NC	ANI
Id_photo	Identifiant de la photo	NC	ANI
Id_point_eau	Identifiant du point d'eau	NC	ANI
Id_poste_pluvio	Identifiant de la poste pluviométrique	NC	ANI
Id_profil	Identifiant d'un profil	NC	ANI
Id_résultat_ouvrage	Identifiant des résultats d'ouvrage	NC	ANI
Id_résultat_profil	Identifiant des résultats du profil	NC	ANI
Id_risque_inond	Identifiant du risque d'inondation	NC	ANI
Id_source_données	Identifiant d'une source de données	NC	ANI
Id_station_hydro	Identifiant d'une station hydrométrique	NC	ANI
Id_topo_zn_inondée	Identifiant de la topographie de la zone inondée	NC	ANI

Id_T(10)	Identifiant du temps de retour 10	NC	ANI
Id_T(25)	Identifiant du temps de retour 25	NC	ANI
Id_T(50)	Identifiant du temps de retour 50	NC	ANI
Id_T(100)	Identifiant du temps de retour 100	NC	ANI
Id_T(10)_ouvrage	Identifiant du temps de retour 10 d'un ouvrage	NC	ANI
Id_T(25)_ouvrage	Identifiant du temps de retour 25 d'un ouvrage	NC	ANI
Id_T(50)_ouvrage	Identifiant du temps de retour 50 d'un ouvrage	NC	ANI
Id_T(100)_ouvrage	Identifiant du temps de retour 100 d'un ouvrage	NC	ANI
Id_T(10)_profil	Identifiant du temps de retour 10 d'un profil	NC	ANI
Id_T(25)_profil	Identifiant du temps de retour 25 d'un profil	NC	ANI
Id_T(50)_profil	Identifiant du temps de retour 50 d'un profil	NC	ANI
Id_T(100)_profil	Identifiant du temps de retour 100 d'un profil	NC	ANI
Image_profil	Image d'un profil	NC	OB
Indice_Horton	Indice d' Horton	C	N
Indice_Starhler	Indice de Starhler	C	N
Ks_lit_majeur_rivedroite	Coefficient de rugosité à la rive droite de lit maj	NC	N
Ks_lit_majeur_rivegauche	Coefficient de rugosité à la rive droite de lit maj	NC	N
Ks_lit_mineur	Coefficient de rugosité au lit mineur	NC	N
Langue	Langue du document	NC	ANI
Larg_cours_eau	Largeur du cours d'eau	NC	N
Larg_ouvrage	Largeur de l'ouvrage	NC	N
Lien_web	Adresse web	NC	ANI
Longeur_BHP	Longueur du bassin hydrographique principal	C	N
Long_cours_eau	Longueur du cours d'eau	NC	N
Morphologie	Morphologie d'un cours d'eau	NC	ANL
Nature_roche_écoulement	Nature de la roche d'écoulement	NC	ANL
Nom_bassin_hydro	Nom du bassin hydrographique	NC	ANI
Nom_carte	Nom de la carte topographique	NC	ANI
Nom_cours_eau	Nom d'un cours d'eau	NC	ANI
Nom_event	Nom d'événement	NC	ANI
Nom_Métadata	Nom du Métadata	NC	ANI
Nom_point_eau	Nom du point d'eau	NC	ANI
Nom_profil	Nom du profil	NC	ANI
Nom_projet	Nom du projet	NC	ANI
Nom_station	Nom de la station	NC	ANI
Num_profil	Nom du profil	NC	ANI
Orientation_BHP	Orientation du bassin hydrographique	NC	ANL
Pente_Moy_BHP	Pente moyenne du bassin hydrographique	C	N
Pente_talweg_ouvrage	Pente de talweg en m/m pour un ouvrage	NC	N
Pente_talweg_profil	Pente du talweg en m/m pour un profil	NC	N
Pérméabilité_terrain	Perméabilité de terrain	NC	ANL
Pluie_journalière_T(10)	Pluie journalière à T=10	C	N
Pluie_journalière_T(25)	Pluie journalière à T=25	C	N
Pluie_journalière_T(50)	Pluie journalière à T=50	C	N
Pluie_journalière_T(100)	Pluie journalière à T=100	C	N
Pluie_j_max	Pluie journalière maximum lors de la crue	NC	N
Pluie_pointe_calculé_T(10)	Pluie de pointe calculée à T=10	C	N
Pluie_pointe_calculé_T(25)	Pluie de pointe calculée à T=25	C	N
Pluie_pointe_calculé_T(50)	Pluie de pointe calculée à T=50	C	N
Pluie_pointe_calculé_T(100)	Pluie de pointe calculée à T=100	C	N
Post_pluvio	Poste pluviométrique	NC	ANI
Présence_ouvrage	Présence de l'ouvrage	NC	BOT
Présence_profil	Présence du profil	NC	BOT
Province	Province	NC	ANL
Publicateur	Responsable de la diffusion de la source	NC	ANI
Q (10)	Débit à T=10	NC	N
Q (25)	Débit à T=25	NC	N
Q (50)	Débit à T=50	NC	N
Q (100)	Débit à T=100	NC	N

Remarque	Idée générale sur le risque	NC	ANI
Régime_cours_eau	Régime du cours d'eau	NC	ANL
Régime_hydraulique	Régime hydraulique	NC	ANL
Région	Région	NC	ANL
Risque_agricole	Risques agricoles	NC	ANL
Risque_construction	Risques de constructions	NC	ANL
Risque_environnement	Risques environnemental	NC	ANL
Risque_économique	Risques économiques	NC	ANL
Risque_humain	Risques humains	NC	ANL
Risque_infrastructure	Risques d'infrastructures	NC	ANL
Scénario_Aléa	Scénario pris en compte pour l'inondation	NC	ANL
Surface_BHP	Surface du bassin hydrographique principal	NC	N
Surface_inondée_estimé	Surface inondées estimée en Ha	NC	N
Sujet	Sujet de la source	NC	ANI
Tc	Temps de concentration	C	N
Temps_retour_MH	Temps de retour	NC	ANI
Temps_retour	Temps de retour de l'historique du crue	NC	ANI
Titre_ref	Titre de référence	NC	ANI
Type_cours_eau	Type du cours d'eau	NC	ANL
Type_écoulement	Type d'écoulement	NC	ANL
Type_inond	Type d'inondation	NC	ANL
Type_point_eau	Type du point d'eau	NC	ANL
Type_profil	Type du profil	NC	ANL
Type_ref	Type de référence	NC	ANL
Type_ruissel	Type de ruissellement	NC	ANL
Type_sol	Type du sol	NC	ANL
Unité_projection	Unité de la projection utilisée	NC	N
Ville	Ville	NC	ANL
V(10)	Vitesse de l'eau à T=10	C	N
V(25)	Vitesse de l'eau à T=25	C	N
V(50)	Vitesse de l'eau à T=50	C	N
V(100)	Vitesse de l'eau à T=100	C	N
Zone_projection	Zone de projection	NC	ANL

Tableau 3 : Différents types d'inondation au Maroc (MEMEE, 2015).

Code	Valeur
TI_01	Crues lentes des grands cours d'eau
TI_02	Crues rapides des affluents principaux des grands cours d'eau
TI_03	Crues rapides des oueds côtiers
TI_04	Crues semi rapides des moyens bassins de plaine avec écoulement en nappe
TI_05	Crues torrentielles des petits bassins de montagne
TI_06	Crues pluviales en zones urbaines

Tableau 4 : Lexique Région

Code	Valeur
REG_01	Tanger-Tétouan-Al Hoceima
REG_02	Oriental
REG_03	Fès- Meknès
REG_04	Rabat- salé – Kenitra
REG_05	Beni Mellal- khénifra
REG_06	Casablanca-Settat
REG_07	Marrakech- safi
REG_08	Draa-Tafilalet
REG_09	Sous-Massa
REG_10	Guelmim-Oued Noun
REG_11	Laayoune-Saguia al Hamra
REG_12	Ed Dakhla-Oued ed Dahab

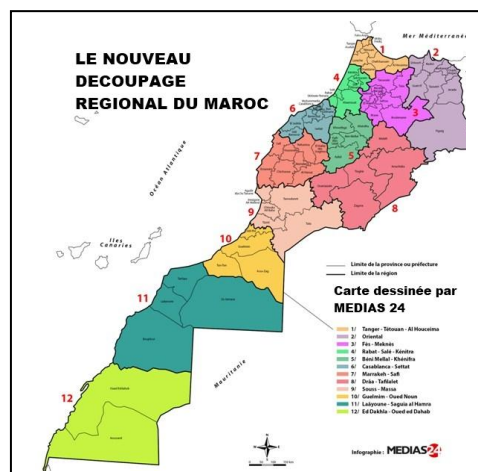


Tableau 5 : Lexique Province

Code	Valeur	Code	Valeur	Code	Valeur
PROV_01	Tanger asilah	PROV_26	Safi	PROV_51	Chichaoua
PROV_02	M'diq Fnidk	PROV_27	Rehamna	PROV_52	El Kelaâ Sraghna
PROV_03	Chefchaouen	PROV_28	Rabat	PROV_53	Essaouira
PROV_04	Fahs Anjra	PROV_29	Salé	PROV_54	El Youssoufia
PROV_05	Larache	PROV_30	Skhirate-Témara	PROV_55	Errachidia
ROV_06	Tétouen	PROV_31	Kénitra	PROV_56	Ouarzazate
PROV_07	Ouezzane	PROV_32	Khemisset	PROV_57	Zagora
PROV_08	Al Hociema	PROV_33	Sidi Kacem	PROV_58	Tinghir
PROV_09	Oujeda Angad	PROV_34	Sidi Slimane	PROV_59	Midelt
PROV_10	Berkane	PROV_35	Azilal	PROV_60	Agadir Ida ou Tanane
PROV_11	Jrada	PROV_36	Béni Mellal	PROV_61	Inezgane Ait Mellol
PROV_12	Nador	PROV_37	Khénifra	PROV_62	Chetoka Ait Baha
PROV_13	Taourirt	PROV_38	Khoribga	PROV_63	Taroudant
PROV_14	Drriouch	PROV_39	Fquih ben Salah	PROV_64	Tata
PROV_15	Guercif	PROV_40	Casablanca	PROV_65	Tiznit
PROV_16	Figuig	PROV_41	Mohammedia	PROV_66	Guelmim
PROV_17	Meknes	PROV_42	Ben Slimane	PROV_67	Tan Tan
PROV_18	Fes	PROV_43	El Jadida	PROV_68	Sidi Ifni
PROV_19	Boulemane	PROV_44	Mediouna	PROV_69	Assa-Zag
PROV_20	El hajeb	PROV_45	Nouacer	PROV_70	Es Semara
PROV_21	Sefrou	PROV_46	Settat	PROV_71	Boujdour
PROV_22	Ifrane	PROV_47	Berrechid	PROV_72	Laayoune
PROV_23	Taounate	PROV_48	Sidi Bennour	PROV_73	Tarfaya
PROV_24	Taza	PROV_49	Marrakech	PROV_74	Aouesserd
ROV_25	Moulay yakoub	PROV_50	El Haouz	PROV_75	Oued Eddahab

Tableau 6 : Lexique Commune

Code	Valeur
COM_01	Aïn Bida
COM_02	Sidi Hrazem
COM_03	Municipalité de Fès
...	Ouled Taib

Tableau 7 : Lexique Ville

Code	Valeur
VIL_01	Fès
VIL_02	Meknès
VIL_03	Tanger
...	Rabat

Tableau 8 : Zones de projection

Code	Valeur
Zone_1	Zone 1 (nord du Maroc)
Zone_2	Zone 2 (Agadir)
Zone_3	Zone 3(La'youn)
Zone_4	Zone 4 (Dakhla)

Tableau 9 : Différents scénario pris en compte pour l'inondation

Code	Valeur	Définition
ATE	Aléa très élevée	Aléa provoque les premiers dommages conséquents une vitesse supérieure à 2 m/s et une hauteur d'eau supérieure à 1.50 m
AE	Aléa élevée	Événement ayant une vitesse entre 1 m/s et 2 m/s et la hauteur d'eau entre 0.80 m et 1.50 m
AM	Aléa de moyenne probabilité	Événement ayant un hauteur d'eau entre 0.30 m et 0.80 m et la vitesse entre 0.50 m/s et 1m/s
AF	Aléa de faible probabilité	Événement d'inondation a une vitesse inférieure 0.50 (m/s) et la hauteur d'eau inférieure à 0.3 m
AN	Aléa négligeable	Événement ayant une période de retour 1000, ou le phénomène d'inondation est exceptionnel inondant toute la surface de plaine alluviale.

Tableau 10 : Les grands Bassins Hydrographiques existent au Maroc

Code	Valeur
01	Loukkous
02	Moulouya
03	Sebou
04	Oum Er Rbia
05	Tensift
06	Bouregreg
07	Sous Massa Draa
08	Sud Atlasique
09	Sahara

Tableau 11 : Catégorie d'occupation du sol

Code	Valeur	Définition
COS_01	Terrains artificiels	Terrains résidentiels Terrains occupés par des commerces, bureaux et services Terrains occupés par des services publics et équipements communautaires Terrains à usage de loisirs et espaces verts urbains Terrains occupés par des bâtiments agricoles Terrains à usages industriel et artisanal Carrières, décharges et espaces abandonnés Infrastructures de transport Autres espaces artificialisés
COS_02	Terrains agricoles	Terres arables et cultures permanentes Surfaces enherbées et friches agricoles
COS_03	Zones forestières	Etendues de plus d'un hectare caractérisé par un peuplement d'arbres
COS_04	Zones humides	Fagnes, Marais
COS_05	Surfaces en eau	Canaux, Douves, Etangs, Fosses, Lacs, Mares, Pisciculture, Points d'eau
COS_06	Terrains nus	les différents terrains vides à savoir les terrains dépourvus de végétation ou peu végétalisés, les terrains non utilisés pour l'agriculture, les dunes de sable, les terrains rocheux et falaises.
COS_07	Inconnu	Terrain de nature inconnu

Tableau 12 : différents type du sol existe au Maroc

Code	Valeur	Définition
TS_01	Tirs	sols profonds dont la teneur en argile est prépondérante, notamment les argiles gonflantes qui leur confèrent un comportement spécifique.
TS_02	Hamri	sols profonds ou moyennement profonds, reposant souvent sur un substrat calcaire. Ils sont généralement décarbonatés en surface et pauvres en matière organique d'où une coloration vive.
TS_03	Harch	sols profonds dont la couleur varie selon leur situation alors que leur texture est généralement grossière.
TS_04	Dehs	sols très profonds, de texture grossière à très grossière, dont la genèse est dominée par des apports fluviaux. Ils sont situés le plus souvent aux bords des oueds.
TS_05	Biad	sols peu profonds (P< 40 cm) caillouteux et riches en calcaire, reposant sur croûte (dalle) calcaire. Ils sont localisés, généralement, sur des pentes ou plateaux
TS_06	Rmel	sols profonds, dont une partie est généralement constituée d'apport éolien (ou alluvial) et de texture grossière. Cet apport peut couvrir des formations argileuses (cas de la plaine de Doukkala).

Tableau 13: Perméabilité de terrain en fonction de type du sol (FAO, 1977)

Code	Valeur	Définition
PT_01	Perméable	Sols sableux grossier ou le coefficient de perméabilité : $2 \times 10^{-3} \text{ m/s} < K < 2 \times 10^{-1} \text{ m/s}$
PT_02	Semi perméable	Sols limoneux ou le coefficient de perméabilité : $1 \times 10^{-8} \text{ m/s} < K < 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
PT_03	Imperméable	Sols argileux Fine ou le coefficient de perméabilité : $1 \times 10^{-11} \text{ m/s} < K < 5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$

Tableau 14 : Nature des Roches

Code	Valeur
NR_01	Amphibolite
NR_02	Basalte
NR_03	Calcaire
NR_04	Calcschiste
NR_05	Conglomérat
NR_06	Diorite
NR_07	Dolomie
NR_08	Gabbros
NR_09	Gneiss
NR_10	Grés
NR_11	Marne
NR_12	Micaschiste
Etc.	

Tableau 15 : Orientation du sous bassin versant principal

Code	Valeur
N	Nord
S	Sud
E	Est
W	Ouest
NE	Nord Est
NW	Nord ouest
SE	Sud Est
SW	Sud ouest

Tableau 16 : Différents types de cours d'eau (Dictionnaire français d'hydrologie)

Code	Valeur	Définition
TCE_01	Fleuve	cours d'eau important, généralement caractérisé par une très grande longueur et largeur, un débit abondant, des affluents nombreux et qui se jette le plus souvent dans la mer
TCE_02	Rivière	cours d'eau naturel moyennement abondant qui se jette dans un fleuve, dans la mer ou parfois dans un lac
TCE_03	Ravine	désigne les cours d'eau des îles tropicales, se jetant dans la mer, et pouvant connaître des débits extrêmement importants à la suite de fortes pluies
TCE_04	Oued	cours d'eau temporaire dans les régions arides (principalement en Afrique du Nord et au Moyen Orient)
TCE_05	Torrent	cours d'eau à forte pente des régions montagneuses ou accidentées, à débit rapide et très irrégulier, à crues subites et violentes
TCE_06	Ruisseau	petit cours d'eau d'importance relativement peu considérable et souvent affluent d'une rivière, d'un lac, d'un étang
TCE_07	Ruisselet	désigne un tout petit ruisseau, c'est-à-dire un cours d'eau de faible largeur (inférieure à un mètre), souvent au démarrage d'un écoulement
TCE_08	Rigole	petit conduit creusé dans la pierre, le ciment ou petit fossé aménagé dans la terre, destiné à amener ou à évacuer l'eau
TCE_09	Bras	partie d'un cours d'eau reliant souvent deux entités hydrographiques
TCE_10	Canal	Conduit naturel ou artificiel permettant le passage d'un fluide
TCE_11	Chenal	passage ouvert à la navigation

Tableau 17 : Différent types de point d'eau

Code	Valeur	Définition
TPE_01	Naturel	Un point d'eau est naturel résulte de l'émergence de l'eau souterrain
TPE_02	Artificiel	Un point d'eau résulte de travaux du fait de l'homme comme les forages et les creusements...
TPE_03	Inconnu	Le type de point d'eau est inconnu

Tableau 18 : Nature du point d'eau

Code	Valeur	Définition
NPE_01	Affleurement de nappes	Carrières à ciel ouvert, gravières, zones humides, etc.
NPE_02	Source	Lieu et phénomène d'apparition et d'écoulement naturel d'eau souterraine à la surface du sol, assez bien individualisés et à l'origine en général d'un cours d'eau de surface. Vasque d'eau formée par l'émergence. Sous ce terme générique sont incluses les sources captées, karstiques et non captées ainsi que les fontaines hors réseau de distribution. <i>Source : Dictionnaire français d'hydrogéologie, G. Castany et J. Margat (1977) Correspondance : 'Source captée' (Nature de l'ouvrage du piézomètre / PEZ / 1997)</i>
NPE_03	Forage	Ouvrage impliquant l'exploitation passée, présente ou future d'une substance minérale, eau comprise.
NPE_04	Puits	Toute excavation creusée à partir de la surface du sol et pénétrant un aquifère, utilisée pour puiser de l'eau ou pour agir localement sur la charge hydraulique dans l'aquifère, ou plus largement pour d'autres usages (pénétration dans le sous-sol, extraction, etc.). <i>Source : Dictionnaire français d'hydrogéologie, (Castany.G & Margat.J, 1977)</i>
NPE_05	Perte	Lieu et phénomène de disparition naturelle totale ou partielle d'un cours d'eau de surface permanent ou temporaire dans le sous-sol, par infiltration ou par engouffrement, en domaine karstique principalement. <i>Source : Dictionnaire français d'hydrogéologie, G. Castany et J. Margat (1977)</i>
NPE_06	Cavité souterraine	Cavité naturelle ou anthropique 'Aven' (Nature de l'ouvrage du piézomètre / PEZ / 1997)
NPE_07	Drain	Tout conduit non étanche, collecteur d'eau souterraine par gravité, imposant des niveaux rabattus (potentiels) constants, dans lequel l'eau s'écoule avec ou sans surface libre (tranchée, galerie, canalisation enterrée, puits ou forage). Plus particulièrement, un drain est un conduit de collecte et d'évacuation de l'eau excédentaire dans un périmètre d'irrigation et d'assainissement (réseau de drainage) ; ouvrage servant à maintenir les niveaux piézométriques, la surface libre d'une nappe au dessous de cotes fixées, et à prévenir les sous-pressions. Ouvrage dont le but est d'évacuer l'eau plutôt que de la capter. <i>Source : Dictionnaire français d'hydrogéologie, G. Castany et J. Margat (1977)</i>
NPE_08	Pièzo	Un piézomètre « ouverts » est un simple tube, qui permet depuis la surface d'accéder à l'eau d'une nappe. Il permet d'en relever le niveau piézométrique à l'aide d'une sonde

Tableau 19: Types d'écoulement dans un cours d'eau (R.Lambert, 1996)

Code	Valeur	Définition
TPE_01	Permanent	Un régime d'écoulement est dit permanent ou stationnaire quand les paramètres qui le caractérisent ont une valeur constante au cours du temps. Il doit être connecté entre deux plans d'eau (lacs, étangs, mares). La largeur de la rive est supérieure à 20 m et le débit n'est jamais nul. La durée d'écoulement est 12 mois sur 12 (365j/365)
TPE_02	Saisonnnière	La durée d'écoulement est quelques mois consécutifs par an
TPE_03	Épisodique	L'écoulement ne dure qu'un épisode de quelques jours seulement comme dans certains semi arides à très courte saison pluvieuse
TPE_04	Spasmodique	L'écoulement ne dure que quelques heures comme dans les oueds des déserts
TPE_05	Intermittent	La largeur de la rive est entre 10m et 15 m, A l'aval les sources karstiques sont intermittentes La durée d'écoulement est en minutes à intervalles plus ou moins réguliers
TPE_06	Torrentiel	Écoulement torrentiel très irrégulier

Tableau 20 : Morphologie d'un cours d'eau (J-L Ballais et al., 2005)

Code	Valeur	Définition
MCE_01	Lit mineur	Lit emprunté par la crue annuelle
MCE_02	Lit moyen	Lit occupé par les crues fréquentes à moyennes
MCE_03	Lit majeur	Lit occupé par les crues rares à exceptionnelles
MCE_04	Plaine inondable	Elle est inondée par ruissellement pluvial ou par débordements dus à des obstacles anthropiques ou naturels

Tableau 21 : Type ruissellement

Code	Valeur	Définition
RU_N	Ruissellement Négligeable	Si la hauteur d'eau est inférieure à 0.05m et la vitesse est inférieure à 0.2 m/s
RU_F	Ruissellement Faible	Si la hauteur d'eau entre à 0.05m et 1 m et la vitesse est inférieure à 0.2 m/s
RU_M	Ruissellement Moyen	Si la hauteur d'eau entre 0.05 m et 0.5 m et la vitesse entre 0.2 m et 0.5 m/s
RU_E	Ruissellement Élevé	Si la hauteur d'eau entre 0.05 m et 1 m et la vitesse est supérieure 0.5 m/s
RU_TE	Ruissellement Très élevé	Si la hauteur d'eau est supérieur 1m et la vitesse est supérieure 0.5 m/s

Tableau 22 : Régime d'écoulement d'un cours d'eau

Code	Valeur	Définition
REC_01	Complexe	Plusieurs alternances dans l'année, soit plusieurs extrema et différents modes d'alimentation.
REC_02	Mixte	Deux alternances par an, soit 2 maxima et 2 minima, correspondant à plusieurs modes d'alimentation (régime nivo-pluvial, nivo-glaciaire...)
REC_03	Simple	Une seule alternance annuelle de hautes et de basses eaux
REC_04	Inconnu	Régime d'écoulement inconnu

Tableau 23 : Différentes échelles utilisées

Code	Valeur
ECH_01	1/10 000
ECH_02	1/25 000
ECH_03	1/50 000
ECH_04	1/100 000
ECH_05	Inconnu

Tableau 24: Différents type de profil

Code	Valeur
TYP_01	Profil tiré de la carte au 1/2000 ^{ème} ou 1/5000 ^{ème}
TYP_02	Profil provenant d'une étude
TYP_03	Profil issu de terrain

Tableau 25: différents types hydraulique

Code	Valeur	Définition
TYH_01	Pas de calcul	
TYH_02	Régime permanent uniforme	
TYH_03	Régime permanent varié	
TYH_04	Régime transitoire	Le régime est uni ou quasi bidimensionnel
TYH_05	Régime très complexe	nécessitant des études hydrologiques et des modélisations hydrauliques complexes basées sur des analyses hydrogéologie-géotechnique et transport solide

Tableau 26 : Degré de risque humaine (MEMEE, 2015)

Code	Valeur	Définition
N	Négligeable	Pas de risque
F	Faible	Risque de blessés, Personnes isolées pendant une inondation de longue durée.
M	Moyen	Risque de victimes (1 à 10 victimes)
E	Élevé	Risque de victimes (10 à 50 victimes)
TE	Très élevé	Risque de victimes (plus de 50 victimes)

Tableau 27 : Degré de risque d'infrastructure (MEMEE, 2015)

Code	Valeur	Définition
N	Négligeable	Pas de risque
F	Faible	Voiries (routes secondaires, chemins, rues) inondées pendant un temps court et avec moins de 20 cm de hauteur d'eau.
M	Moyen	Voiries (routes principales, routes secondaires, chemins, rues) inondées avec des hauteurs d'eau comprises entre 20 et 50 cm avec circulation interrompue pendant quelques heures, faibles dommages aux ouvrages.
E	Élevé	Voiries et ponts inondés avec des hauteurs d'eau supérieurs à 50 cm, circulation interrompue entre quelques heures et quelques jours. Dégâts significatifs aux ouvrages.
TE	Très élevé	Voiries et ponts inondés avec des hauteurs d'eau supérieurs à 1 m. Ouvrages détruits à reconstruire, circulation interrompue de quelques jours à quelques semaines. Digués et réseaux divers (AEP, Assainissement, Électricité, Téléphone) fortement endommagés avec interruption du service de distribution pendant plusieurs jours.

Tableau 28 : Degré de risque économique (MEMEE, 2015)

Code	Valeur	Définition
N	Négligeable	Pas de risque
F	Faible	Quelques remises en état (balayage des rues, enlèvement des sédiments, lavage moquettes, sols, murs, peintures ...) Moins de 100 000 Dh de dégâts
M	Moyen	Dégâts (privés et publics) compris entre 100 000 Dh et 1 000 000 de Dh.
E	Élevé	Dégâts directs et indirects (pertes d'activité économique, secours, relogement, aide médicale et sociale) compris entre 1 000 000 Dh et 10 000 000 Dh.
TE	Très élevé	Dégâts directs et indirects supérieurs à 10 000 000 Dh.

Tableau 29 : Degré de risque agricole (MEMEE, 2015)

Code	Valeur	Définition
N	Négligeable	Pas de risque
F	Faible	Inondation des friches, prairies, zones forestières et zones agricoles extensives de faible superficie
M	Moyen	Inondations de zones agricoles extensives de grande surface et de zones agricoles intensives de faible surface.
E	Élevé	Inondations de zones agricoles intensives de grande surface et zones irriguées de moyenne surface, dommages importants aux sols, aux cultures et aux ouvrages, pertes de récolte.
TE	Très élevé	Inondation des zones agricoles intensives ou de zones agricoles à cultures à haute valeur ajoutée et importantes pour l'économie locale (Maraîchage, fruits, palmeraies) Dommages très importants, infrastructures détruites, pertes de la plantation, érosion ou sédimentation importante des sols.

Tableau 30: Degré de risque environnemental (MEMEE, 2015)

Code	Valeur	Définition
N	Négligeable	Pas de risque
F	Faible	Retours à la rivière de corps flottants déposés dans le lit majeur, de traces de produits pétroliers et huiles déposés sur les chaussées lessivées par l'inondation, d'engrais agricoles.
M	Moyen	Zones sensibles (zones humides) noyées avec incursion des produits.
E	Élevé	Déversement dans le milieu naturel (cours d'eau, lacs, étangs, retenues de barrage) de produits toxiques courants nuisibles pour la flore, faune et dépassant, sans danger toutefois, les normes sanitaires pour les eaux destinées à la consommation humaine.
TE	Très élevé	Déversement dans le milieu naturel de produits hautement toxiques pouvant détruire partiellement ou totalement la flore et la faune et entraîner une suspension de la consommation de l'eau à usage domestique.

Tableau 31: Degré de risque de construction (MEMEE, 2015)

Code	Valeur	Définition
N	Négligeable	Pas de risque
F	Faible	Inondations avec moins de 50 cm de hauteur d'eau et moins de 50 habitations touchées avec dommages nuls ou faibles.
M	Moyen	Inondations avec moins de 50 cm de hauteur d'eau et plus de 50 habitations touchées (centres) et plus de 50 cm avec moins de 50 habitations (douars) avec dommages modérés.
E	Élevé	Inondations comprises entre 50 cm et 1 m de hauteurs d'eau avec maisons et bien endommagés.
TE	Très élevé	Inondations avec plus de 1 m d'eau, maisons détruites.

Tableau 32 : Type des références utilisées

Code	Valeur
REF_01	Travaux
REF_02	Publications
REF_03	Données mesurés
REF_04	Thèse
REF_05	Documents inédit

Tableau 33 : Format d'une source de données

Code	Valeur
PDF	Portable Document Format
XML	Hypertext Markup Language
HTML	Extensible Markup Language

Annexe 4

Classes d'entités

❖ Classe d'entité S_CARTO_PI

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités
ID_CARTO_PI	Identifiant d'une zone cartographique. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
TYPE_CARTO_PI	Sous-types des zones cartographiques
CODE_CARTO_PI	Code cartographique.
NOM_CARTO_PI	Étiquettes qu'on a utilisées pour nommer les zones cartographiques sur la carte du risque d'inondation.
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI.
SHAPE_LENGTH	Valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	Valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la surface dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_CARTO_PI

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_CARTO_PI	UPK	Texte	25		N/A
TYPE_CARTO_PI		Short integer	Default		D_TYPE_CARTO
CODE_CARTO_PI		Long integer	Default		D_CODE_CARTO
NOM_CARTO_PI		Texte	50		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A
SHAPE_AREA		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_CARTO_Ln

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2015).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2015).
ID_CARTO_Ln	Identifiant d'une ligne cartographique. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs
NOM_CARTO_Ln	C'est les étiquettes qu'on a utilisé pour nommer chaque ligne cartographique
TYPE_CARTO_Ln	C'est les sous-types de chaque ligne cartographique
CODE_CARTO_Ln	Identifiant le code de chaque ligne hydrographique
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité

	S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	

Propriétés de champs attributaire : S_CARTO_Ln

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_CARTO_Ln	UPK	Texte	25		N/A
TYPE_CARTO_Ln		Short integer	Default		D_TYPE_CARTO_Ln
CODE_CARTO_Ln		Long integer	Default		D_CODE_CARTO_Ln
NOM_CARTO_Ln		Texte	50		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_CARTO_Pt

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_CARTO_Pt	Identifiant d'un point d'eau cartographique. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs
NOM_CARTO_Pt	C'est les étiquettes qu'on va utiliser pour nommer les points cartographiques
TYPE_CARTO_Pt	les type de point cartographique
CODE_CARTO_Pt	C'est le code cartographique des points d'eau
COORD_X	Coordonnée X du point d'eau cartographique
COORD_Y	Coordonnée Y du point d'eau cartographique
COORD_Z	Coordonnée Z du point d'eau cartographique
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de découpage administratif. C'est un nombre qui identifié chaque région, commune et province. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : S_CARTO_Pt

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_CARTO_Pt	UPK	Texte	25		N/A
NOM_CARTO_Pt		Texte	50		N/A
CODE_CARTO_Pt		Long integer	Default		D_CODE_CARTO_Pt
TYPE_CARTO_Pt		Shrot integer	Default		D_TYPE_CARTO_Pt
COORD_X		Long integer	Default		N/A
COORD_Y		Long integer	Default		N/A

COORD_Z		Long integer	Default		N/A
ID_BH		Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ Classe d'entité S_ZN_BATI_PI

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_ZN_BATI	Identifiant des zones bâties. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs
TYPE_BATI	Type des bâtiments dans une zone urbaine
POPULATION	Nombre de population dans chaque zone urbain
DEG_RISQ	Il représente le degré de risque des bâtiments soumis au risque d'inondation
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la surface dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_ZN_BATI_PI

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_ZN_BATI	UPK, FK	Texte	25		L_EV_RISQ_BATI
TYPE_URB		Short integer	Default		D_TYPE_BATI
POPULATION		Long integer	Default		N/A
DEG_RISQ		Texte	4		D_DEG_RISQ
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A
SHAPE_AREA		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_INFRA_Ln

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_INFRA	Identifiant d'infrastructure. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
TYPE_INFRA	C'est les sous types de l'infrastructure, il permet de définir les catégories d'infrastructure.
DEGR_RISQ	Degré de risque des infrastructures soumis au risque d'inondation

ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_INFRA_Ln

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_INFRA	UPK, FK	Texte	25		L_EV_RISQ_INFRA
TYPE_INFRA		Short integer	Default		D_TYPE_INFRA
DEGR_RISQ		Texte	4		D_DEG_RISQ
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_ZN_OCCUP_PI

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE :	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_ZN_OCCUP	Identifiant des terrains soumis au risque. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
TYPE_TERRAIN	Type des terrains occupés.
NATURE_ROCHE	Nature de roche le long de chemin d'écoulement
TYPE_SOL	Type du sol lié a la lithologie du terrain
PERM_TERRAIN	La perméabilité de terrain est une caractéristique physique qui représente la facilité qu'a un matériau à permettre le transfert de fluide au travers d'un réseau connecté. Perméable ou imperméable
DEGR_RISQ	Degré de risque dans les terrains soumis au risque d'inondation
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la surface dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_ZN_OCCUP_PI

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_ZN_OCCUP	UPK	Texte	25		L_EV_RISQ_OCCUP
TYPE_TERRAIN		Short integer	Default		D_TYPE_TERRAIN
NATURE_ROCHE		Short integer	Default		D_NATURE_ROCHE

TYPE_SOL		Short intger	Default		D_TYPE_SOL
PERMB_TERRAIN		Short intger	Default		D_PERMB_TERRAIN
DEGR_RISQ		Texte	4		D_DEG_RISQ
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A
SHAPE_AREA		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_BASSIN_HYDRO

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2015).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2015).
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
TYPE_BH	C'est les sous-types des zones hydrographiques
CODE_BH	C'est le code des zones hydrographiques
NOM_BH	C'est les étiquettes qu'on va utiliser pour nommer les zones hydrographiques.
SURF_BH	Air en (Km ²)
LONG_BH	Longueur du bassin versant
DENIV_BH	dénivelé du bassin versant
TC_BH	le temps de concentration (tc) est calculé par la formule de Kripich en fonction des données topologiques.
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI.
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la surface dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_BASSIN_HYDRO

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_BH	UPK	Texte	25		N/A
TYPE_HYDRO		Short integer	Default		D_TYPE_HYDRO
CODE_HYDRO		Long integer	Default		D_CODE_HYDRO
NOM_HYDRO		Texte	50		N/A
SURF_HYDRO		Double	Default		N/A
LONG_HYDRO		Double	Default		N/A
DENIV_HYDRO		Double	Default		N/A
Tc_HYDRO		Double	Default		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A
SHAPE_AREA		Double	Default	Default	N/A

❖ **Classe d'entité S_BRGE_Pt**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_BRGE	Identifiant de barrage. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
NOM_BRGE	Nom du Barrage.
COORD_X	Coordonnée x du barrage
COORD_Y	Coordonnées y du barrage
DATE_CONST	Le barrage est construit à une année bien précise AAAA.
BUT_CONST	Description des Barrages et le but dans lequel il a construit (irrigation, énergie, alimentation en eau potable).
DEGR_RISQ	Classification de Danger. La metadata doit être défini chaque degré de danger dont le but de standardisation de la base de données.
H_BRGE	Hauteur du Barrage (en mètre).
L_BRGE	Largeur du Barrage (en mètre)
DEBIT_CH	C'est le débit en charge que peut supporter le barrage (m^3/s)
DEBIT_SL	C'est le débit en surface libre que peut supporter le barrage (m^3/s)
PNL_URG	Existence d'un plan d'urgence de lutte contre les inondations à l'échelle nationale
ID_BDINB	Identifiant d'inventaire national du barrage. C'est une clé étrangère de la base de données INB.
ID_ZN_INOND	Identifiant de la zone d'inondation à l'amont du barrage. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_ZN_INOND_PL.
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : S_BRGE_Pt

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_BRGE	UPK	Texte	25		N/A
NOM_BRGE		Texte	50		N/A
COORD_X		Double	Default		N/A
COORD_Y		Double	Default		N/A
DATE_CONST		Date	4		N/A
BUT_CONST		Texte	50		N/A
DEGR_RISQ		Texte	4		D_DEG_RISQ
H_BRGE		Double	Default	Default	N/A
L_BRGE		Double	Default	Default	N/A
DEBIT_CH		Double	Default	Default	N/A
DEBIT_SL		Double	Default	Default	N/A
PNL_URG		Texte	1		D_O/N
ID_BDINB	FK	Texte	25		S_BDINB_Pt
ID_ZN_INOND	FK	Texte	25		S_ZN_INONDE_PL
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ **Classe d'entité S_CS_BRGE_Ln**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_CS_BRGE	Identifiant d'un profil topographique. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé primaire de ce champs.
TYPE_CS	Type de profil topographique
DATE_CS	Date de création le profil topographique
KS_LIT	Coefficient de rugosité au lit majeur
NOM_STAT	Nom de la station de mesure du débit des cours d'eau
NOM_C_EAU	Nom d'un cours d'eau
DIST_AVAL	la distance d'un profil transversal depuis l'aval du barrage (en mètre).
ID_BRGE	Identifiant de barrage. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BRGE_Pt
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_CS_BRGE_Ln

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_CS_BRGE	UPK	Texte	25		N/A
TYPE_CS		Short Integer	Default		D_TYPE_CS
DATE_CS		Date	4		N/A
KS_CS		Double	Default		N/A
NOM_STAT		Texte	50		D_NOM_STAT
NOM_C_EAU		Texte	50		N/A
DIST_AVAL		Double	Default		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BRGE	FK	Texte	25		S_BRGE_Pt
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDROI
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A

❖ **Classe d'entité S_DIGUE_Ln ID063**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_DIGUE	Identifiant d'une digue. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
NOM_DIGUE	Nom de la digue
H_DIGUE	Hauteur de la digue en mètre
L_DIGUE	Largeur de la digue en mètre
AN_CONST	Année de construction de la digue
BUT_CONST	le but de construction d'une digue

DEBIT_MAX	débit maximum qui peut supporter la digue
PNL_URG	existence d'un plan d'urgence de lutte contre les inondations à l'échelle nationale
DSCR_DIGUE	Descriptions supplémentaires sur la digue
ID_BDIND	Identifiant d'inventaire national des digues
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_DIGUE_Ln

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_DIGUE	UPK	Texte	25		N/A
NOM_DIGUE		Texte	50		N/A
H_DIGUE		Double	Default	Default	N/A
LARG_DIGUE		Double	Default	Default	N/A
AN_CONST		Texte	4		N/A
BUT_CONST		Texte	4		N/A
DEBIT_MAX		Double	Default	Default	N/A
PNL_URG		Texte	1		D_O/N
DSCR_DIGUE		Texte	50		N/A
ID_BDIND	FK	Texte	25		S_BDIND
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_DIGUE_VIOLATION_Pt

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_VIOLATION	Identifiant les éléments de la digue. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
TYPE_VL_DIGUE	Type d'un point des éléments de la digue
DSCR	Descriptions supplémentaires
TEMPS_MAX_BR	Le temps en min pour le maximum violation dans une digue.
ID_DIG_SCEN	Identifiant des scénarios de la digue. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_DIGUE_SCENARIO
ID_DIGUE	Identifiant de la digue. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_DIGUE_Ln
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : S_DIGUE_VIOLATION_Pt

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_VIOLATION	UPK	Texte	25		N/A
TYPE_BR_DIGUE		Texte	1		D_TYPE_VL_DIGUE
TEMPS_MAX_VL		Double	Default	Default	N/A
DSCR		Texte	50		N/A
ID_DIG_SCEN	FK	Texte	25		L_DIGUE_SCENARIO
ID_DIGUE	FK	Texte	25		S_DIGUE_Ln
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	12		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ Classe d'entité S_DIGUE_ELEMENT_Pt

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_DIG_ELMNT	Identifiant les éléments de la digue. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
TYPE_PT_DIGUE	Type d'un point des éléments de la digue
DSCR_DIGUE	Descriptions supplémentaires
ID_DIGUE	Identifiant de la digue. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_DIGUE_Ln
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : S_DIGUE_ELMNT_Pt

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_DIG_ELMNT	UPK	Texte	25		N/A
TYPE_PT_DIGUE		Texte	5		D_TYPE_PT_DIGUE
DSCR_DIGUE		Texte	50		N/A
ID_DIGUE	FK	Texte	25		S_DIGUE_Ln
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ Classe d'entité S_DIGUE_FRANCBORD_Ln

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_FRANCBORD	Identifiant d'un franc bord. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
DSCR	Descriptions supplémentaires sur le franc bord

ID_DIGUE	Identifiant de digue. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_DIGUE_Ln
ID_DIG_SCEN	Identifiant des scénarios de la digue. C'est une clé étrangère de la table L_DIGUE_SCENARIO
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_DIGUE_FRANCBORD_Ln

Champs	Type de clé	Type de données	de Length précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_FRANCBORD	UPK	Texte	25		N/A
DSCR		Texte	50		N/A
ID_DIGUE	FK	Texte	25		S_DIGUE_Ln
ID_DIG_SCEN	FK	Texte	25		L_DIGUE_SCENARIO
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_CS_DIG_Pt

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_CRB_TARAG	Identifiant le point de la courbe de tarage. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
DESC	Description de la courbe de tarage.
ID_DIGUE	Identifiant de digue. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_DIGUE_Ln
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : S_DIG_CRB_TARG_Pt

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_CRB_TARAG	UPK	Texte	25		N/A
DESC		Texte	50		N/A
ID_DIGUE	FK	Texte	25		S_DIGUE_Ln
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ **Classe d'entité S_INOND_COTR_PI**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2015).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par ArcGIS interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2015).
ID_INOND_COTR	Identifiant les zones côtières inondées. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
PRD_RETO	Période de retour. Elle représente la fréquence d'apparition des événements d'inondation
AUGM	Augmentation de la hauteur d'eau en mètre
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la surface dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_INOND_COTR_PI

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_INOND_COTR	UPK	Texte	25		N/A
PRD_RETO		Texte	6		D_Digue_event
AUGM		Float	Default		N/A
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A
SHAPE_AREA		Double	Default	Default	N/A

❖ **Classe d'entité S_RISQ_VAGUE_PI**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_RISQ_VAGUE	Identifiant les risques des vagues côtières. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
RISQ_VAGUE	Le niveau de risque des vagues côtières
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne

	par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la surface dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_RISQ_VAGUE_PI

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_RISQ_VAGUE	UPK	Texte	25		N/A
RISQ_VAGUE		Texte	4		D_RISQ_VAGUE
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A
SHAPE_AREA		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_ZN_INOND_PI

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_ZN_INOND	Identifiant de la zone d'inondation. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
SURF_ESTIME	Surface inondée estimée en (ha)
TYPE_INOND	Type d'inondation : ruissellement, remontée de nappe, débordement de cours d'eau
ID_BRGE	Identifiant de barrage. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BRGE_Pt
ID_BRGE_SCEN	Identifiant des scénarios. C'est une clé étrangère identifiant la table L_BRGE_SCENARIO.
ID_DIGUE	Identifiant de digue. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_DIGUE_Ln
ID_DIG_SCEN	Identifiant des scénarios. C'est une clé étrangère identifiant la table L_DIGUE_SCENARIO.
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la surface dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_ZN_INOND_PI

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_ZN_INOND	UPK	Texte	25		N/A
TYPE_INOND		Texte	6		D_TYPE_INOND
SURF_ESTIME		Double	Default	Default	N/A
ID_DIGUE	FK	Texte	25		S_DIGUE_Ln
ID_BRGE	FK	Texte	25		S_BRGE_Pt
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_BRGE_SCEN	FK	Texte	25		L_BRGE_SCENARIO
ID_DIGUE_SCEN	FK	Texte	25		L_DIGUE_SCENARIO

ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A
SHAPE_AREA		Double	Default	Default	N/A

❖ Classe d'entité S_BDRI_LOCAL

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant zone étudiée. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
REGION	Etendue de pays ayant des caractéristiques communes
PROVINCE	Division d'un État ayant une organisation administrative déterminée.
COMMUNE	Ils regroupent des quartiers et des villages
VILLE	Unité urbain caractérise par une densité des populations
NOM_PRJ	Nom de projet (ex : BDRI Bassin d'oued Fès)
DATUM_H	Datum Horizontal qui est utilise pour toutes les classes d'entité
DATUM_V	Datum vertical qui est utilise pour toutes les classes d'entité
PROJECTION	La Projection choisie est la projection Merchich_Lambert_Conformal_Conic. Par conséquent, toutes les classes d'entités seront projetées avec cette projection.
ZONE_PROJ	Zone de Projection. Au Maroc, il ya 4 zones de projection.
UNIT_PROJ	Unité de Projection est le mètre
NOM_META	Nom d'un Metadata d'un champ (Ex : BDRI_12D2014S_metadata.xml).
AN_RISQ	Année d'utilisation des données pour évaluer un risque (ex : 2010,2014...)
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.
SHAPE_AREA	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la surface dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_BDRI_LOCAL

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_BDRI_LOCAL	UPK	Texte	25		N/A
REGION		Texte	50		D_REGION
PROVINCE		Texte	50		D_PROVINCE
COMMUNE		Texte	50		D_COMMUNE
VILLE		Texte	50		D_VILLE
NOM_PRJ		Texte	50		N/A
DATUM_V		Texte	6		N/A
DATUM_H		Texte	6		N/A
PROJECTION		Texte	6		N/A
ZONE_PROJ		Texte	4		D_ZONE_PROJ
UNIT_PROJ		Texte	6		N/A
NOM_META		Texte	50		N/A
AN_RISQ	FK	Texte	25		N/A
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A
SHAPE_AREA		Double	Default	Default	N/A

❖ **Classe d'entité S_CRI_LGND_Ln**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Champ d'une forme géométrique. C'est un champ interne utilisé par Software d'ArcGis interne il définit le type de forme stocké dans la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_LGND	Identifiant de la légende. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
TITRE_IMGE	Titre d'image
H_IMGE	hauteur d'image. Il représente la hauteur de la légende d'image.
LARG_IMGE	Largeur d'image.il représente la largeur de la légende d'image.
IMGE_BINAIRE	Image binaire. L'image au format binaire est représentée dans la zone de légende.
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI
SHAPE_LENGTH	La valeur de ce champ se complète de manière automatique à chaque création de ligne par le software d'ArcGis. Il stocke la longueur d'une ligne dans un champ géométrique.

Propriétés de champs attributaire : S_CRI_LGND_Ln

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_LGND	UPK	Text	25		N/A
TITRE_IMGE		Text	50		N/A
H_IMGE		Float	Default	Default	N/A
LARG_IMGE		Float	Default	Default	N/A
IMGE_BINAIRE		Raster	N/A		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Text	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Text	50		L_SOURCE
SHAPE_LENGTH		Double	Default	Default	N/A

Tables

❖ Table : MODEL_BDRI

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Identifiant d'un modèle utilisé. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
TYP_ETUD	Décrire les types d'études pour chaque modèle.
DATE_EXCUT	Date d'exécution de model
MDL_HYG	Model Hydrologique permet de représenter la relation pluie-débit à l'échelle de bassin versant
MDL_HYR	Model Hydraulique sert à identifier et mesurer les processus dynamiques incluant les situations extrêmes.
MDL_VAGUE	Modélisation des vagues et des ondes de tempête en zone côtière.
ID_ETUDE	Identifiant des études. C'est une clé étrangère de la classe d'entité ETUDE_BDRI
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.

Propriétés de champs attributaire : MODEL_BDRI

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaines et Relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
ID_MODEL	UPK	Texte	25		N/A
TYP_ETUD		Texte	4		D_TYP_ETUD
MDL_HYG		Texte	4		D_MDL_HYG
MDL_HYR		Texte	4		D_MDL_HYR
MDL_VAGUE	FK	Texte	4		D_MDL_VAGUE
ID_ETUDE	FK	Texte	25		ETUDE_BDRI
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL

❖ Table : ETUDE_BDRI

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Identifiant des études appliquées dans un BDRI. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
NOM_ETD	Nom d'étude (ex : étude hydro dans un Bassin d'oued Fès)
DATUM_H	Datum Horizontal qui est utilise pour chaque classe d'entité
DATUM_V	Datum vertical qui est utilise pour chaque classe d'entité
PROJECTION	La Projection choisie est la projection Merchich_Lambert_Conformal_Conic. Par conséquent, toutes les classes d'entités seront projetées avec cette projection.
ZONE_PROJ	Zone de Projection. Au Maroc, il ya 4 zones de projection.
UNIT_PROJ	l'Unité de Projection est le mètre
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.

Propriétés de champs attributaire : ETUDE_BDRI

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A

ID_ETUDE	UPK	Texte	12		N/A
NOM_ETD		Texte	50		N/A
DATUM_V		Texte	6		N/A
DATUM_H		Texte	6		N/A
PROJECTION		Texte	6		N/A
ZONE_PROJ		Texte	4		D_ZONE_PROJ
UNIT_PROJ		Texte	6		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL

❖ **Table : RRI_ArcGis_Diagrammer**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Identifiant le texte personnalisé dans un rapport de risque d'inondation. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé primaire de ce champs
TEXTE	Rapport Sous format XML 2.0 qui rassemble toutes les informations sur la base de données risque inondation BDRI.
DATE	Date de texte personnalisé
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.

Propriétés de champs attributaire : RRI_ArcGis_Diagrammer

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
ID_TEXT_RRI	UPK	Texte	25		N/A
TEXTE		BLOB	Default		N/A
8DATE		Texte	50		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL

❖ **Table : RRI_IMG**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
SHAPE	Identifiant l'image dans RRI. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé primaire de ce champs.
IMG_BINAIRE	champs binaire contient l'image. Cette image est stockée dans la BDRI comme un Raster.
H_IMG_RRI	Hauteur de l'image
LRG_IMG_RRI	Largeur de l'image
IMG_CAPTURE	la zone ou l'image capturée
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.

Propriétés de champs attributaire : RRI_IMG

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
ID_IMG_RRI	UPK	Texte	25		N/A
IMG_BINAIRE		Raster			N/A
H_IMG		Float	Default	Default	N/A
LARG_IMG		Float	Default	Default	N/A
IMG_CAPTURE		Texte	50		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL

❖ **Table: L_CRB_TARAG_DIG**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_CRBTARAG	Identifiant la courbe de tarage. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs
H_SRF_EAU	Élévation de la surface d'eau, (coordonnée X)
DECH_EAU	Coordonnée Y
DESCR	Description additionnel
ID_CRB_TARAG	Identifiant le point de la courbe de tarage. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_CS_DIG_Pt
ID_DIG_SCEN	Identifiant des scénarios. C'est une clé étrangère de la classe d'entité L_DIGUE_SCENARIO
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : L_CRB_TARAG_DIG

Champs	Type de clé	Type de données	Length / précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
SHAPE		Geometry	Default		N/A
ID_CRBTARAG	UPK	Texte	25		N/A
H_SRF_EAU		Double	Default		N/A
DECH_EAU		Double	Default		N/A
DESC		Texte	50		N/A
ID_CRB_TARAG	FK	Texte	25		S_CS_DIG_Pt
ID_DIG_SCEN	FK	Texte	25		L_DIGUE_SCENARIO
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ **Table: L_DIGUE_SCENARIO**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_DIG_SCEN	Identifiant des scénarios d'une digue. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé primaire de ce champs.
EVENT	Ce sont des événements des précipitations qui provoquent des inondations.
TYP_ACCREE	Ce sont des différents types d'accrédité de la digue.
TYPE_RISQ	Type des risques.
DESCP_SCNR	Décrire des différents scenarios.
ID_MODEL	Identifiant d'un modèle utilisé. C'est une clé étrangère de la table MODEL_BDRI
ID_BRGE_SCEN	Identifiant des scénarios d'un barrage. C'est une clé étrangère de la classe d'entité L_BRGE_SCENARIO
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : L_DIGUE_SCENARIO

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A

ID_DIG_SCEN	UPK	Texte	25		N/A
EVENT		Texte	6		D_Digue_event
TYP_ACCREE		Texte	2		D_Digue_Accrédité
SOURC_RISQ		Texte	2		D-Type_inond
DESCP_SCNR		Texte	50		N/A
ID_MODEL	FK	Texte	25		MODEL_BDRI
ID_BRGE_SCEN	FK	Texte	25		L_BRGE_SCENARIO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ **Table: L_BRGE_SCEN**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_BRGE_SCEN	Identifiant des scénarios de rupture d'un barrage. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé primaire de ce champs.
EVENT	Ce sont des événements des précipitations qui provoquent des inondations en amont du barrage.
TYPE_DECHM	Ce sont des différents types de déclenchements qui provoquent des inondations en aval du barrage.
COND_RESRV	Les conditions des réservoirs d'un barrage.
DESCP_SECN	Décrire des différents scenarios.
ID_MODEL	Identifiant d'un modèle utilisé. C'est une clé étrangère de la table MODEL_BDRI
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant zone étudiée. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : L_BRGE_SCEN

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
ID_BRGE_SCEN	UPK	Texte	25		N/A
EVENT		Texte	6		D_EVENT_BRGE
TYPE_DECHM		Texte	2		D_TYP_DECHM
COND_RESRV		Texte	2		D_COND_RESRV
DESCP_SCNR		Texte	50		N/A
ID_MODEL	FK	Texte	25		MODEL_BDRI
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	12		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ **Table: L_CS_BRGE_MDL**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_CS_BRGE	Identifiant d'un profil topographique. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé primaire de ce champs.
ID_BRGE_SCEN	Identifiant des scénarios. C'est une clé étrangère identifiant la table BRGE_SCENARIO
H_SRF_EAU	Hauteur de la surface de l'eau.
TEMPS_OPTIMAL	Temps optimal de déclenchement d'un barrage
TEMPS_ARRV	Temps d'arrivé
DUREE	La durée de crue
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant zone étudiée. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la base de données des risques d'inondation BDRI

Propriétés de champs attributaire : L_CS_BRGE_MDL

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
ID_CS_BRGE	UPK	Texte	25		N/A
H_SRF_EAU		Double	Default	Default	N/A
TEMPS_OPTIMAL		Double	Default	Default	N/A
TEMPS_ARRV		Double	Default	Default	N/A
DUREE		Double	Default	Default	N/A
ID_BRGE_SCEN	FK	Texte	25		L_BRGE_SCEN
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	12		S_BDRI_LOCAL
ID_SOURCE	FK	Texte	50		L_SOURCE

❖ **Table: L_EV_RISQ_URB**

Description des champs attributaires :

OBJECTID :	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_ZN_URBN	Identifiant des zones urbaines. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de la classe d'entité S_ZN_URBN_PI.
TYPE_RISQ	Type de risque d'inondation, soit fluvial, côtière, du à la rupture du barrage ou bien la digue et total.
PRD_RETO	Période de retour. Elle représente la fréquence d'apparition des événements d'inondation
DEGAT_TOTAL	Dégât total. Dans une zone urbaine, on estime la valeur totale des édégâts matériels à partir le type de risque et la période de retour
RISQ_COMRCL	Qualification des risques commerciaux
RISQ_CONSTR	Qualification des risques de construction
RISQ_INDUS	Qualification des risques industriels
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant zone étudiée. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO

Propriétés de champs attributaire : L_EV_RISQ_URB

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
ID_ZN_URBN	UPK,FK	Texte	25		N/A
TYPE_RISQ	UPK	Texte	4		D_TYPE_RISQ
PRD_RETO	UPK	Texte	6		D_EVENT
DEGAT_TOTAL		Double	Default	Default	N/A
RISQ_COMRCL		Double	Default	Default	N/A
RISQ_CONSTR		Double	Default	Default	N/A
RISQ_INDUS		Double	Default	Default	N/A
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL

❖ **Table: L_EV_RISQ_INFRA**

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_INFRA	Identifiant des infrastructures. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de la classe d'entité S_INFRA_Ln.
TYPE_RISQ	Type de risque d'inondation, soit fluvial, côtière, du à la rupture du barrage ou bien la digue et total.

PRD_RETO	Période de retour. Elle représente la fréquence d'apparition des événements d'inondation
DEGAT_TOTAL	Dégât total. Dans une zone urbaine, on estime la valeur totale des dégâts matériels à partir le type de risque et la période de retour
RISQ_INFRA	Qualification des risques d'infrastructures.
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant zone étudiée. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO

Propriétés de champs attributaire : L_EV_RISQ_INFRA

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
ID_INFRA	UPK, FK	Texte	25		N/A
TYPE_RISQ	UPK	Texte	4		D_TYPE_RISQ
PRD_RETO	UPK	Texte	6		D_EVENT
DEGAT_TOTAL		Double	Default	Default	N/A
RISQ_INFRA		Double	Default	Default	N/A
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	25		S_BDRI_LOCAL

❖ Table: L_EV_RISQ_OCCUP

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_ZN_OCCUP	Identifiant des de la zone d'occupation de sol. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de la classe d'entité S_ZN_OCCUP_PI.
TYPE_RISQ	Type de risque d'inondation, soit fluvial, côtière, du à la rupture du barrage ou bien la digue et les deux parfois.
PRD_RETO	Période de retour. Elle représente la fréquence d'apparition des événements d'inondation
DEGAT_TOTAL	Dégât total. Dans une zone urbaine, on estime la valeur totale des dégâts matériels à partir le type de risque et la période de retour
RISQ_OCCUP	Qualification des risques d'occupation du sol.
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant zone étudiée. C'est un unique identifiant qui est utilisé pour définir la clé première de ce champs.
ID_BH	Identifiant d'un bassin hydrographique. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BASSIN_HYDRO

Propriétés de champs attributaire : L_EV_RISQ_OCCUP

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		N/A
ID_ZN_OCCUP	UPK, FK	Texte	25		N/A
TYPE_RISQ	UPK	Texte	4		D_TYPE_RISQ
PRD_RETO	UPK	Texte	6		D_EVENT
DEGAT_TOTAL		Double	Default	Default	N/A
RISQ_OCCUP		Double	Default	Default	N/A
ID_BH	FK	Texte	25		S_BASSIN_HYDRO
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	12		S_BDRI_LOCAL

❖ Table: L_SOURCE

Description des champs attributaires :

OBJECTID	Identifiant d'objet. C'est une clé primaire interne utilisé par Software d'ArcGis, il contient l'identifiant unique pour chaque objet de la classe d'entités (ESRI, 2012).
ID_SOURCE	C'est l'enregistrement de chaque source de données utilisées dans la BDRI. Le nom de

	la source commence par le type de la source et puis par un nombre séquentiel, par exemple Etude1, Etude 2, ...
TITRE_REF	Titre d'une publication ou d'une référence utilisée dans la BDRI.
AUTEUR	Auteur ou l'éditeur de la source de données. Une référence peut être contient beaucoup d'auteurs.
PUBLICATEUR	Responsable de la diffusion de la source
ANNEE_PUB	Date de publication
SUJET	sujet de la source
FORMAT	format de la source de données
TYPE_REF	C'est une référence courte et unique, elle est utilisée pour faire référence toutes les publications.
LANGUE	Langue du document
DATE_SOURCE	Date de la publication utilisée dan la table de référence.
EHELLE	Echelle d'une représentation cartographique si l'origine de la donnée est numérique.
LIEN_WEB	Une adresse web utilisé dans la table de référence
ID_BDRI_LOCAL	Identifiant de la zone étudiée. C'est une clé étrangère de la classe d'entité S_BDRI_LOCAL.

Propriétés de champs attributaire : L_SOURCE

Champs	Type de clé	Type de données	Length précision	Echelle(SHP)	Domaine et les relations
OBJECTID	PK	ObjectID	Default		
ID_SOURCE	PK, FK	Texte	50		
TITRE_REF		Texte	50		N/A
AUTEUR		Texte	254		N/A
PUBLICATEUR		Texte	254		N/A
ANNEE_PUB		Date	Default		N/A
SUJET		Texte	254		N/A
FORMAT		Short intger	Default		D_FORMAT
TYPE_REF		Short intger	Default		D_TYPE_REF
LANGUE		Texte	12		N/A
DATE_SOURCE		Date	Default		N/A
EHELLE		Texte	12		N/A
LIEN_WEB		Texte	50		N/A
ID_BDRI_LOCAL	FK	Texte	12		S_BDRI_LOCAL

Annexe 5

Domaines :

D_TYPE_CARTO_PI

Code	Valeur
1	Zone Hydrographique
2	Zone Cultural
3	Inconnu

D_CODE_CARTO_PI

Code	Valeur	Définition
1	TZ_01	Zone Hydrographique
2	TZ_02	Zone Cultural
3	TZ_03	Inconnu

D_TYPE_CARTO_Ln

Code	Valeur
01	Line hydrographique
02	Réseau de transport
03	Inconnu

D_CODE_CARTO_Ln

Code	Valeur	Définition
01	LH_01	Line hydrographique
02	LT_02	Réseau transport
03	LI_03	Inconnu

D_TYPE_CARTO_Pt

Code	Valeur
01	Points de station
02	Points d'eau
03	Inconnu

D_CODE_CARTO_Pt

Code	Valeur	Définition
01	PS_01	Points de station
02	PE_02	Points d'eau
03	PI_03	Inconnu

D_TYPE_BATI

Valeur codée	Type des bâtis
URB_1	Résidentiels
URB_2	Commerciales
URB_3	Industriels
URB_4	Autres

D_TYPE_INFRA

Valeur codée	Infrastructures
IN_01	Chemin de fer
IN_02	Pont
IN_03	Route
IN_04	Autoroute
IN_05	Réseaux d'assainissement
IN_06	Réseaux de l'électricité
IN_07	Réseaux de communication
IN_08	Buses
IN_09	Dalot
IN_10	Conduites
IN_11	Autres

D_DEG_RISQ:

Code	Valeur	Définition
URB_N	Négligeable	Pas de risque
URB_F	Faible	Inondations avec moins de 50 cm de hauteur d'eau et moins de 50 habitations touchées avec dommages nuls ou faibles.
URB_M	Moyen	Inondations avec moins de 50 cm de hauteur d'eau et plus de 50 habitations touchées (centres) et plus de 50 cm avec moins de 50 habitations (douars) avec dommages modérés.
URB_E	Élevé	Inondations comprises entre 50 cm et 1 m de hauteurs d'eau avec maisons et bien endommagés.
URB_TE	Très élevé	Inondations avec plus de 1 m d'eau, maisons détruites.

D_DEG_RISQ:

Code	Valeur	Définition
N	Négligeable	Pas de risque
F	Faible	Voiries (routes secondaires, chemins, rues) inondées pendant un temps court et avec moins de 20 cm de hauteur d'eau.
M	Moyen	Voiries (routes principales, routes secondaires, chemins, rues) inondées avec des hauteurs d'eau comprises entre 20 et 50 cm avec circulation interrompue pendant quelques heures, faibles dommages aux ouvrages.
E	Élevé	Voiries et ponts inondés avec des hauteurs d'eau supérieurs à 50 cm, circulation interrompue entre quelques heures et quelques jours. Dégâts significatifs aux ouvrages.
TE	Très élevé	Voiries et ponts inondés avec des hauteurs d'eau supérieurs à 1 m. Ouvrages détruits à reconstruire, circulation interrompue de quelques jours à quelques semaines. Dignes et réseaux divers (AEP, Assainissement, Électricité, Téléphone) fortement endommagés avec interruption du service de distribution pendant plusieurs jours.

D_TYPE_TERRAIN:

Code	Valeur	Définition
COS_01	Terrains artificiels	Terrains résidentiels Terrains occupés par des commerces, bureaux et services Terrains occupés par services publics et équipements communautaires Terrains à usage de loisirs et espaces verts urbains Terrains occupés par des bâtiments agricoles Terrains à usages industriel et artisanal Carrières, décharges et espaces abandonnés Autres espaces artificialisés
COS_02	Terrains agricoles	Terres arables et cultures permanentes Surfaces enherbées et friches agricoles
COS_03	Zones forestières	Etendues de plus d'un hectare caractérisé par un peuplement d'arbres
COS_04	Zones humides	Fagnes, Marais
COS_05	Surfaces en eau	Canaux, Douves, Etangs, Fosses, Lacs, Mares, Pisciculture, Points d'eau
COS_06	Terrains nus	Terrains vides à savoir les terrains dépourvus de végétation ou peu végétalisé, terrains non utilisés pour l'agriculture, les dunes de sable, les terrains rocheux et falaises.
COS_07	Inconnu	Terrain de nature inconnu

D_NATURE_ROCHE

Code	Valeur
NR_01	Amphibolite
NR_02	Basalte
NR_03	Calcaire
NR_04	Calcschiste
NR_05	Conglomérat
NR_06	Diorite
NR_07	Dolomie
NR_08	Gabbros
NR_09	Gneiss
NR_10	Grés
NR_11	Marne
NR_12	Micaschiste
Etc.	...

D_TYPE_SOL :

Code	Valeur	Définition
TS_01	Tirs	sols profonds dont la teneur en argile est prépondérante, notamment les argiles gonflantes qui leur confèrent un comportement spécifique.
TS_02	Hamri	sols profonds ou moyennement profonds, reposant souvent sur un substrat calcaire. Ils sont généralement décarbonatés en surface et pauvres en matière organique d'où une coloration vive.
TS_03	Harch	sols profonds dont la couleur varie selon leur situation alors que leur texture est généralement grossière.
TS_04	Dehs	sols très profonds, de texture grossière à très grossière, dont la genèse est dominée par des apports fluviaux. Ils sont situés le plus souvent aux bords des oueds.
TS_05	Biad	sols peu profonds (P < 40 cm) caillouteux et riches en calcaire, reposant sur croûte (dalle) calcaire. Ils sont localisés, généralement, sur des pentes ou plateaux
TS_06	Rmel	sols profonds, dont une partie est généralement constituée d'apport éolien (ou alluvial) et de texture grossière. Cet apport peut couvrir des formations argileuses (cas de la plaine de Doukkala).

D_PERMB_TERRAIN :

Code	Valeur	Définition
PT_01	Perméable	Sols sableux grossier : coefficient de perméabilité : $2 \times 10^{-3} \text{ m/s} < K < 2 \times 10^{-3} \text{ m/s}$
PT_02	Semi perméable	Sols limoneux : coefficient de perméabilité : $1 \times 10^{-8} \text{ m/s} < K < 1 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
PT_03	Imperméable	Sols argileux fine : coefficient de perméabilité : $1 \times 10^{-11} \text{ m/s} < K < 5 \times 10^{-7} \text{ m/s}$

D_DEGR_RISQ :

Code	Valeur	Définition
N	Négligeable	Pas de risque
F	Faible	Inondation des friches, prairies, zones forestières et zones agricoles extensives de faible superficie
M	Moyen	Inondations de zones agricoles extensives de grande surface et de zones agricoles intensives de faible surface.
E	Élevé	Inondations de zones agricoles intensives de grande surface et zones irriguées de moyenne surface, dommages importants aux sols, aux cultures et aux ouvrages, pertes de récolte.
TE	Très élevé	Inondation des zones agricoles intensives ou de zones agricoles à cultures à haute valeur ajoutée et importantes pour l'économie locale (Maraîchage, fruits, palmeraies). Dommages très importants, infrastructures détruites, pertes de la plantation, érosion ou sédimentation importante des sols.

D_TYPE_HYDRO

Code	Valeur
01	Bassin versant
02	Sous bassin versant

D_CODE_HYDRO

Code	Valeur
01	Loukkous
02	Moulouya
03	Sebou
04	Tensift
05	Oum Er Rbia
06	Bouregreg
07	Sous Massa Draa
08	Ziz Rghis
09	Sahara

D_DEG_RISQ :

Valeur codée	Degré de risque	Description taux de remplissage d'un barrage
N	Négligeable	0%
F	Faible	
M	Moyen	
E	Elevé	
TE	Très élevé	100%

D_O/N

Valeur codée	Oui/non
O	Ou
N	Non
I	Inconnu

D_TYPE_CS :

Code	Valeur	Définition
TYH_01	Pas de calcul	
TYH_02	Régime permanent uniforme	
TYH_03	Régime permanent varié	
TYH_04	Régime transitoire	Le régime est uni ou quasi bidimensionnel
TYH_05	Régime très complexe	nécessitant des études hydrologiques et des modélisations hydrauliques complexes basées sur des analyses hydrogéologie-géotechnique et transport solide

D_NOM_STAT

Code	Valeur	Tronçon
1217/9	AIN AICHA	Ouergha
1359/8	Pont Khnichet	Ouergha
2819/15	Pont R.S 302	Lebène
653/16	El Kouchet	Lebène
1343/22	Pont R. P. 21	Rdom
....

D_TYPE_VL_DIGUE

Valeur codée	Description
VD_01	Locations historique
VD_02	Overtopping locations
VD_03	Potential engineered breach location

D_TYPE_PT_DIGUE

Valeur codée	Description
D_01	Pumps
D_02	Gravity conduits
D_03	Sleeves
D_04	Closure structures

D_EVENT

Valeur codée	Période de retour
EVE_01	2 ans
EVE_02	10 ans
EVE_03	50 ans
EVE_04	100 ans
EVE_05	200 ans

D_RISQ_VAGUE :

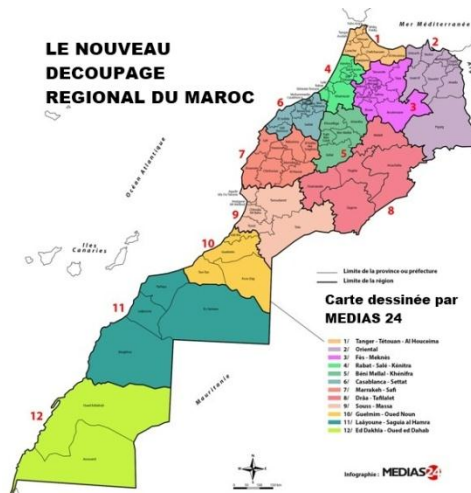
Code	Valeur	Définition
EV_01	Eleve	La longueur d'une vague est supérieure à 0.91 m
EV_02	Moyen	La longueur d'une vague ente 0.45 m et 0.91 m
EV_03	Faible	La longueur d'une vague est inferieur à 0.45 m

D_TYPE_INOND :

Code	Valeur
TI_01	Crues lentes des grands cours d'eau
TI_02	Crues rapides des affluents principaux des grands cours d'eau
TI_03	Crues rapides des oueds côtiers
TI_04	Crues semi rapides des moyens bassins de plaine avec écoulement en nappe
TI_05	Crues torrentielles des petits bassins de montagne
TI_06	Crues pluviales en zones urbaines

D_REGION

Code	Valeur
REG_01	Tanger-Tétouan-Al Hoceima
REG_02	Oriental
REG_03	Fès- Meknès
REG_04	Rabat- salé – Kenitra
REG_05	Béni Mellal- khénifra
REG_06	Casablanca-Settat
REG_07	Marrakech- safi
REG_08	Draa-Tafilalet
REG_09	Sous-Massa
REG_10	Guelmim-Oued Noun
REG_11	Laayoune-Saguia al Hamra
REG_12	Ed Dakhla-Oued ed Dahab



D_PROVINCE

Code	Valeur
PROV_01	Tanger asilah
PROV_02	M'diq Fnidk
PROV_03	Chefchaouen
PROV_04	Fahs Anjra
PROV_05	Larache
PROV_06	Tétouen
PROV_07	Ouezzane
PROV_08	Al Hociema
PROV_09	Oujeda Angad
PROV_10	Berkane
PROV_11	Jrada
PROV_12	Nador
PROV_13	Taourirt
PROV_14	Driouch
PROV_15	Guercif
PROV_16	Figuig
PROV_17	Meknes
PROV_18	Fes
PROV_19	Boulemane
PROV_20	El hajeb
PROV_21	Sefrou
PROV_22	Ifrane
PROV_23	Taounate
PROV_24	Taza
PROV_25	Moulay yakoub

PROV_26	Safi
PROV_27	Rehamna
PROV_28	Rabat
PROV_29	Salé
PROV_30	Skhirate-Témara
PROV_31	Kénitra
PROV_32	Khemisset
PROV_33	Sidi Kacem
PROV_34	Sidi Slimane
PROV_35	Azilal
PROV_36	Béni Mellal
PROV_37	Khénifra
PROV_38	Khoribga
PROV_39	Fquih ben Salah
PROV_40	Casablanca
PROV_41	Mohammedia
PROV_42	Ben Slimane
PROV_43	El Jadida
PROV_44	Mediouna
PROV_45	Nouacer
PROV_46	Settat
PROV_47	Berrechid
PROV_48	Sidi Bennour
PROV_49	Marrakech
PROV_50	El Haouz
PROV_51	Chichaoua

PROV_52	El Kelaï Sraghna
PROV_53	Essaouira
PROV_54	El Youssoufia
PROV_55	Errachidia
PROV_56	Ouarzazate
PROV_57	Zagora
PROV_58	Tinghir
PROV_59	Midelt
PROV_60	Agadir Ida ou Tanane
PROV_61	Inezgane Ait Mellol
PROV_62	Chetoka Ait Baha
PROV_63	Taroudant
PROV_64	Tata
PROV_65	Tiznit
PROV_66	Guelmim
PROV_67	Tan Tan
PROV_68	Sidi Ifni
PROV_69	Assa-Zag
PROV_70	Es Semara
PROV_71	Boujdour
PROV_72	Laayoune
PROV_73	Tarfaya
PROV_74	Aouesserd
PROV_75	Oued Eddahab

D_COMMUNE

Code	Valeur
COM_01	Ain Bida
COM_02	Oulad Tayeb
COM_03	Sidi harazem
COM_04	Mechouar Fès Jdid
COM_05	Municipalité de Fès

D_ZONE_PROJ

Code	Valeur
Zone_1	Zone Lambert 1 (nord du Maroc)
Zone_2	Zone Lambert 2 (Agadir)
Zone_3	Zone Lambert 3 (La'youn)
Zone_4	Zone Lambert 4 (Dakhla)

D_TYP_ETUD		D_MDL_HYG		D_MDL_HYR	
Code	Valeur	Code	Valeur	Code	Valeur
ETUD_01	Etude hydrologique	HYG_01	Modèles distribués	HYG_01	Modèle 1D
ETUD_02	Etude hydraulique	HYG_02	Modèles événementiels	HYG_02	Modèle 2D
		HYG_03	Modèles continus	HYG_03	Modèle 3D
		HYG_04	Modèles empiriques		
		HYG_05	Modèles conceptuels		

D_MDL_VAGUE

Code	Valeur	Définition
MDL_01	MOST	'Method Of Splitting Tsunami'
MDL_02	ADCIRC	ADCIRC modélise les comportements hydrodynamiques par la résolution d'équations de type <i>swallow water</i> et approximation de Boussinesq discrétisées dans l'espace grâce à la méthode des éléments finis (<i>finite element method</i> , FEM) et dans le temps par la méthode (<i>finite difference method</i> , FDM, Kolar et al.,1994).
MDL_03	SWAN	SWAN simule les comportements des vagues en domaine côtier à partir des conditions au large, du vent, de la bathymétrie, des courants et de la marée. Il a été élaboré pour prendre en compte l'ensemble des processus intervenant par grand ou petits fonds tels que l'interaction vague/vague, les courants, la friction de fond et les « <i>surcotes de vague</i> » (Booij et al,1999)
MDL_04	pCOULWAVE	pCOULWAVE est particulièrement performant pour la modélisation de la progression d'ondes sur surface libre résolvant plusieurs types d'équations intégrant la profondeur, les ondes longues, les ondes non linéaires par petits fonds (<i>shallow water</i>) et dispersives de type Boussinesq. Ces équations servent à calculer en chaque point d'un maillage les champs de vitesse (u, v) et les déformations de la surface libre lors du déferlement. Il est utilisé ici pour la modélisation des paramètres ($\eta_{sv} + \eta_l$).

D_TYPE_RISQ

Valeur codée	Type de risque
01	Barrage
02	Côtière
03	Digue
04	Rivière
05	Autre

D_EVENT

Valeur codée	Période de retour
EVE_01	2 ans
EVE_02	10 ans
EVE_03	50 ans
EVE_04	100 ans
EVE_05	200 ans

D_TYPE_REF

Code	Valeur
REF_01	Travaux
REF_02	Publications
REF_03	Données mesurés
REF_04	Thèse
REF_05	Documents inédit

D_FORMAT :

Code	Valeur	Définition
F_REF_1	PDF	Portable Document Format
F_REF_2	HTML	Hypertext Markup Language
F_REF_3	XML	Extensible Markup Language

Tableau 5 : Format d'une source de données

Annexe 6

Liste des domaines dans GDB « risque inondation »

Nom des domaines	Table	Code de champ dans fGDB
D_TYPE_CARTO_PI	S_CARTO_PI	TYPE_CARTO_PI
D_TYPE_CARTO_Ln	S_CARTO_Ln	TYPE_CARTO_Ln
D_TYPE_CARTO_Pt	S_CARTO_Pt	TYPE_CARTO_Pt
D_CODE_CARTO_PI	S_CARTO_PI	CODE_CARTO_PI
D_CODE_CARTO_Ln	S_CARTO_Ln	CODE_CARTO_Ln
D_CODE_CARTO_Pt	S_CARTO_Pt	CODE_CARTO_Pt
D_TYPE_BATI	S_ZN_BATI_PI	TYPE_BATI
D_DEG_RISQ	S_ZN_BATI_PI	DEG_RISQ
	S_INFRA_Ln	DEG_RISQ
	S_ZN_OCCUP_PI	DEG_RISQ
	S_BRGE_Pt	DEG_RISQ
	S_RISQ_VAGUE_PI	RISQ_VAGUE
D_TYPE_RISQ	L_EV_RISQ_URB	TYPE_RISQ
	L_EV_RISQ_INFRA	
	L_EV_RISQ_OCCUP	
D_TYPE_INFRA	S_INFRA_Ln	TYPE_INFRA
D_TYPE_TERRAIN	S_ZN_OCCUP_PI	TYPE_OCCUP
D_NATURE_ROCHE		NATURE_ROCHE
D_TYPE_SOL		TYPE_SOL
D_PERMB_TERRAIN		PERMB_TERRAIN
D_TYPE_HYDRO		BASSIN_HYDRO
D_CODE_HYDRO		CODE_HYDRO
D_O/N	S_BRGE_Pt	PNL_URG
	S_DIGUE_Ln	
D_TYPE_CS	S_CS_BRGE_Ln	TYPE_CS
D_NOM_STAT		NOM_STAT
D_TYPE_VL_DIGUE	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	D_TYPE_VL_DIGUE
D_TYPE_BR_DIGUE	S_DIGUE_BREACH_Pt	TYPE_BR_DIGUE
D_TYPE_PT_DIGUE	S_DIGUE_ELMNT_Pt	TYPE_PT_DIGUE
D_EVENT	S_INOND_COTR_PI	PRD_RETO
		EVENT
	L_EV_RISQ_URB	PRD_RETO
	L_EV_RISQ_INFRA	PRD_RETO
	L_EV_RISQ_OCCUP	PRD_RETO
D_TYPE_INOND	S_ZN_INOND_PI	TYPE_INOND
D_VILLE	S_BDRI_LOCAL	VILLE
D_REGION		REGION
D_PROVINCE		PROVINCE
D_COMMUNE		COMMUNE
D_ZONE_PROJ		ZONE_PROJ
D_TYP_ETUD		
D_MDL_HYG	MODEL_BDRI	MDL_HYG
D_MDL_HYR		MDL_HYR
D_MDL_VAGUE		MDL_VAGUE
D_DIGUE_ACCREDITE	L_DIGUE_SCENARIO	TYP_ACCREE
D_DIGUE_EVENT		EVENT
D_EVENT_BRGE		EVENT
D_TYP_DECHM	L_BRGE_SCEN	D_TYP_DECHM
D_COND_RESRV		COND_RESRV
D_TYPE_REF	L_SOURCE	TYPE_REF
D_FORMAT		FORMAT

Annexe 7

Classes de relations

Une classe de relations contient plusieurs propriétés qui définissent comment les objets de l'origine sont reliés aux objets de la destination.

Nom de la classe de relation	Table originaire	Clé primaire	Table de destination	Clé étranger	Cardinalité
CARTOPi_SOURCE	S CARTO Pi	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
CARTOLn_SOURCE	S CARTO Ln	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
CARTOPt_SOURCE	S CARTO Pt	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
CARTOPi_BASSIN_HYDRO	S CARTO Pi	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
CARTOPi_BDRILOCAI	S CARTO Pi	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
CARTOLn_BASSIN_HYDRO	S CARTO Ln	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
CARTOLn_BDRILOCAI	S CARTO Ln	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
CARTOPt_BASSIN_HYDRO	S CARTO Pt	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
CARTOPt_BDRILOCAI	S CARTO Pt	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
ZNBATI_BASSIN_HYDRO	S ZN BATI Pi	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
ZNBATI_BDRILOCAI	S ZN BATI Pi	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
ZNBATI_SOURCE	S ZN BATI Pi	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
ZN_URB_EV_RISQ	S ZN_URB Pi	ID_ZN_URB	L_EV_RISQ_URB	ID_ZN_URB	1,M
INFRA_EV_RISQ	S INFRA Ln	ID_INFRA	L_EV_RISQ_INFRA	ID_INFRA	1,M
INFRALn_SOURCE	S INFRA Ln	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
INFRALn_BDRILOCAI	S INFRA Ln	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
INFRALn_BASSIN_HYDRO	S INFRA Ln	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
ZN_OCCUP_EV_RISQ	S_ZN_OCCUP_Pi	ID_ZN_OCCUP	L_EV_RISQ_OCCUP	ID_ZN_OCCUP	1,M
ZNOCCUP_SOURCE	S_ZN_OCCUP_Pi	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
ZNOCCUP_BDRILOCAI	S_ZN_OCCUP_Pi	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
ZNOCCUP_BASSIN_HYDRO	S_ZN_OCCUP_Pi	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
BASSINHYDRO_SOURCE	S_BASSIN_HYDRO	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
BASSINHYDRO_BDRILOCAI	S_BASSIN_HYDRO	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
INOND_COTR_SOURCE	S_INOND_COTR_Pi	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
INOND_COTR_BDRILOCAI	S_INOND_COTR_Pi	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
INOND_COTR_BASSINHYDRO	S_INOND_COTR_Pi	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1

RISQ_VAGUE_SOURCE	S_RISQ_VAGUE_Pt	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
RISQ_VAGUE_BDRILocal	S_RISQ_VAGUE_Pt	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
RISQ_VAGUE_BASSINHYDRO	S_RISQ_VAGUE_Pt	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
BRGE_SOURCE	S_BRGE_Pt	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
BRGE_ZNINOND	S_BRGE_Pt	ID_BRGE	S_ZN_INOND	ID_BRGE	1,M
BRGE_BDRILocal	S_BRGE_Pt	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
BRGE_BASSINHYDRO	S_BRGE_Pt	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
BRGE_BDINB	S_BRGE_Pt	ID_BRGE	S_BDINB_PT	ID_BRGE	1,M
CS_BRGE_PT	S_CS_BRGE_Ln	ID_BRGE	S_BRGE_Pt	ID_BRGE	1,M
CS_BRGE_SOURCE	S_CS_BRGE_Ln	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
CS_BRGE_BASSIN_HYDRO	S_CS_BRGE_Ln	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
CS_BRGE_BDRILocal	S_CS_BRGE_Ln	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
DIGUE_BDRIND	S_DIGUE_Ln	ID_DIGUE	S_BDIND_PI	ID_DIGUE	1,M
DIGUE_BDRILocal	S_DIGUE_Ln	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
DIGUE_BASSINHYDRO	S_DIGUE_Ln	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
DIGUE_SOURCE	S_DIGUE_Ln	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
DIGUEVIOL_SOURCE	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
DIGUEVIOL_DIGUESCEN	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	ID_DIG_SCEN	S_DIGUE_SCEN	ID_DIG_SCEN	1,M
DIGUEVIOL_BASSINHYDRO	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
DIGUEVIOL_BDRILocal	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
DIGUEVIOL_DIGUE	S_DIGUE_VIOLATION_Pt	ID_DIGUE	S_DIGUE_Ln	ID_DIGUE	1,M
DIGUEELMNT_SOURCE	S_DIGUE_ELMNT_Pt	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
DIGUEELMNT_BASSINHYDRO	S_DIGUE_ELMNT_Pt	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
DIGUEELMNT_BDRILocal	S_DIGUE_ELMNT_Pt	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
DIGUEELMNT_DIGUE	S_DIGUE_ELMNT_Pt	ID_DIGUE	S_DIGUE_Ln	ID_DIGUE	1,M
DIGUEFRAN_SOURCE	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
DIGUEFRAN_DIGUESCEN	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	ID_DIG_SCEN	S_DIGUE_SCEN	ID_DIG_SCEN	1,M
DIGUEFRAN_BASSINHYDRO	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
DIGUEFRAN_BDRILocal	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
DIGUEFRAN_DIGUE	S_DIGUE_FRANCBORD_Ln	ID_DIGUE	S_DIGUE_Ln	ID_DIGUE	1,M
DIGUECRBTARG_SOURCE	S_DIGUE_CRB_TARG_Pt	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
DIGUECRBTARG_BASSINHYDRO	S_DIGUE_CRB_TARG_Pt	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
DIGUECRBTARG_BDRILocal	S_DIGUE_CRB_TARG_Pt	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
DIGUECRBTARG_DIGUE	S_DIGUE_CRB_TARG_Pt	ID_DIGUE	S_DIGUE_Ln	ID_DIGUE	1,M
ZNINOND_SOURCE	S_ZN_INOND_PI	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1

ZNINOND_DIGUE	S_ZN_INOND_PI	ID_DIGUE	S_DIGUE_Ln	ID_DIGUE	1,M
ZNINOND_BRGE	S_ZN_INOND_PI	ID_BRGE	S_BRGE_Pt	ID_BRGE	1,M
ZNINOND_LOCAL	S_ZN_INOND_PI	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
ZNINOND_SCNB	S_ZN_INOND_PI	ID_BRGE_SCEN	L_BRGE_SCEN	ID_BRGE_SCEN	
BDRILocal_SOURCE	S_BDRI_LOCAL	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
BDRILocal_BASSINHYDRO	S_BDRI_LOCAL	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
CRILGND_SOURCE	S_CRI_LGND_Ln	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
CRILGND_BASSINLOCAL	S_CRI_LGND_Ln	ID_BDRI_LOCAL	S_BASSIN_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
MODELBDRI_SOURCE	MODEL_BDRI	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
MODELBDRI_BASSINLOCAL	MODEL_BDRI	ID_BDRI_LOCAL	S_BASSIN_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
MODEL_ETUDE	ETUDE_BDRI	ID_ETUDE	MODEL_BDRI	ID_ETUDE	
RRIDIAGRAMMER_BASSINLOCAL	RRI_ArcGis_Diagrammer	ID_BDRI_LOCAL	S_BASSIN_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
RRIIMG_BASSINLOCAL	RRI_IMG	ID_BDRI_LOCAL	S_BASSIN_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
CSBRGE_MDL_BASSINLOCAL	L_CS_BRGE_MDL	ID_BDRI_LOCAL	S_BASSIN_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
CSBRGE_MDL_SOURCE	L_CS_BRGE_MDL	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
CSBRGE_MDL_BRGSCEN	L_CS_BRGE_MDL	ID_BRGE_SCEN	S_BRGE_SCEN	ID_BRGE_SCEN	
CRBTARAGDIG_CS_DIG_Pt	L_CRB_TARAG_DIG		S_CS_DIG_Pt		
CRBTARAGDIG_DIGUESCENARIO	L_CRB_TARAG_DIG	ID_DIGUE_SCEN	L_DIGUE_SCENARIO	ID_DIGUE_SCEN	
CRBTARAGDIG_BASSINHYDRO	L_CRB_TARAG_DIG	ID_BH	S_BASSIN_HYDRO	ID_BH	1,1
CRBTARAGDIG_BDRILocal	L_CRB_TARAG_DIG	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
CRBTARAGDIG_SOURCE	L_CRB_TARAG_DIG	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
BRGSCEN_BDRILocal	L_BRGE_SCEN	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
BRGSCEN_MODELBDRI	L_BRGE_SCEN		MODEL_BDRI		
BRGSCEN_SOURCE	L_BRGE_SCEN	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1
DIGSCEN_MODELBDRI	L_DIGUE_SCENARIO		MODEL_BDRI		
DIGSCEN_BRGE_SCENARIO	L_DIGUE_SCENARIO	ID_BRGE_SCEN	L_BRGE_SCENARIO	ID_BRGE_SCEN	
DIGSCEN_BDRILocal	L_DIGUE_SCENARIO	ID_BDRI_LOCAL	S_BDRI_LOCAL	ID_BDRI_LOCAL	1,1
DIGSCEN_SOURCE	L_DIGUE_SCENARIO	ID_SOURCE	L_SOURCE	ID_SOURCE	1,1

