Chapitre III

Présentation HEC-RAS

III-Introduction :

HEC-RAS est un logiciel intégré pour l'analyse hydraulique qui permet de simuler les écoulements à surface libre. Il a été conçu par le *Hydrologic Engineering Center* du *U.S Army Corps of Engineers*. Il s'agit d'une nouvelle version d'un modèle hydraulique auparavant nommé HEC-2, qui comporte maintenant une interface graphique permettant d'éditer, de modifier et de visualiser les données d'entrée, de même qu'observer les résultats obtenus. Il est présentement utilisé dans plusieurs firmes d'ingénierie et organismes gouvernementaux. La version 3.1.3 de HEC-RAS permet de simuler les écoulements permanents et non permanents, le transport de sédiments et certaines fonctions facilitant la conception d'ouvrages hydrauliques.

Toutefois, avant d'utiliser un logiciel de calcul des écoulements à surface libre, il est primordial de connaître certaines notions théoriques, sinon le Logiciel deviendra une boite noire [14,24].

III-1- Un aperçu rapide de HEC-RAS :

HEC-RAS utilise le concept de Projet afin de réaliser une simulation du comportement hydraulique d'un cours d'eau. Tel que défini par HEC-RAS, un projet est un ensemble de fichiers permettant de simuler le comportement hydraulique d'un cours d'eau pour diverses conditions [14,24].

III-1-1- Terminologie utilisée :

Avec HEC-RAS, un ensemble de fichiers (que l'on nomme Projet) sont requis pour effectuer l'analyse hydraulique d'un cours d'eau. Une terminologie particulière est employée pour définir chacune de ces composantes. Les définitions sont présentées à la page suivante et la figure ci-dessous illustre la hiérarchie des fichiers d'un projet [14,24].

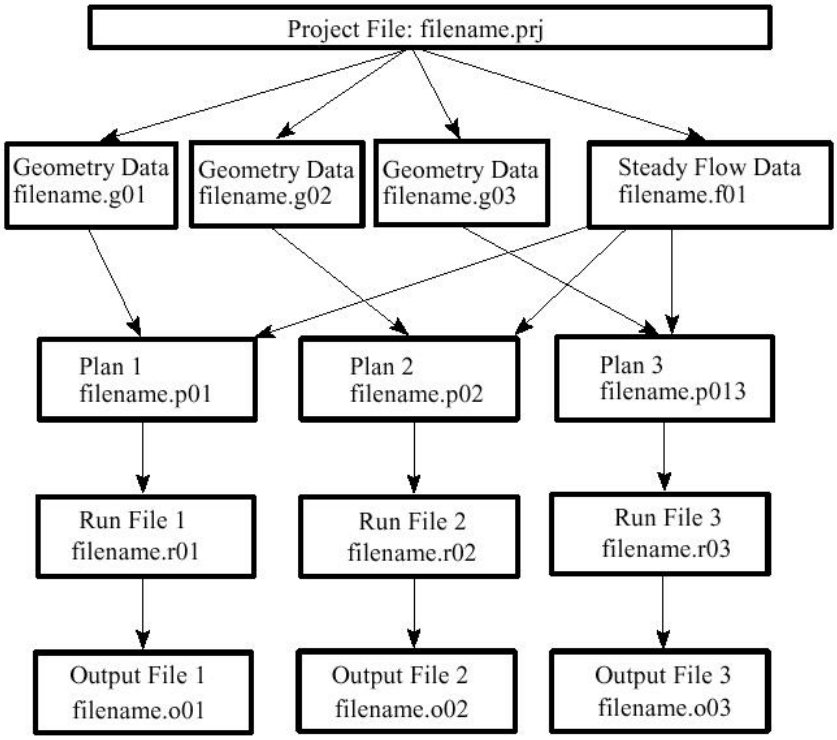


Figure III1: Structure des fichiers d'un projet

Projet (Project) :

Le fichier Projet contient le titre et la description du projet, le système d'unité utilisé et les liens vers tous les fichiers qui lui sont associés. Il contient aussi les variables par défaut qui peuvent être définies par l'usager et une référence au dernier Plan utilisé (voir la description d'un Plan plus bas). Il comporte l'extension .PRJ.

Géométrie (Geometry) :

Ce fichier contient toutes les informations géométriques sur le cours d'eau analysé, soit le schéma arborescent, les sections transversales, la distance entre chaque section, les coefficients de Manning et s'il y a lieu, les structures présentes (ponts, ponceaux). Un projet peut comporter plusieurs géométries afin d'analyser différentes variantes (par exemple avec ou sans obstruction dans la rivière). Les fichiers peuvent ainsi comporter l'extension .G01 à G.99.

Débit (Flow) :

Le fichier Débit est utilisé pour simuler les écoulements permanents. Il contient le nombre de Profile devant être calculés, les données de débit pour chacun d'eux et les conditions limites pour chaque tronçon. Un Profile désigne l'ensemble des niveaux d'eau calculés pour des conditions particulières de débit. De la même façon que précédemment, l'extension du fichier peut être de .F01 a .F99.

Plan (Plan) :

Un fichier Plan contient un titre et une description du plan, de façon similaire aux informations d'un Projet. Il contient de plus la référence aux fichiers Géométrie et Débit associés à ce Plan. Le concept de Plan permet ainsi de simuler différentes combinaisons de Géométrie et de débit qui peuvent être nécessaires dans le cadre d'une étude hydraulique. Il y a un fichier .P** pour chaque Plan et ceux-ci peuvent comporter l'extension .P01 à .P99.

Simulation (Run) :

Le fichier simulation contient toutes les données nécessaires à l'exécution d'une simulation, définie à l'intérieur d'un Plan. Ce fichier est automatiquement créé par HEC-RAS lorsqu'une simulation est lancée. Son extension peut-être .R01 à .R99.

Par exemple, le fichier .R01 correspond au Plan .P01

Résultats (Output) :

Tous les résultats d'une simulation sont contenus dans le fichier Output. Les fichiers de résultats possèdent l'extension O01 à O99 et leur numérotation est également associée à celle des fichiers Plan.

Tous les fichiers créés à l'intérieur d'un même projet comportent le même nom, soit celui définit au départ par l'usager. Seule l'extension diffère et les différentes extensions des fichiers sont automatiquement créées par HEC-RAS et ne doivent pas être modifiés. Pour les fichiers dont l'extension inclus un nombre, celui-ci correspond à l'ordre dans lequel les fichiers ont été sauvegardés. La numérotation des fichiers Plan, Run et Output est également liée entre eux. [14,24].

III-1-2- Fonctionnement de HEC-RAS :

- **Démarrage de HEC-RAS :**

Pour démarrer HEC-RAS, double-cliquez sur l'icône suivant placé sur le Bureau, ou bien allez dans le menu Démarrer et choisissez le programme HEC-RAS 3.1.3. Fait important à noter, HEC-RAS utilise comme symbole décimal le point, et non la virgule utilisée habituellement dans notre système d'unité. Un message d'erreur peut apparaître lors du démarrage de HEC-RAS si le symbole décimal spécifié pour votre ordinateur n'est pas le point. Vous pouvez changer ce symbole dans le Panneau de configuration de Windows, à l'item Paramètres régionaux, à l'onglet Nombre [14,24].

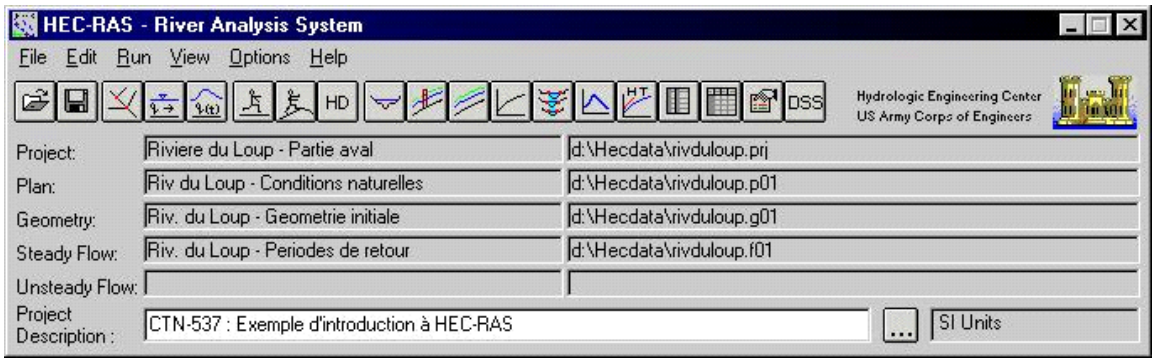


Figure III2: Fenêtre principale de HEC-RAS

La barre de menu comprend toutes les fonctions disponibles de HEC-RAS et la figure de la page suivante présente son contenu. Le menu **File** permet d'ouvrir, de créer et de sauvegarder un Projet (fichiers avec l'extension.prj). Les autres options permettent de modifier le titre du Projet ou d'effacer tous les fichiers reliés à un projet. Utilisez cette dernière option avec précaution ! [14,24]. Outre le menu File, le menu **Edit** est également important et permet de spécifier les données de base décrivant le système hydrographique devant être modélisé ainsi que les conditions de débit dans ce système [14,24].

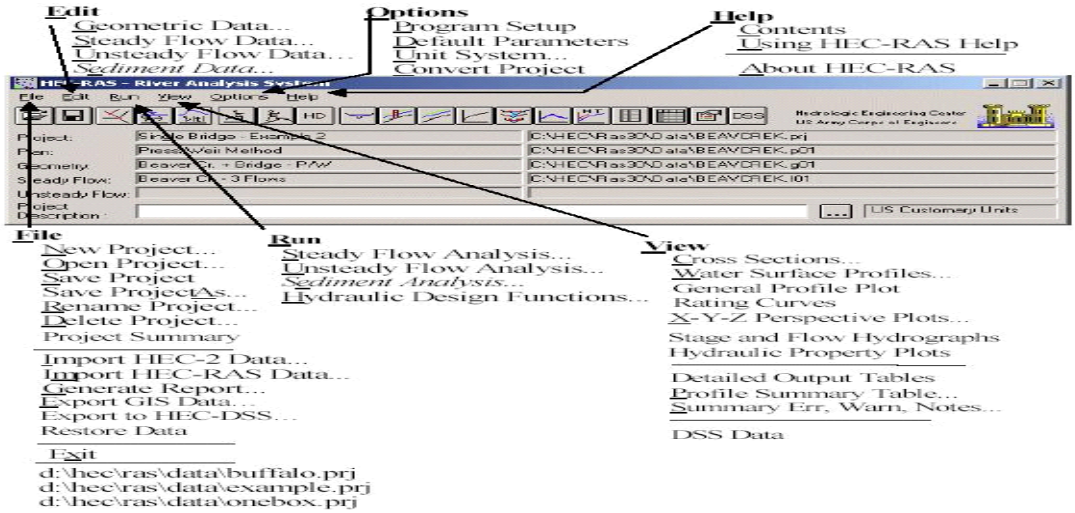


Figure III3: Menu dans HEC-RAS

- **Barre de menu HEC-RAS :**

La principale étape de la création d'un projet de modélisation avec HEC-RAS est de définir la géométrie de notre cours d'eau, au moyen de sections transversales. Cette étape est réalisée en choisissant l'option **Geometric Data.**

Toutes les données reliées à la géométrie du cours d'eau sont sauvegardées dans les fichiers dont l'extension est .G** où ** désigne des chiffres représentant une numérotation séquentielle [14,24].

Une autre option disponible dans le menu Edit pour l'étude des écoulements permanents dans le cours d'eau est **Steady Flow Data**. Cette option permet de spécifier la ou les valeurs de débits dans le cours d'eau qui devront être modélisés, ainsi que les conditions aux limites de l'écoulement. Un Profile désigne l'ensemble des niveaux d'eau calculés pour des conditions particulières de débit. Les informations qui sont spécifiées avec cette option sont contenues dans les fichiers .F**. L'option **Unsteady Flow Data** désigne l'écoulement non permanent et y contenu dans les fichiers .U** [14,24].

L'autre élément important de la fenêtre principale pour la création d'un projet et la réalisation de simulations est le menu **Run**. Trois options y sont disponibles :**Steady Flow Analysis,** Unsteady **Flow Analysis** et **Hydraulic Design**. Les deux premières options permettent de définir le **Plan**, qui contient la référence au régime d'écoulement modélisé, à la géométrie du cours d'eau et aux débits simulés (écoulement permanent et non permanent) [14,24].

Après avoir réalisé une simulation, vous pouvez consultez le menu **View**. Il permet de consulter les différents résultats obtenus, soit graphiquement avec les fonctions de la partie supérieure du menu, ou bien de façon tabulaire avec les autres [14,24].

Même s'il n'y a pas de résultats calculés, les fonctions graphiques peuvent être utilisées pour visualiser de façon schématique les données entrées et ainsi percevoir certaines incohérences, s'il y a lieu [14,24].

Le menu **Options** contient certains paramètres de fonctionnement de HEC-RAS. Dans**Program Setup**,allez à **Set Time for Automatic Backup.**Cette option permet de spécifier l'intervalle de temps qui sera utilisé pour la sauvegarde automatique des données de votre projet. Dans le même menu, vérifiez que **Automatically Backup Data** est coché. [14,24].

Ainsi, par mesure de sécurité, toutes vos données seront sauvegardées dans le fichier RasBackup.prj, situé dans le répertoire d'installation de HEC-RAS. La fonction **Default Parameters** permet de spécifier les coefficients d'expansion et de rétrécissement utilisés par défaut pour chaque nouvelle section transversale. **Unit System** permet de spécifier quel système d'unité est utilisé pour le projet en cours (actuellement US customary) et permet aussi de changer le système d'unité utilisé par défaut pour chaque nouveau projet. [14,24].

Finalement, la dernière fonction, **Convert Project Units**, permet de convertir un projet d'un système d'unité à un autre.

Le dernier item de la barre de menu, **Help**, peut être consulté pour obtenir de l'aide sur différents sujets d'intérêt

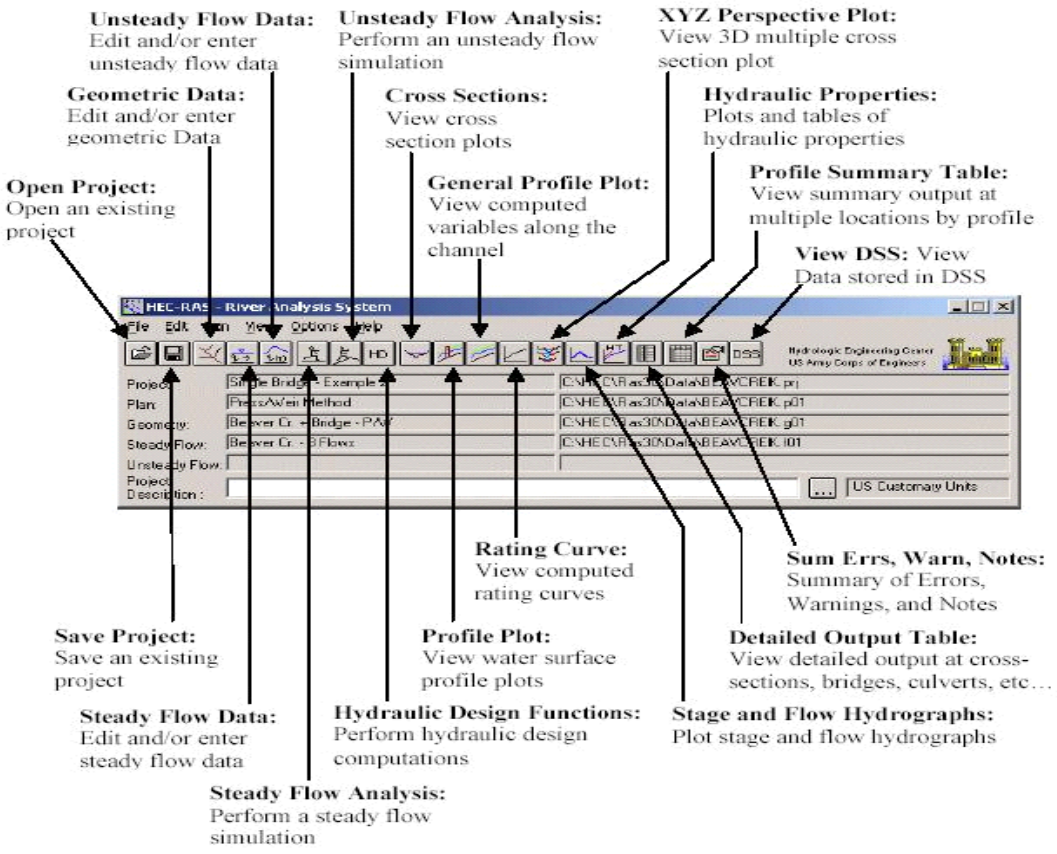


Figure III4: Barre de bouton dans HEC-RAS

- **Barre de bouton HEC-RAS :**

Finalement, la barre de bouton constitue un accès aux fonctions utilisées le pluscouramment dans HEC-RAS. La figure ci-dessus présente leur description. En plaçant le curseur de la souris au-dessus d'un bouton, la description est affichée dans la barre de titre de la fenêtre ainsi que dans un élément textuel. L'icône utilisé est aussi représentatif de cette fonction. Elles ont pour la plupart été abordées précédemment. Fait à noter, les éléments de la barre de boutons sont placés dans un ordre logique de réalisation d'un Projet avec HEC-RAS, mais ce ne sont pas toutes ces fonctions qui doivent nécessairement être utilisées dans un projet [14,24].

III-2- Etapes de la modélisation (exemple d'un écoulement permanent) :

Les principales étapes requises pour la création d'un projet avec HEC-RAS sont décrites ici à travers un cas simple (le bassin versant de la Rivière du Loup) [14,24].

III-2-1- Projet :

Dans le menu **File**, choisir l'option **New Project** pour obtenir une fenêtre similaire à celle illustrée plus bas. La première étape est de choisir le dossier de travail où le projet sera sauvegardé. Un nouveau répertoire peut d'ailleurs être créé avec le bouton **Create Directory**. Le titre du projet sera par la suite spécifié dans la ligne du haut et un nom de fichier doit aussi être indiqué dans la case suivante, tout en conservant l'extension .prj [14,24].

Entrez les informations suivantes dans un dossier de votre choix :
Title : Rivière du Loup - partie aval ; File name : rivduloup.prj.

Vous ne devez pas utiliser les accents lorsque vous indiquez un Titre car cette information n'apparaîtra pas la prochaine fois que vous ouvrirez le projet, même si toutes les autres informations seront présentes. Aussi, il ne faut pas utiliser les accents pour un **nom de fichier**.

Après avoir appuyé sur OK, un message apparaît pour confirmer les informations soumises. Appuyez à nouveau sur OK et les données seront sauvegardées dans le fichier et le répertoire indiqué. Au bas de la fenêtre principale de HEC-RAS, vous pouvez maintenant entrer des informations supplémentaires sur votre projet à l'item **Project Description**. Appuyez sur le bouton "..." à droite pour élargir cette fenêtre et indiquez des renseignements tels que le titre du cours, la date, les membres de votre équipe... [14,24].

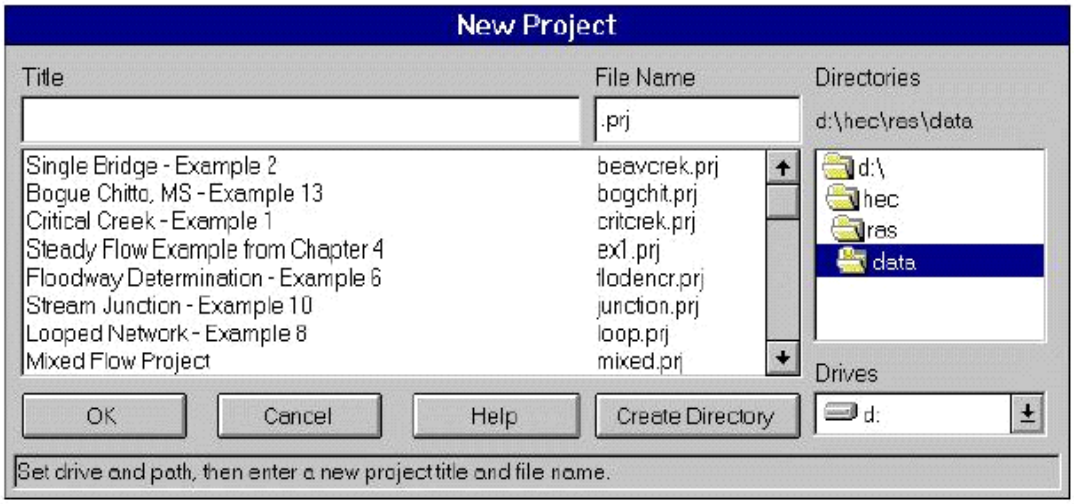


Figure III5: Fenêtre New Project

Avant d'entrer les informations reliées à la géométrie et aux débits, il faut spécifier le système d'unité utilisé. Dans le menu **Options**, allez à **Units System** et choisissez **System International (Metric System)**. Vous pouvez aussi indiquer que ce système d'unité sera utilisé par défaut pour tous les nouveaux projets. Également dans le menu **Options**, il peut également être utile de spécifier à ce stade-ci les coefficients d'expansion et de rétrécissement qui seront utilisés par défaut pour toutes les nouvelles sections, puisque pour la plupart des sections où il n'y a pas de changement brusque de géométrie, ces valeurs ne changent pas. Allez à **Default Parameters**, **Expansion and Contraction Coef.** pour entrer les valeurs à utiliser (N'oubliez pas, le symbole décimal utilisé est le point) [14,24].

Cross Section flow Contraction Coeff = 0.1; Cross Section flow Expansion Coeff = 0.3.

III-2-2- Géométrie des sections:

Après avoir défini les principaux paramètres du projet, la deuxième étape est de définir les caractéristiques géométriques du système modélisé. **Sélectionnez Edit / Geometric Data** et la fenêtre **Base Geometry Data** apparaît. Augmentez cette fenêtre à sa taille maximale [14,24].

Pour vous aider à tracer le tronçon de rivière à l'étude, vous pouvez ajouter une image de fond à cette fenêtre.

Appuyez sur le bouton **Add/Edit background pictures** et appuyez sur **Add** afin de sélectionner le fichier **rivduloup.jpg**. Après avoir appuyé sur Close, un message apparaît car la taille de l'image est plus grande que la taille actuelle de l'écran. Il est possible d'ajuster l'échelle en choisissant dans le menu **View** l'option **Full Plot** (Afficher l'image en entier). La fenêtre illustrée à la page suivante devrait correspondre à ce que vous obtenez, sans toutefois le tronçon de rivière qui y est dessiné [14,24].

Pour sauvegarder les étapes accomplies jusqu'à maintenant, allez à **File / Save Geometry**

Data as. Sauvegardez les données de la géométrie avec les informations suivantes: [14,24].

Title: Riv. du Loup - Géométrie initiale.

La partie de la rivière qui sera étudiée est en effet représentée d'un trait fin sur cette figure; elle va du barrage de Rivière-du-Loup jusqu'au fleuve St-Laurent. Pour représenter ce tronçon, cliquez sur le bouton **River Reach**. Le curseur se transforme en crayon et vous pouvez alors dessiner le tronçon de rivière à l'aide d'une suite de points qui vont de **l'amont vers l'aval,** en suivant le centre de la rivière sur l'image de référence. Vous double-cliquez pour indiquer la fin du tronçon. A ce moment, une fenêtre apparaît vous demandant d'indiquer le nom de la rivière et le nom du tronçon. Indiquez les informations suivantes : [14,24].

River : Rivière du Loup ; Reach : Aval.

Dans un but de simplification, l'exemple présenté ici de même que le projet à réaliser ne comportent qu'un seul tronçon. En pratique, le système modélisé comporte bien souvent plusieurs tronçons et parfois même plus qu'une rivière. Dans cette situation, les caractéristiques des points de confluence (bouton Junction) doivent être spécifiées. [14,24].

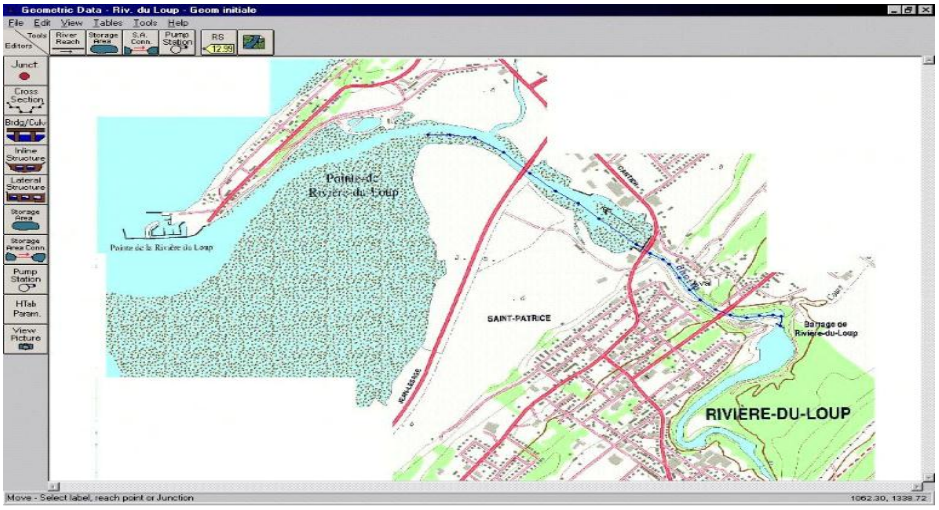


Figure III6: Fenêtre géométrie

Les autres caractéristiques géométriques nécessaires à cette étape sont les sections transversales à différents endroits de la rivière. Les sections transversales sont représentées au moyen de points représentant des coordonnées X-Y, où X est la distance par rapport à un point de référence arbitraire placé sur la rive et Y est l'élévation du fond de la rivière. [14,24].

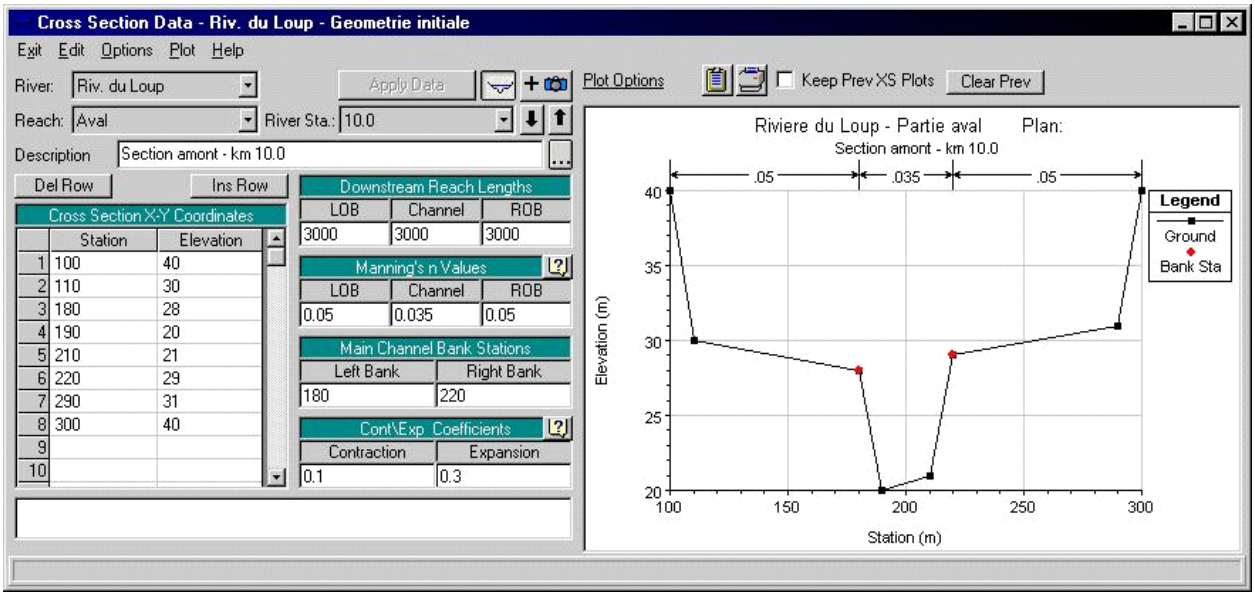


Figure III7: Fenêtre cross section

Pour entrer les données, vous devez cliquer sur le bouton **Cross-Section** dans la partie gauche pour obtenir une fenêtre similaire à celle illustrée ci-haut, sans toutefois les données qui y sont présentes. Dans le menu **Options**, choisissez **Add a new Cross Section**... Il vous est alors demandé de définir la station (**River Station**) de cette section transversale, qui est en fait un identificateur numérique. *HEC-RAS place sur un tronçon de rivière les stations en ordre décroissant de la partie amont vers la partie aval*. Généralement, la distance depuis l'embouchure est utilisée comme station. Inscrivez donc ici 10.0 comme identificateur. [14,24].

Inscrivez pour cette première section transversale les valeurs qui sont indiquées à la figure précédente. La signification de chacun des termes que l'on y retrouve est décrite ci-dessous. [14,24].

River: Nom de la rivière sur laquelle la nouvelle section sera ajoutée.

Reach: Nom du tronçon de rivière sur laquelle la nouvelle section sera ajoutée.

River station: Identification numérique de la section transversale.

Description: Commentaires de l'utilisateur sur cette section.

Cross-section coordinates : Coordonnées relatives dans le plan X-Y des points définissant la section transversale.

Downstream Reach Lengths : Distance en mètres jusqu'à la prochaine section transversale située en aval.

Left Overbanks (LOB) : signifie la partie gauche de la plaine inondable, Right Overbanks (ROB)

sa partie droite, alors que Channel désigne le lit principal de la rivière.

Manning's n values : Coefficients de Manning de chaque portion de la section transversale.

Main channel bank stations : Coordonnées, dans le plan X seulement, des limites gauches et droites du lit principal (Channel) de la rivière. Les valeurs fournies doivent correspondre à une valeur déjà présente dans la partie Cross-section coordinates. Sinon, un message apparaîtra demandant si vous désirez que la valeur X spécifiée soit calculée par interpolation et ajoutée aux autres coordonnées.

Après avoir entré les données, cliquez sur **Apply Data**. Vous pourrez alors visualiser la section transversale que vous venez de définir dans la partie adjacente de la fenêtre. Vous devriez obtenir le même résultat qu'à la figure présentée plus haut. Certains des termes qui viennent d'être définis-y sont d'ailleurs illustrés. Les parties de la section transversale de la rivière, soit LOB, Channel et ROB sont délimitées dans le haut de la section, accompagnées de la valeur du coefficient de Manning correspondant à chacune d'elles. [14,24].

Vous êtes maintenant familiers avec la façon d'entrer la géométrie d'une section transversale. Pour l'exemple vu ici, les prochaines sections seront basées sur une géométrie similaire, où huit points sont utilisés pour représenter de façon simplifiée la géométrie de chaque section transversale. [14,24].

Dans la réalité, un plus grand nombre de points peuvent être nécessaires afin que les caractéristiques réelles de la section (Périmètre mouillé et aire de la section) soient bien représentées dans le modèle. [14,24].

On répétera alors l'étape **Add a new Cross Section** dans le menu **Options** à chaque reprise pour entrer le nom de chaque section (River station) et la géométrie de chacune d'elles.

Pour augmenter la stabilité des calculs de niveau par le modèle, il est recommandé d'avoir une distance raisonnable entre deux sections transversales. En assumant que la pente et les propriétés des sections varient de façon linéaire entre deux sections consécutives, la fonction **XS Interpolation** dans le menu **Tools** permet d'ajouter par interpolation de nouvelles sections entre deux sections existantes. Choisissez la fonction **Between 2 XS's.** [14,24].

Vous choisissez alors la section amont où débute l'interpolation ainsi que la section aval Cliquez sur **Interpolate** pour ajouter les nouvelles sections. Avant de quitter la fenêtre Geometric Data, **sauvegardez** les informations que vous avez entrées.

III-2-3- Débits et condition limites :

L'étape suivante de la modélisation hydraulique avec HEC-RAS est de spécifier les débits utilisés pour calculer les profils d'écoulement. Dans la fenêtre principale, cliquez sur le bouton **Steady Flow Data**. Les résultats d'une analyse de fréquence des débits maximums sont utilisés ici pour calculer les profils d'écoulement correspondants. Les valeurs obtenues sont tabulées à la figure suivante. Pour entrer ces valeurs de débits, indiquez d'abord **Number of Profiles: 4**. Par la suite, dans le menu Options, allez à **Edit Profile Names** et indiquez les noms de profils appropriés. Les valeurs de débit qui sont entrées aux cases correspondantes sont représentatives de la section amont (River Station 10.0) et sont considérés valides sur tout le tronçon de rivière, c'est à dire que le débit ne change pas dans le tronçon. HEC-RAS permet toutefois de représenter des changements de débits aux sections transversales, lorsqu'un affluent important entraîne un changement de débit dans le tronçon. [14,24].

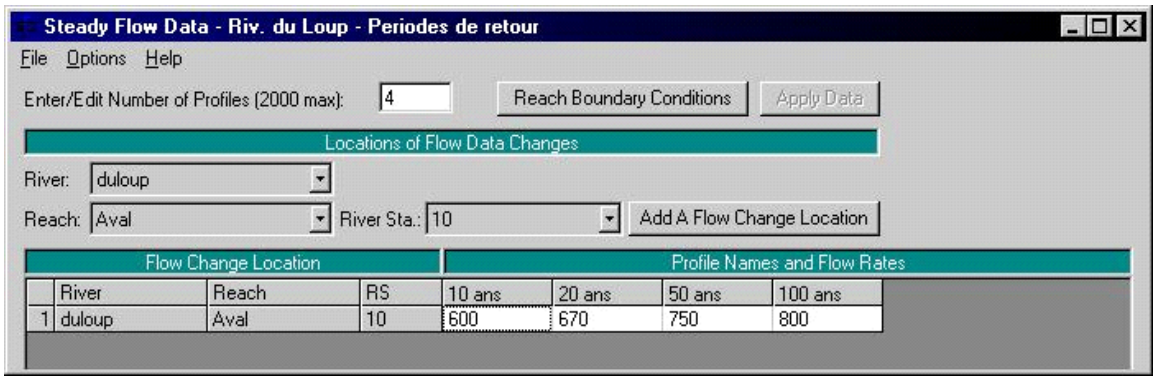


Figure III8: Fenêtre Steady Flow Data

Lorsque les débits correspondants aux différents profils devant être calculés sont spécifiés, il faut par la suite définir les conditions limites de l'écoulement en cliquant sur le bouton **Reach Boundary Conditions**. Les conditions limites sont nécessaires pour calculer la hauteur d'eau Initiale aux extrémités de chaque tronçon. Pour un écoulement infracritique (fluvial), seulement les Conditions à la section aval sont nécessaires, tandis que pour un écoulement supercritique (Torrentiel), les conditions limites à l'amont seulement sont utilisées. Selon le régime d'écoulement Modélisé, une seule des deux conditions limites peut être indiquée. [14,24].

Pour cet exemple, l'écoulement simulé est infracritique, c'est-à-dire qu'il y a une obstruction ou une perturbation dans la géométrie du cours d'eau, ou encore un niveau d'eau élevé à l'aval, qui provoque des ondes de gravité qui se propagent en partie vers l'amont. Pour la section aval (**Downstream**), sélectionnez la case appropriée et appuyez sur Known WS (Niveau d'eau connu) pour spécifiez un niveau de 7,0 m. Ceci représente en fait le niveau approximatif du fleuve St-Laurent à cet endroit. C'est donc dire que le niveau du fleuve va influencer les niveaux d'eau qui seront calculés en rivière. Avant de passer à l'étape suivante, **sauvegardez** ces données avec**File / Save Flow Data As.** Entrez le titre : **Périodes de retour** et quittez cette fenêtre pour revenir au menu principal de HEC-RAS. [14,24].

III-2-4-Simulation hydraulique :

La dernière étape nécessaire à la modélisation avec HEC-RAS est de définir le Plan utilisé. Cliquez sur le bouton **Perform a Steady Flow Simulation** pour obtenir la fenêtre présentée plus bas. Le **Geometry File** et **Steady Flow File** que vous avez créés y sont indiqués. Dans le menu **File**, choisissez **New Plan**. Lorsque requis, entrez le titre et l'identificateur indiqué sur la figure ci-dessous. Ce premier Plan sera sauvegardé dans le fichier rivduloup.p01, nom qui est déterminé par le logiciel. [14,24].

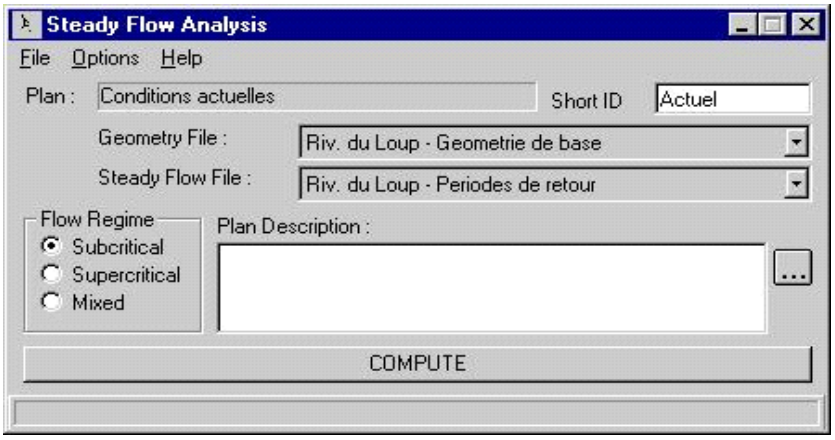


Figure III9: Fenêtre Steady Flow Analysis

Choisissez le régime d'écoulement infra critique (**Subcritical**) et appuyez sur **Compute** pour débuter la simulation. Une fenêtre montrant la progression de la simulation s'ouvrira et les calculs s'effectueront. Lorsque le programme a terminé, vous pouvez fermer la fenêtre Hydraulic Computation, ainsi que la fenêtre Steady Flow Analysis. Vous êtes maintenant de retour à la fenêtre principale de HEC-RAS. Pour visualiser les résultats obtenus, différentes fonctions seront présentées. [14,24].

III-2-5-Visualisation des résultats :

A la suite de la simulation, les résultats sont automatiquement sauvegardés dans le fichier rivduloup.o01. Un des résultats intéressant à consulter est la vue en profil du tronçon simulé. Cette fonction, **View Profiles**, est située dans la barre de boutons. La figure suivante montre un exemple de vue en profil des résultats. Allez également dans le menu Options de cette fenêtre.

Vous y trouverez les options d'affichage, telles que Zoom et Pan. [14,24].
Il y a également d'autres options qui permettent d'afficher les résultats d'un ou plusieurs Plans, d'ajouter ou supprimer l'affichage de certains Profiles, de changer le tronçon (Reaches) dont les résultats sont actuellement affichés. Ce menu Options est d'ailleurs similaire pour les différentes fenêtres graphiques permettant de visualiser les résultats. [14,24].

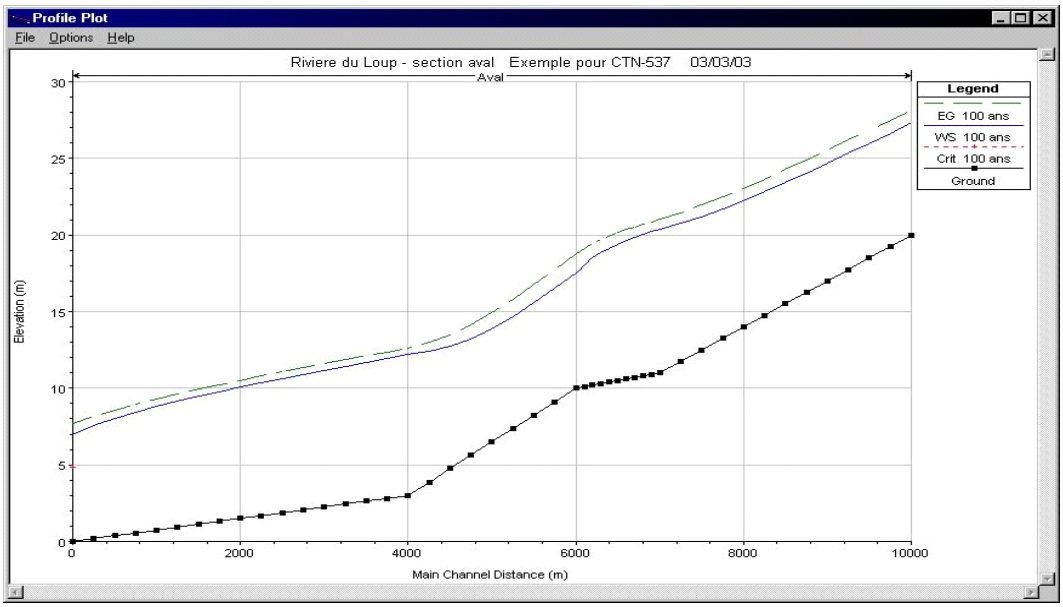


Figure III10: Fenêtre Profil d'eau

Une autre option graphique intéressante est accessible via le bouton **View 3D multiple cross section plot**. Un exemple est montré à la figure suivante. Les sections transversales de début et de fin peuvent être modifiées pour n'afficher qu'une partie du tronçon à l'étude. Rotation et Azimuth permettent quant à eux de modifier l'angle de vue. Pour ne voir qu'une seule section, il est préférable d'utiliser le bouton **View Cross Sections** qui a été utilisé précédemment. Vous retrouvez à nouveau le menu Options dans la fenêtre Cross Sections, même s'il diffère légèrement du précédent. [14,24].

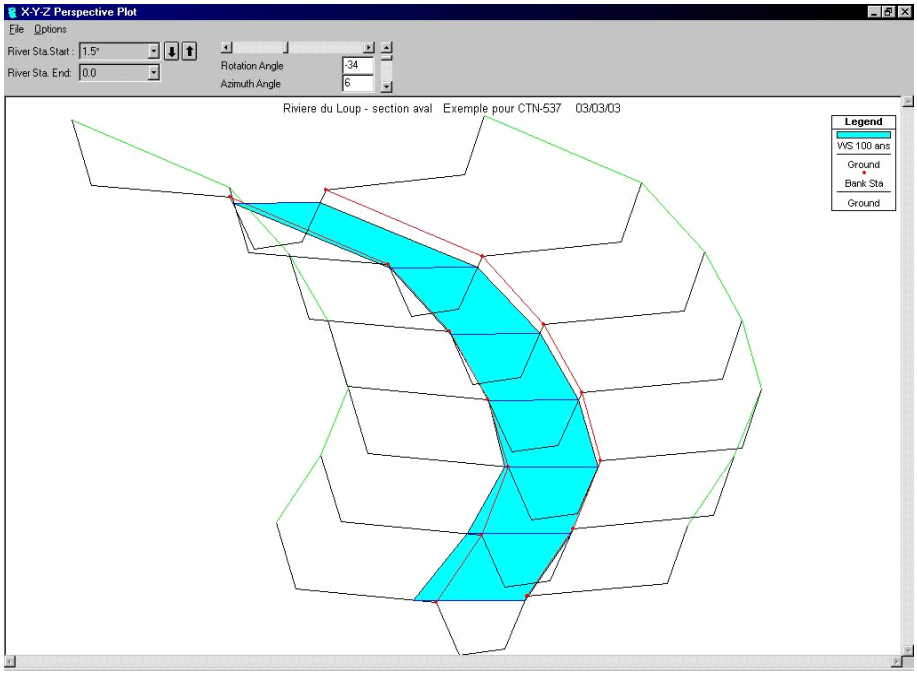


Figure III11: Fenêtre Profil d'eau 3D

III2-6-Modélisation d'un écoulement non permanent :

Pour les écoulements non permanent, la modélisation passe par les étapes suivantes :

III-2-6-1-Définition de la géométrie :

La géométrie de la rivière est similaire à celle de l'écoulement permanent défini précédemment. [14]

Mais dans notre étude on a utilisé le logiciel WMS pour définir la géométrie de la rivière par la création d'un modèle conceptuel.

a)La description du logiciel WMS :

Le WMS est une plate-forme performante de modélisation hydrologique et hydraulique, crée pour la première fois par l'USACE en collaboration avec le laboratoire de recherche en modélisation environnementale installé au sein de l'université de Brigham Young (États Unis). Aujourd'hui, c'est l'Aquaveo LLC qui détient ses droits de développement.

Les tâches que ce logiciel peut aider à accomplir sont très diversifiées, mais ce qui l'a rendu sollicité par la DRPE c'est qu'il est apte à supporter la modélisation hydrologique et hydraulique des modèles largement utilisés par les établissements publics et privés algérienne pour réaliser ou

valider leurs études hydrologiques et hydrauliques, à savoir le HEC-1 et sa nouvelle forme HEC-HMS pour l'hydrologie et le HEC-RAS pour l'hydraulique.

Par ailleurs, la panoplie d'outils que possède le logiciel WMS permet d'effectuer avec excellence les opérations suivantes :

- ✓ Automatiser le processus de caractérisation physique des bassins (délimitation, morphométrie,…) ;
- ✓ Calcul et extraction des données d'entrée pour les modèles hydrologiques et hydrauliques à partir des cartes et donnée SIG (MNT, occupation du sol, Sols, Images,…) ;
- ✓ Interface graphique simple à manipuler pour une gamme de modèles hydrologiques et hydrauliques diversifiée, afin de préparer leurs fichiers de simulations ;
- ✓ Exécution des simulations de la majorité des modèles hydrologiques et hydrauliques qu'il contient**.** [25]

b) **Préparer un modèle conceptuel :**

La première étape pour créer un modèle HEC-RAS est de créer un modèle conceptuel qui définira les portées des fleuves (plans et attributs), la position des lignes transversales des portées (valeurs des orientations et stations), locations des rives, et les zones de matériaux. [26]

Maintenant on va exporter et exécuter le modèle HEC-RAS

Après avoir sauvegardé le fichier du projet HEC-RAS, WMS ouvrira automatiquement l'application HEC-RAS et ouvrira le projet.

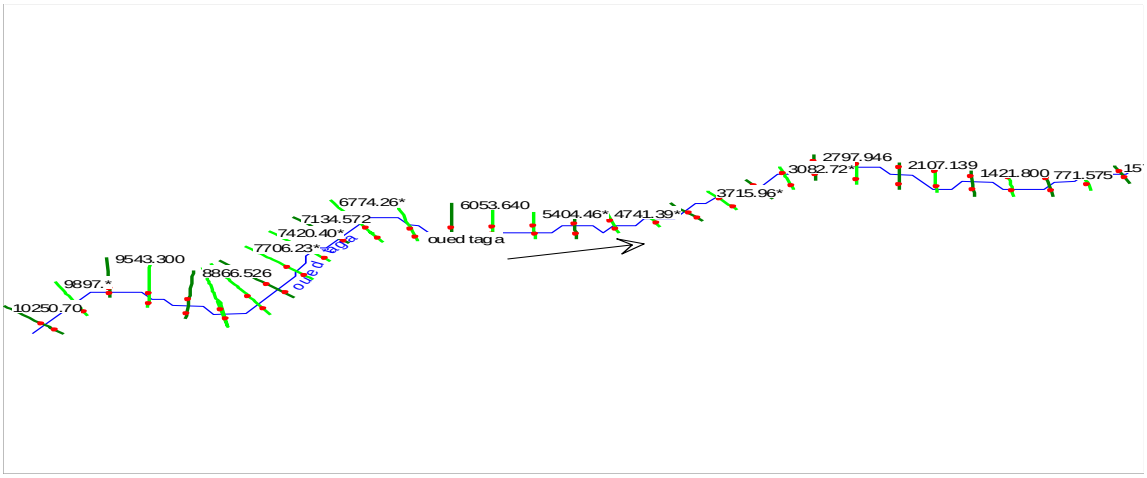


Figure III12: Fenêtre géométrie (WMS projet géométrie)

III-2-6-2-Définition de la condition initiale :

L'écoulement non permanent dépend du temps, donc il faut définir les conditions initiales au temps zéro.

Pour se faire, ouvrir la fenêtre **Unsteady Flow Data** et cliquer sur **Initial Conditions** (voir schéma suivant).

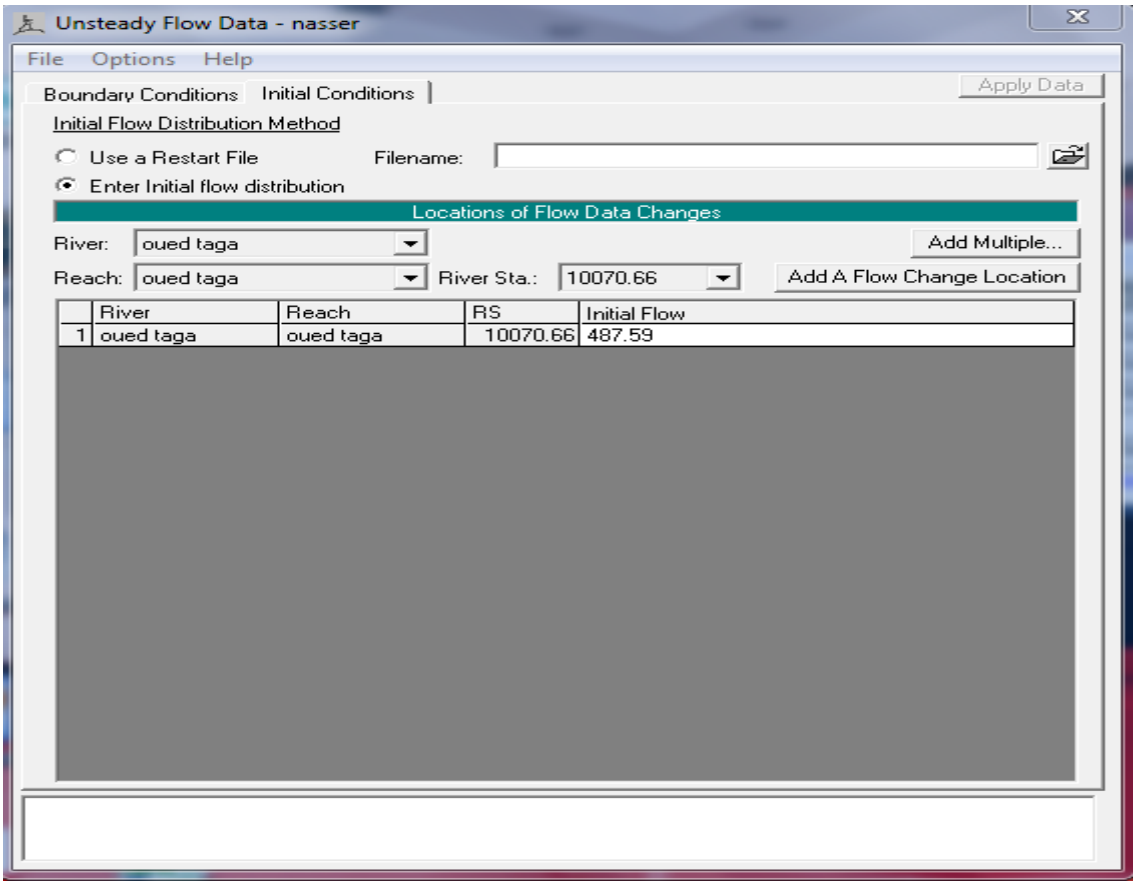


Figure III13: Fenêtre initial condition

Si on a une seule branche dans notre rivière, HEC-RAS vous affichera le nom **River**, **Reach** et **RS** (la section à l'extrême amont de la rivière) et vous demandera de définir le débit initial au temps zéro dans **Initial Flow**.

Si la rivière possède plusieurs branches, il faut donner un débit initial de chaque branche. Pour cela, on peut sélectionner la branche dans Reach. [14]

III-2-6-3-Définition des conditions aux limites :

Définir les conditions aux limites représente une étape fondamentale pour simuler un écoulement non permanent.

Ouvrir la fenêtre **Unsteady Flow Data** et cliquer sur **Boundary Conditions.** [14] HEC-RAS affichera automatiquement les noms (Station) de toutes les sections qui se trouvent aux frontières de la rivière. Il suffit alors de choisir le type de conditions aux limites pour chaque Station affichée.

Voir le schéma suivant :

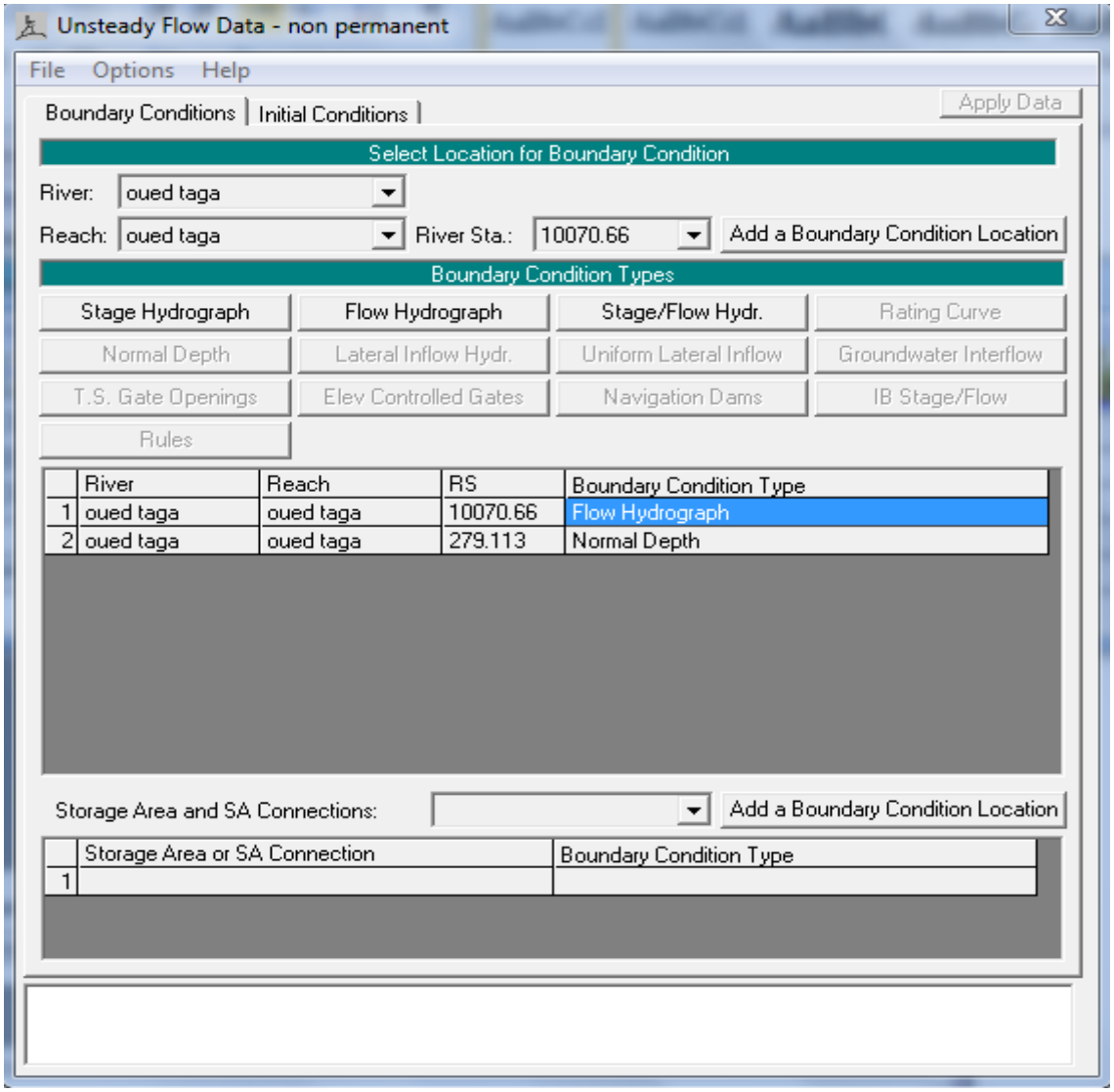


Figure III14: Fenêtre boundary condition

Les principaux types de condition aux limites sont les suivant :

Stage Hydrographe : représente la variation de la hauteur d'eau en fonction du temps et y utilisé amont ou en aval de la rivière.

Flow Hydrographe : représente la variation du débit en fonction du temps (hydrogramme de Crue) et y utilisé surtout en amont de la rivière.

Stage/Flow Hydr : représente la variation de la hauteur d'eau en fonction du débit et y utilisé en général à l'aval de la rivière.

Normal Depth : représente la pente de la ligne d'eau à l'endroit de la section (la pente du canal ou de la rivière peut être utilisée). Elle est utilisée en aval de rivière.

T.S Gate Openings : représente la hauteur d'ouverture de la vanne en fonction du temps (peut-être utilisé pour simuler l'ouverture de la vidange de fond d'un barrage)**.** [14]

III-3-Simulation hydraulique :

Après avoir entré toutes les données dans HEC-RAS, il reste à réaliser le calcul proprement dit. Ouvrir la fenêtre **Perform an Unsteady Flow Simulation**. [14]

(Voir schéma suivant) :

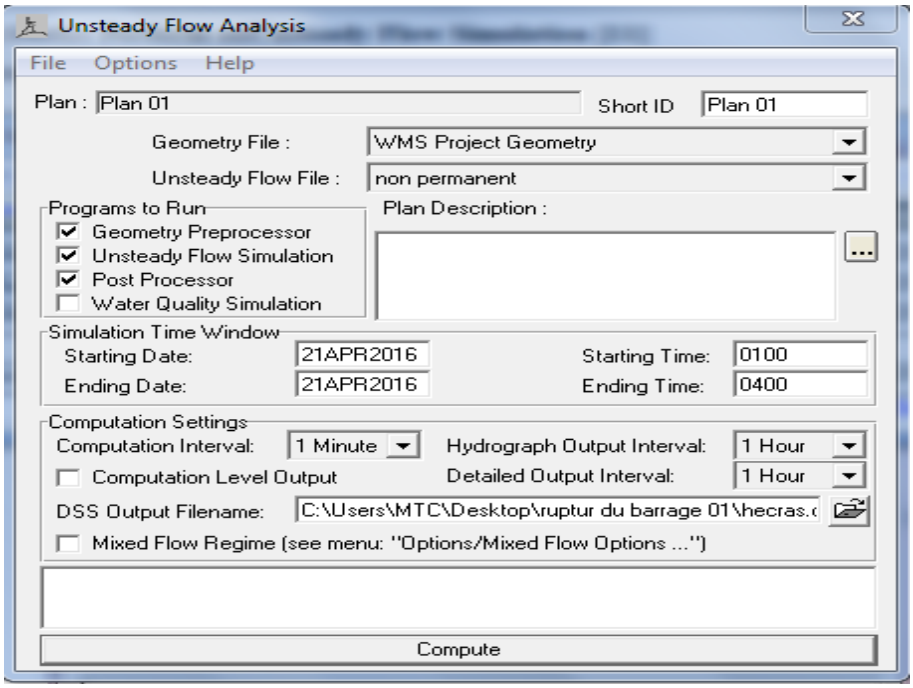


Figure III15: Fenêtre Unsteady Flow Simulation

Entrer les données suivantes :

Starting Date et Ending Date : Elles représentent respectivement la date du début et de la fin de la simulation.

Starting Time et Ending Time : Elles représentent respectivement le temps du début et de la fin de la simulation.

Computation Inteval : C'est le pas du temps utilisé pour le calcul. Ce temps est très important car si la simulation ne réussit pas, il faut le diminuer. [14]

Cliquer maintenant sur le bouton **Compute** est la simulation débutera.

III-4-Visualisation des résultats :

HEC-RAS possède beaucoup de moyens pour afficher les résultats. Les plus importants sont les suivants :

Profil en Long : Cliquer sur **View Profiles** pour afficher la ligne d'eau en un temps voulu. On peut réaliser une animation de la ligne d'eau en utilisant le bouton **Animate the simulation results**.

Vue 3D (X-Y-Z) : Cliquer sur **View3D multiple cross section plot** pour afficher la vue 3D de la rivière en un temps voulu. On peut réaliser une animation en utilisant le bouton **Animate the simulation results**.

On peut aussi étudier la variation de la hauteur d'eau en fonction de débit dans chaque section comme indiqué dans le schéma suivant :

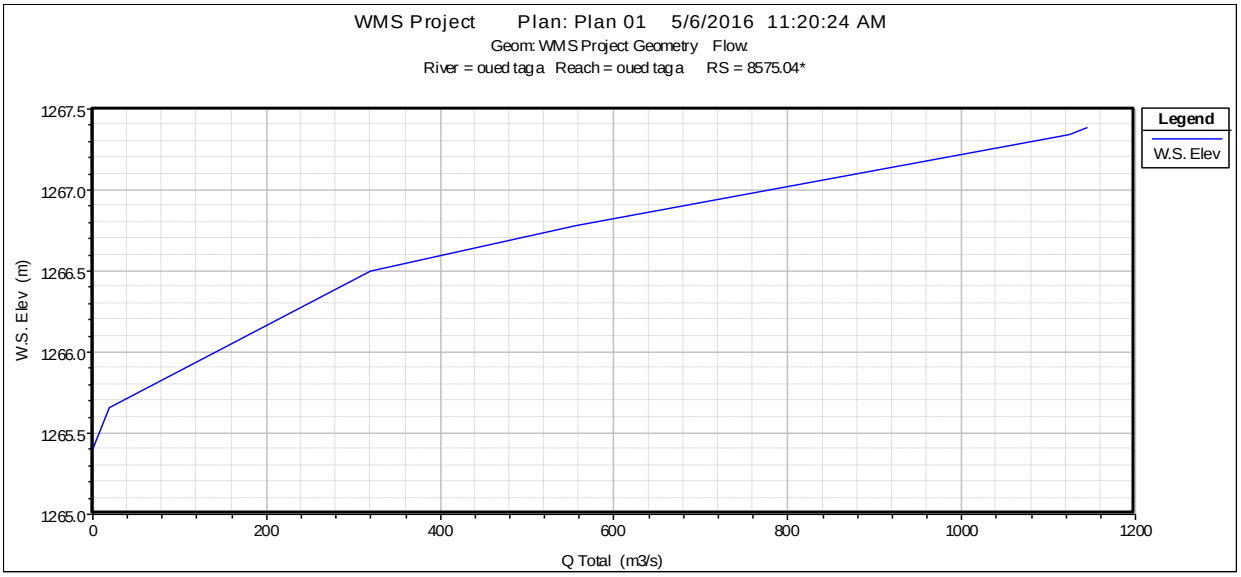


Figure III16: h = f(Q)

III-5- Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présente le mode de travail de logiciel HEC RAS avec des exemples de simulation d'écoulement permanent et non permanent.

La méthode utilisée par ce logiciel apporte des réponses face au risque d'inondations en cas de rupture de barrage.

Des renseignements complémentaires sont également fournis qui permettent d'estimer le débit maximal et la vitesse maximale de l'onde ainsi la hauteur d'eau maximal pour procédé à des résultats cartographiques facilement lisibles.