

Chapitre 1- Les modèles de données hydrologiques

I. Introduction

1. Le bassin versant : un cadre physique

Le concept de bassin versant « surface drainée par un cours d'eau, en amont d'un point définissant son exutoire » s'impose dans la communauté scientifique comme l'unité fonctionnelle d'étude du cycle de l'eau et des flux associés (énergie, matière). Le terme de bassin versant englobe, de par sa définition, des objets spatiaux de tailles très différentes depuis quelques hectares à quelques millions de km².

D'après Ambroise (1991), le bassin versant est un espace géographique collectant les précipitations en amont d'un point de la rivière définissant son exutoire.

C'est aussi, sur cette entité physique que les hydrologues cherchent à comprendre le cycle de l'eau et des flux associés pour mieux les reproduire. Les petits bassins facilitent la mise en évidence des processus élémentaires, les grands intègrent la globalité des processus.

A partir de la définition du bassin versant proposée, il est évident que c'est une unité spatiale dont les limites correspondent à des lignes de crête. Son tracé commence par l'exutoire et suit les points les plus élevés jusqu'à fermeture du circuit. Or, il peut exister des interactions entre la surface et le sous-sol. Les limites déduites de la topographie peuvent ne plus correspondre aux limites fonctionnelles du bassin.

De nombreuses études de terrain, conduites à l'échelle du versant ou des petits bassins versants, ont apporté une bien meilleure compréhension des cheminements de l'eau, qui à son tour a permis, grâce aux progrès concomitants des moyens informatiques, le développement d'une nouvelle génération de modèles dits distribués ou spatialisés. Contrairement aux modèles globaux, ceux-ci appréhendent le fonctionnement hydrologique d'un bassin versant en tentant de représenter les processus du ruissellement dans l'espace.

2. Le modèle hydrologique :

Un modèle est une représentation schématique d'un processus, d'une démarche raisonnée réalisée afin de pouvoir mieux étudier celui-ci (Petit Larousse 2002). Cette représentation plus ou moins conceptuelle doit simuler la réponse de ce système à une série de sollicitations. En eaux souterraines, le système en question est un système hydrogéologique.

Le modèle hydrologique est un modèle conceptuel dans le sens où le concept est la représentation générale et abstraite d'un objet ou d'un ensemble d'objets, il se définit selon sa compréhension et selon son extension (Petit Larousse 2002).

La complexité du fonctionnement du bassin versant justifie l'approche systémique qui offre une grille d'analyse des interactions fonctionnelles, spatiales et temporelles propres aux systèmes. Cette approche permet d'analyser l'intensité et la combinaison des processus actifs en fonction des variables d'entrée, des variables d'état et des propriétés hydrologiques des différentes unités de milieu.

3. La modélisation hydrogéologique

Elle consiste à reproduire à l'aide de modèles mathématiques ou numériques l'écoulement des eaux souterraines et la migration des polluants dans les sols et les eaux. Elle permet de simuler le comportement des nappes d'eaux souterraines, par exemple, sous l'effet de contraintes, et les phénomènes complexes de transport de polluants.

La modélisation hydrologique et hydrogéologique est un outil largement utilisé dans de nombreux problèmes pratiques :

- Eau potable et industrielle – Gestion de ressources en eau
- Évaluation du potentiel de captage ;
- Dimensionnement d'ouvrages de captage et d'approvisionnement en eau ;
- Optimisation d'exploitation de puits de pompage, de champs captant ;
- Prédiction d'exploitation dans le temps, gestion de la ressource ;

A partir des années 1980, les hydrologues et les hydrogéologues ont utilisé des modèles de plus en plus diversifiés pour répondre au mieux à des demandes variées. Des modèles spatiaux combinant les écoulements souterrains et ceux de surface, ont amélioré la connaissance de la ressource en eau à l'échelle d'un bassin comme d'une région.

4. Modélisation spatiale et SIG

Un système d'information géographique (SIG) offre une méthode efficace pour la gestion, la visualisation et l'édition des données spatiales. L'hydrologie est l'étude du mouvement de l'eau sur toute la terre, et il est généralement de nature spatiale. Par conséquent, la fusion de l'hydrologie avec le SIG est un objectif naturel pour de nombreux analystes des bassins versants. Au cours de la dernière décennie, cet objectif a été prouvé à la fois possible et efficace pour une variété d'analyses, y compris l'étude des inondations, des études de qualité de l'eau et la gestion des droits d'eau.

Un système d'information géographique de type hydrologique résulte de la synthèse des séries chronologiques, les données géospatiales (données SIG), la modélisation et l'analyse hydrologique (Maidment, 2002). Il est important de réaliser qu'un tel système contient deux types de modèles. Un «modèle de données» est utilisé pour stocker des données importantes de la série géospatiale et l'heure dans un cadre normalisé et un «modèle de calcul» (ou «modèle de simulation») contient les algorithmes nécessaires pour simuler les processus naturels.

Par conséquent, un système d'information hydrologique combine les capacités prédictives d'un modèle de calcul avec les capacités de gestion de données d'un modèle de données.

II. Le système d'information hydrologique ArcHydro d'ESRI :

ArcHydro, qui a été développé par le Centre de recherche sur les ressources en eau (CRWR) à l'Université du Texas à Austin, est un modèle de données pour stocker des données hydrologiques géospatiales (Figure 1). Ce modèle de données « *normalisé* » est important car il permet « *l'interopérabilité* » entre les différentes agences de l'eau, et il fournit un cadre autour duquel des programmes de calcul futurs peuvent être conçus. Par conséquent, de nombreuses agences hydrauliques sont maintenant intéressées à convertir leurs données sur les ressources en eau dans une forme compatible ArcHydro.

On utilise ArcHydro pour délimiter et caractériser les lignes de partage des eaux aux formats raster et vecteur, définir et analyser le réseau hydrogéométrique, gérer les données chronologiques et exporter les données vers des modèles numériques.

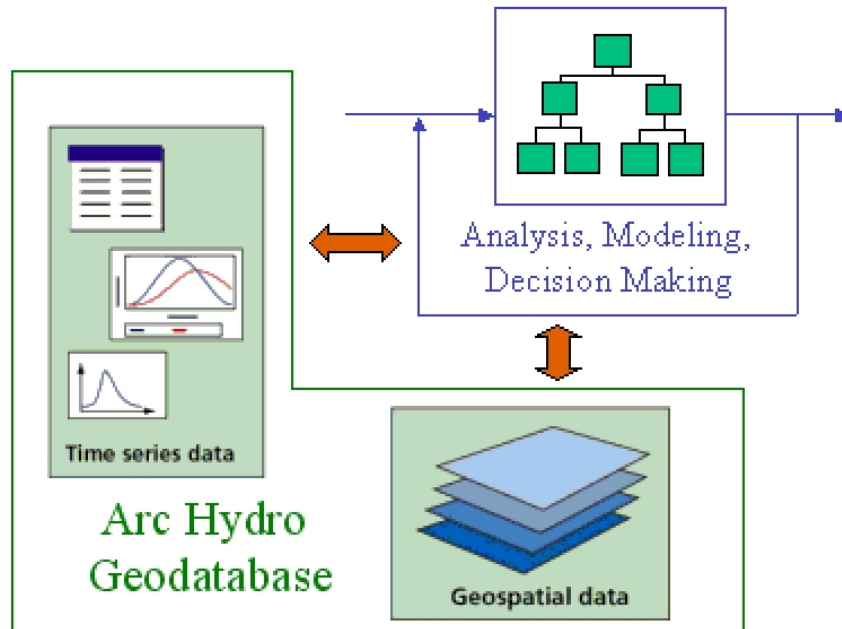


Figure 1: Système de modélisation hydrologique

III. Les atouts d'ArcHydro d'ESRI :

ArcHydro est un modèle de données géospatiales et temporelles SIG qui peut être utilisé pour conserver les données sur les ressources en eau, nécessaires pour la modélisation et l'analyse hydrologique (Maidment 2002). En général, ArcHydro a été créé avec trois composantes principales (Obenour et Maidment, 2004) :

1. Un format normalisé pour stocker des données hydrologiques géospatiales et temporelles ;
2. Relations logiques entre les données représentées par des entités géospatiales basées sur les principes hydrologiques ;
3. Un ensemble d'outils pour créer, manipuler et visualiser des données hydrologiques.

Les deux premiers de ces composants ont été créés en utilisant le langage de modélisation unifié (UML) pour concevoir une Geodatabase "ArcHydro" standard. La Geodatabase d'ArcHydro comprend un certain nombre de tableaux qui représentent différents thèmes hydrologiques (figure 5).

Les tables qui représentent des entités spatiales, telles que les bassins versants et des points de contrôle, sont appelées «classes d'entités». Les tables qui représentent des données non-spatiales, telles que les séries chronologiques, sont appelés «classes d'objets» (figure 2).

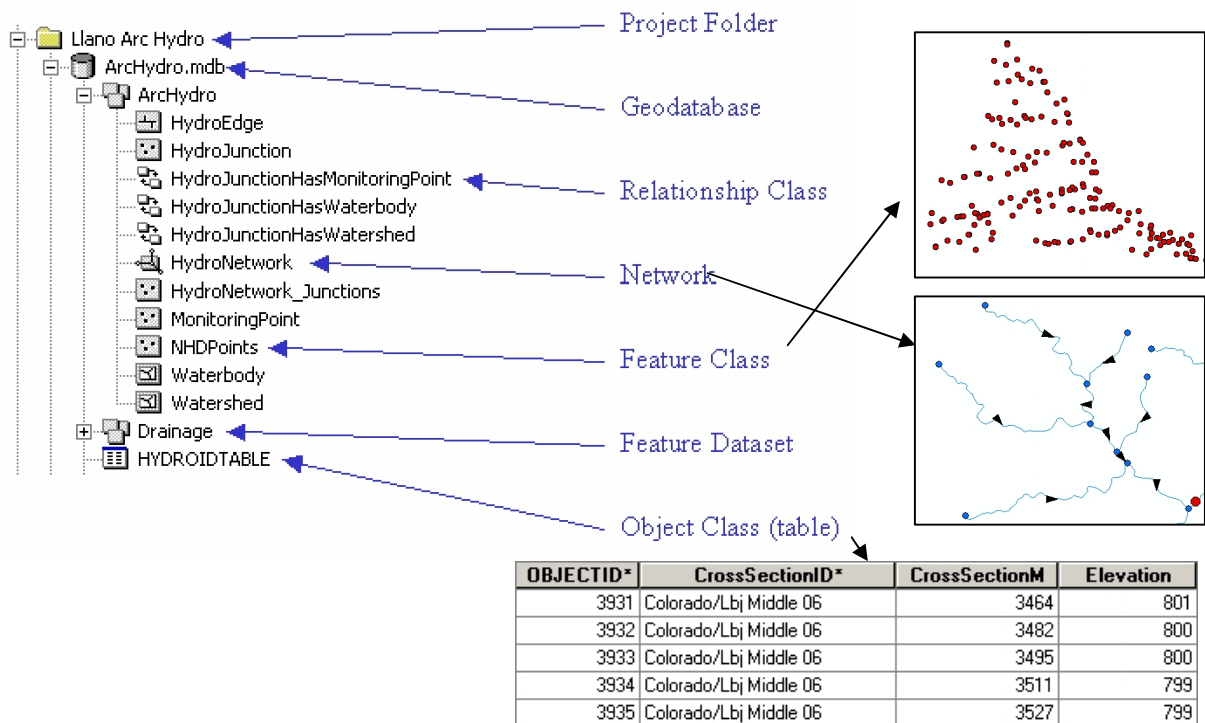


Figure 2: Structure de la Geodatabase d'ArcHydro

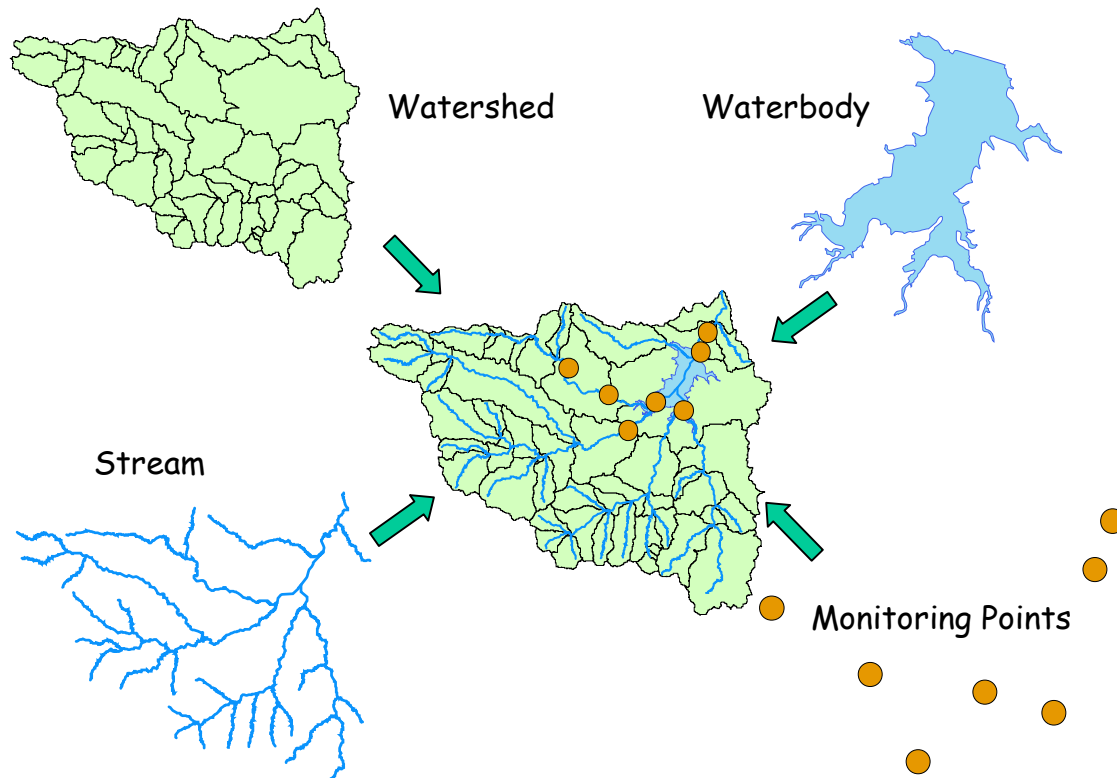


Figure 3 : Modèle spatial d'ArcHydro

Le modèle de données ArcHydro est conçu pour la manipulation d'un ensemble de données sur le cours d'eau (stream), les bassins versants (watershed), les plans d'eau (waterbody) et les points hydroélectriques (monitoring points) comme données des jauges de cours d'eau et des points de contrôle de qualité de l'eau.

Les relations entre les données de l'ArcHydro ont également été créées en utilisant le langage UML (figure 5). Ces relations sont utilisées pour associer d'autres entités hydrologiques connexes. Par exemple, un sous-bassin peut-être lié à un point de sortie (auquel le bassin draine) et une jauge de courant peut être lié à un point le long d'une rivière (Outlet, figure 4) et un ensemble de données de précipitation peut être lié à une station de jaugeage de pluie. Avec ces relations établies, l'utilisateur peut facilement demander des informations hydrologiques complémentaires.

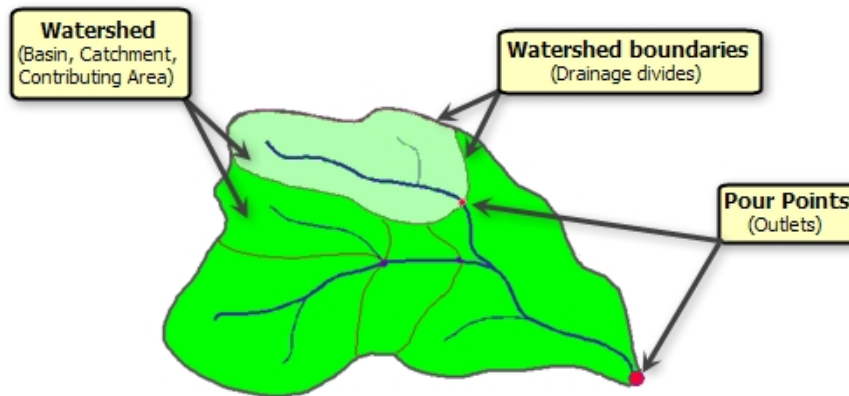


Figure 4 : Composantes de bassin de drainage

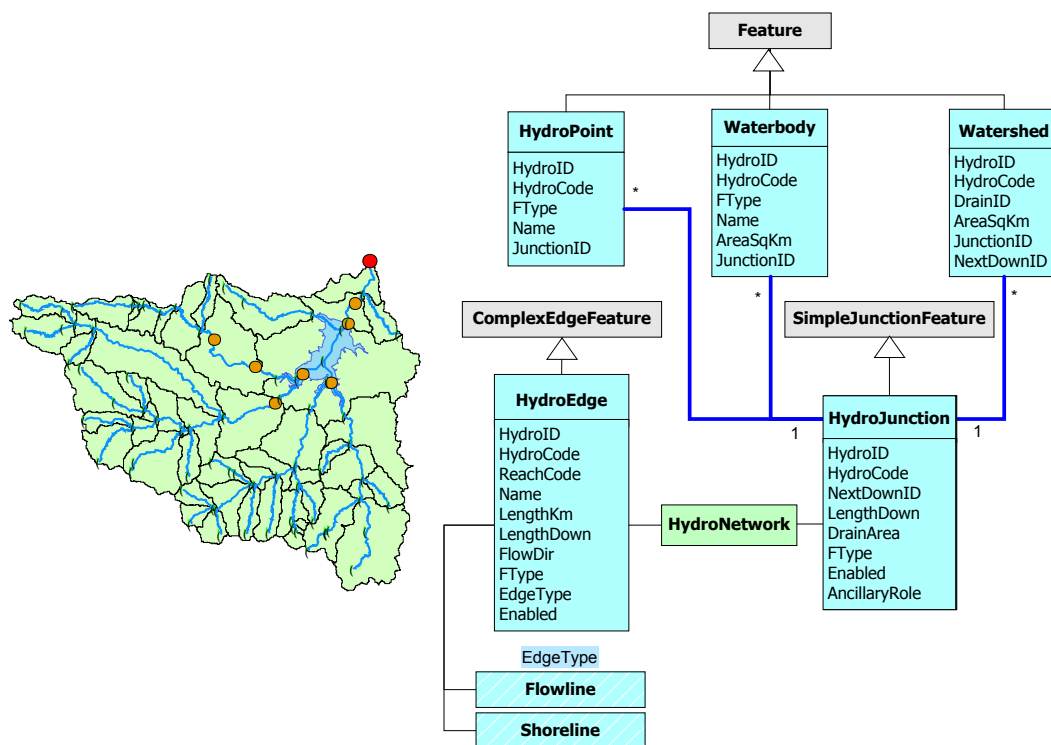


Figure 5 : Langage UML des entités hydrogéologiques dans ArcHydro

Le troisième volet d'ArcHydro est l'ArcHydro Toolset, qui s'exécute dans l'environnement ArcMap d'ArcGIS. Cet ensemble d'outils peut être utilisé pour un certain nombre de routines de traitement hydrologiques y compris le traitement raster et l'affectation des attributs

d'entités. En outre, ArcHydro fait usage d'un certain nombre d'autres boîtes à outils d'ESRI, y compris ArcGIS Spatial Analyst et Network Analyst.

IV. Types de données SIG utilisées par le modèle de données ArcHydro

Les deux types les plus communs de données SIG sont les données Raster et Vecteur. Les données vectorielles incluent des points, des lignes et des polygones et leurs attributs associés. Les données au format vecteur sont idéales pour représenter le réseau hydrographique, les bassins versants et les points de contrôle. ArcHydro est constitué presque entièrement de classes d'entités (feature class), qui sont des données vectorielles. Les données rasters sont des données maillées, où chaque cellule d'une grille raster possède une valeur unique. Les données raster ne sont généralement pas considérées comme une partie du modèle de données ArcHydro. Les données raster peuvent cependant être utilisées pour générer des données vectorielles utilisées par le modèle ArcHydro. En fait, la plupart des outils ArcHydro se concentre sur l'utilisation de d'un MNT de la surface terrestre (au format raster) à générer des cours d'eau et des bassins versants pour le modèle de données.