

# MAITRISE DU LOGICIEL EPANET

## INTRODUCTION

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, noeuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs.

EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque noeud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau.

EPANET a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. En voici quelques exemples: définition d'un programme de prélèvement d'échantillons, calage d'un modèle hydraulique, simulation du chlore résiduel, et estimation de l'exposition de la population à une substance.

EPANET offre une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer le réseau, comme par exemple:

- Utilisation en alternance des différentes ressources du système,
- modifier le régime de pompage ou de marnage des réservoirs,
- préciser l'usage des stations de chloration (ou autres traitements) en réseau,
- planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations.

Disponible sous Windows, EPANET fournit un environnement intégré pour l'édition de données de réseau, pour l'exécution de simulations hydrauliques et de simulations qualité, et pour l'affichage des résultats sous plusieurs formats (des cartes avec des codes couleurs, des tableaux et des graphiques).

## Capacités pour la Modélisation Hydraulique

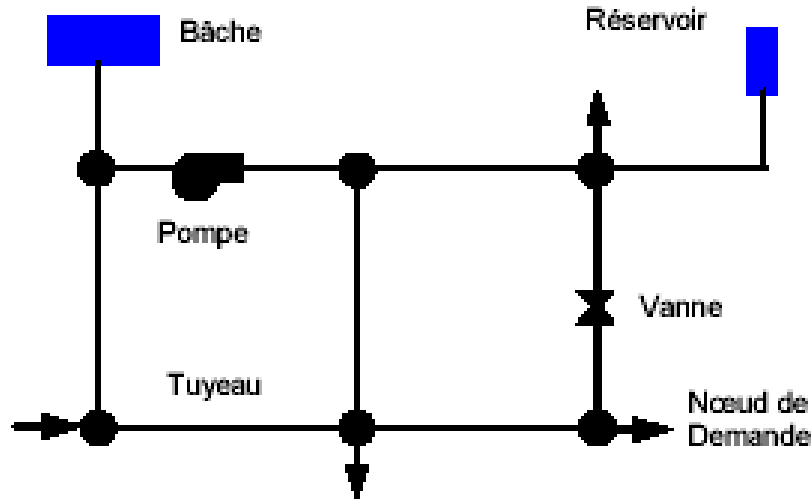
Une modélisation hydraulique scrupuleuse et complète est la première condition pour pouvoir modéliser la qualité de l'eau de manière efficace. EPANET contient un moteur de calcul hydraulique moderne ayant les caractéristiques suivantes:

- La taille du réseau étudié est illimitée.
  - Pour calculer les pertes de charge dues à la friction, il dispose des formules de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, et Chezy-Manning.
  - Il inclut les pertes de charge singulières aux coudes, aux tés, etc.
  - Il peut modéliser des pompes à vitesse fixe ou variable.
  - Il peut calculer l'énergie consommée par une pompe et son coût
  - Il peut modéliser différents types de vannes, comme des clapets anti retour, des vannes de contrôle de pression ou débit, des vannes d'arrêt, etc.
  - Les réservoirs peuvent avoir des formes variées (le diamètre peut varier avec la hauteur).
  - Il peut y avoir différentes catégories de demandes aux noeuds, chacune avec une caractéristique propre.
- 
- Il peut modéliser des consommations dépendantes de la pression (buses par exemple).
  - Le fonctionnement de station de pompage peut être piloté par des commandes simples, (heures de marche/arrêt en fonction du niveau d'un réservoir) ou des commandes élaborées plus complexes.

## I/ LA MODÉLISATION DU RÉSEAU

### I.1 Composants physiques

EPANET modélise un système de distribution d'eau comme un ensemble d'arcs reliés à des noeuds. Les arcs représentent des tuyaux, des pompes, et des vannes de contrôle. Les noeuds représentent des noeuds de demande, des réservoirs et des bâches. La figure ci-dessous indique les liaisons entre les différents objets formant le réseau.



**Figure 1.1** Composants Physiques d'un Système de Distribution d'Eau

### Noeuds de demande

Les Noeuds de Demande sont les points du réseau où les arcs se rejoignent. Ce sont des points d'entrée ou de sortie d'eau et peuvent également ne pas avoir de débit. Les données d'entrée minimales exigées pour les noeuds de demande sont:

- . L'altitude au-dessus d'un certain plan de référence (habituellement le niveau de la mer).
- . La demande en eau (débit prélevé sur le réseau).
- . La qualité initiale de l'eau.

Les résultats calculés aux noeuds de demande, à chacun des intervalles de temps d'une simulation sont :

- . la charge hydraulique (ou hauteur piézométrique): énergie interne par poids spécifique de fluide ou bien somme de l'altitude avec la hauteur de pression.

**Nota :** Cette définition de la charge est différente de celle utilisée en hydraulique urbaine qui prend en compte le facteur vitesse de l'eau sous forme d'énergie cinétique ( $v^2/2g$ ).

- . La pression.
- . La qualité de l'eau.

Les noeuds de demande peuvent également :

- . Avoir une demande qui varie dans le temps;
- . Être affectés de demandes de différents types (domestique, industrielle,..);
- . avoir des demandes négatives, ce qui indique que l'eau entre dans le réseau à ce point;
- . Être le point d'injection d'une substance entrant dans le réseau;
- . Avoir des buses ayant un débit dépendant de la pression.

## Bâches infinies

Les Bâches infinies sont des noeuds représentant soit une source externe de capacité infinie. Elles sont utilisées pour modéliser des éléments tels que les lacs, les fleuves, les couches aquifères souterraines ou les arrivées de réseaux extérieurs. Les bâches infinies peuvent également servir de point d'injection d'une substance entrant dans le réseau.

Les données de base pour une bâche sont la charge totale (égale au niveau de la surface de l'eau si la bâche infinie n'est pas sous pression) et la qualité initiale de l'eau dans le cas où l'on exécuterait une analyse de qualité de l'eau. Puisqu'une bâche est un élément de frontière d'un réseau, la qualité et la charge hydraulique de l'eau ne peuvent pas être affectées par ce qui se produit dans le réseau. Par conséquent, aucune propriété n'est calculée au cours de la simulation. Cependant, on peut faire varier sa charge hydraulique dans le temps en lui assignant une courbe de modulation

## Réservoirs

Les Réservoirs sont des noeuds avec une capacité de stockage, dont le volume d'eau stocké peut varier au cours du temps. Les données de base pour des réservoirs sont les suivantes :

- . L'altitude du radier (où le niveau d'eau est zéro)
- . le diamètre (ou sa forme s'il n'est pas cylindrique)
- . Les niveaux initial, minimal et maximale de l'eau
- . La qualité initiale de l'eau.

Les principaux éléments calculés dans la simulation sont les suivants :

- . La charge (altitude de l'eau)
- . La pression (niveau de l'eau)
- . La qualité de l'eau.

Le niveau dans les réservoirs doit rester entre les niveaux minimal et maximal. EPANET arrête la sortie d'eau si un réservoir est à son niveau minimal et arrête l'arrivée s'il est à son niveau maximal. Les réservoirs peuvent également servir de source pour une substance entrant dans le réseau.

## Emetteurs

Les émetteurs sont des dispositifs liés aux noeuds de demande. Ils sont utilisés Pour modéliser l'écoulement à travers les systèmes d'irrigation, pour simuler une fuite dans un tuyau relié à un noeud (si on peut estimer un coefficient de décharge et un exposant de pression pour la fuite) ou pour calculer le débit d'incendie au noeud (l'écoulement disponible à une certaine pression résiduelle minimale), ou le débit sortant d'un orifice quelconque. EPANET traite les buses comme une propriété d'un noeud et non comme un élément indépendant. Le débit de l'émetteur s'exprime en fonction de la pression au noeud selon la formule :

$$q = Cp^{\gamma}$$

dans laquelle  $q$  est le débit,  $p$  la pression,  $C$  le coefficient de décharge, et  $\gamma$  l'exposant de pression. Pour les buses d'arrosage,  $\gamma$  est égal à 0,5. C'est habituellement le constructeur qui fournit la valeur du coefficient de décharge, exprimé dans les unités lps/m<sup>0,5</sup> (ou en unités américaines gpm/psi<sup>0,5</sup>). Il est égal au débit dans le dispositif correspondant à une chute de pression de 3.28 ft (1 psi). Dans le cas des poteaux et bouches d'incendie, on utilise une valeur très élevée comme coefficient de décharge (par exemple, 100 fois l'écoulement maximal prévu) et on modifie l'altitude du noeud en lui ajoutant la pression minimale nécessaire, en m. Si on attribue tant un émetteur qu'une demande normale à un noeud, la demande qui figure dans la présentation des résultats est la somme du débit de la demande normal et celui de l'émetteur.

### Tuyaux

Les tuyaux sont des arcs qui transportent l'eau d'un point du réseau à l'autre. EPANET suppose que tous les tuyaux sont pleins à tout instant. L'eau s'écoule de l'extrémité qui a la charge hydraulique la plus élevée (altitude + pression, ou énergie interne par poids d'eau) à celle qui a la charge hydraulique la plus faible. Les données de base pour les tuyaux sont :

- . Les noeuds initial et final;
- . Le diamètre;
- . La longueur;
- . Le coefficient de rugosité (pour déterminer la perte de charge);
- . l'état (ouvert, fermé, ou avec un clapet anti-retour).

Le paramètre d'état permet à des tuyaux de contenir implicitement des vannes de sectionnement et de contrôler les clapets anti-retour (qui permettent l'écoulement dans une direction unique).

Les données de qualité de l'eau pour les tuyaux sont :

- . Coefficient de réaction dans la masse d'eau ;
- . Coefficient de réaction aux parois.

Les valeurs calculées pour les tuyaux incluent :

- . Le débit
- . La vitesse d'écoulement
- . La perte de charge
- . Le facteur de friction de Darcy-Weisbach
- . La vitesse moyenne de réaction (le long du tuyau)
- . La qualité moyenne de l'eau (le long du tuyau)

La perte de charge ou charge hydraulique perdue à cause du frottement de l'eau avec les parois du tuyau peut être calculée en utilisant une de ces trois formules :

- . Formule de Hazen-Williams
- . Formule de Darcy-Weisbach
- . Formule de Chezy-Manning

La formule de Hazen-Williams est la formule de perte de charge la plus utilisée aux États-Unis. Elle ne peut pas être utilisée pour des liquides autres que l'eau et a été initialement développée uniquement pour les écoulements turbulents. La formule de Darcy-Weisbach est théoriquement la plus correcte et est la plus largement utilisée en Europe. Elle s'applique à tous les régimes d'écoulement et à tous les liquides. La formule de Chezy Manning est généralement utilisée pour les écoulements dans les canaux découverts et pour les grands diamètres.

La formule de Darcy-Weisbach est sélectionnée par défaut. Chaque formule utilise l'équation suivante pour calculer la perte de charge entre les noeuds de début et de fin du tuyau :

$$h_L = Aq^B$$

dans laquelle  $h_L$  est la perte de charge (en unités de longueur),  $q$  le débit (Volume/Temps),  $A$  le coefficient de résistance, et  $B$  l'exposant du débit. Le tableau I.1 donne une vue d'ensemble des expressions des coefficients de résistance et des valeurs de l'exposant d'écoulement pour chacune des formules. Chaque formule utilise un coefficient de rugosité différent qui doit être déterminé empiriquement. Le tableau I.2 donne les intervalles généraux de ces coefficients pour différents types de matériaux de tuyaux neufs. Il est important de noter que le coefficient de rugosité d'un tuyau peut changer considérablement avec son âge.

Pour la formule de Darcy-Weisbach, EPANET utilise différentes méthodes pour calculer le facteur de friction  $f$  selon le régime d'écoulement :

- . La formule de Hagen Poiseuille est utilisée pour un écoulement laminaire ( $Re < 2000$ ).
- . L'approximation de Swamee et Jain dans l'équation de Colebrook-White est utilisée pour un écoulement entièrement turbulent ( $Re > 4000$ ).
- . L'interpolation cubique du diagramme de Moody est utilisée pour un écoulement transitoire ( $2000 < Re < 4000$ ).

**Tableau I.1** Formules de perte de charge totale pour toute la longueur de la canalisation en charge

(La perte de charge est exprimée en m.c.e. et le débit en m<sup>3</sup>/s)

Formule	Perte de charge totale (A)	Exposant du débit (B)
Hazen-Williams	$10.674C^{-1.852}d^{-4.871}L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827f(e;d;q)d^{-5}L$	2
Chezy-Manning	$10.294n^2d^{-5.33}L$	2
Explication des symboles : $C$ = coefficient de rugosité de Hazen-Williams $\square$ = coefficient de rugosité de Darcy-Weisbach (m) $f$ = facteur de friction (dépend de $\square$ , $d$ , et $q$ ) $n$ = coefficient de rugosité de Manning $d$ = diamètre du tuyau (m) $L$ = longueur du tuyau (m) $q$ = débit (m <sup>3</sup> /s)		

**Nota :**

En unités américaines, la formule de Hazen Williams est :  $4,727C^{-1,852}d^{-4,871}L$ . Le coefficient de résistance change pour que des valeurs du coefficient  $C$  restent universelles. En unités américaines, la formule de Darcy-Weisbach est :  $0,0252f(\varepsilon,d,q)d^{-5}$ , dans laquelle les valeurs de  $\varepsilon$  s'expriment en pieds. En unités américaines, la formule de

Chezy-Manning est :  $4,66 n^2 d^{-5,33} L$ . Le coefficient de résistance est modifié de nouveau pour que des valeurs du coefficient n restent universelles.

**Tableau I 2** Coefficients de Rugosité pour les tuyaux neufs

Matériau	Coeff. Hazen-Williams (universel)	e de Darcy-Weisbach(mm)	n de Manning (universel)
Fonte revêtue	130. 140	0,25	0,012. 0,015
Béton ou Revêt. de Béton	120. 140	0,3. 3,0	0,012. 0,017
Fer Galvanisé	120	0,15	0,015. 0,017
Plastic	140. 150	0,0015	0,011. 0,015
Acier	140. 150	0,03	0,015. 0,017
Céramique	110	0,3	0,013. 0,015

Tableau de correspondance entre les différents coefficients :

Coeff. Hazen-Williams	95	106	116	130	136	141	145	146,5
Darcy-Weisbach en mm	2	1	0,5	0,25	0,1	0,05	0,025	0

**Nota** : vanne d'isolement

A l'aide de commandes spécifiques, les tuyaux peuvent s'ouvrir ou se fermer à des moments préétablis de la simulation ou dans certaines conditions spécifiques ; par exemple quand le niveau d'un réservoir passe au-dessus ou au-dessous d'un certain niveau, ou quand la pression dans un noeud passe au-dessus ou au-dessous d'une certaine valeur.

### Pertes de charge singulières

Des pertes de charge singulières (également appelées « pertes locales ») sont provoquées notamment par la croissance de la turbulence qui se produit au niveau des coudes, des tés et des vannes. L'importance d'inclure ou non de telles pertes dépend du genre de réseau et de l'exactitude exigée. Pour les prendre en compte, il faut assigner au tuyau un coefficient de perte de charge singulière. La perte singulière est le produit de ce coefficient avec la charge cinétique du tuyau, c'est-à-dire,

$$h_L = K \left( \frac{v^2}{2g} \right)$$

Où K est le coefficient de perte de charge singulière, v la vitesse d'écoulement (distance/temps), et g l'accélération de la pesanteur (distance/temps<sup>2</sup>).

Le tableau I.3 affiche les coefficients de perte de charge singulière pour quelques types de vannes et raccords. Ces coefficients doivent être considérés seulement indicatives, parce que K dépend aussi de la géométrie, du numéro de Reynolds et des conditions de flux.

**Tableau I.3** Coefficients de Pertes de Charge Singulières pour une Sélection de Vannes et Raccords

ACCESOIRE	COEFF.PERTE SINGULIERE
Vanne à boule, entièrement ouverte	10,0
Vanne à angle, entièrement ouverte	5,0
Clapet anti-retour à battant, entièrement ouvert	2,5
Vanne, entièrement ouverte	0,2
Coude de petit rayon	0,9
Coude de rayon moyen	0,8
Coude de grand rayon	0,6
Coude de 45 degrés	0,4
Coude de 180 degrés	2,2
Té Standard. flux droit	0,6
Té Standard. flux dévié	1,8
Entrée brusque	0,5
Sortie brusque	1,0

### Pompes

Les pompes sont des arcs qui ajoutent de l'énergie à un fluide et augmentent ainsi sa charge hydraulique. Les principaux paramètres d'entrée pour une pompe sont ses noeuds d'aspiration et de décharge et sa courbe caractéristique (la combinaison des charges hydrauliques et des débits que la pompe peut fournir à sa vitesse nominale). Au lieu d'une courbe caractéristique, la pompe peut être représentée comme un élément qui fournit une puissance constante (en KILOWATTS) au fluide pour toutes les combinaisons de débit et de charge hydraulique.

Les principaux paramètres calculés sont le débit et le gain de charge hydraulique. Le fluide traverse la pompe en sens unique et EPANET ne permet pas aux pompes de fonctionner en dehors de leur courbe caractéristique.

Des pompes à vitesse variable peuvent également être définies; la variation de leur vitesse est soumise aux mêmes conditions que dans le cas antérieur. Par définition, la courbe caractéristique fournie d'une pompe a une consigne relative de vitesse 1. Si la vitesse de la pompe est doublée, la consigne relative de vitesse



est 2; si elle fonctionne à la moitié de sa vitesse, la consigne relative de la vitesse sera 0,5 et ainsi de suite. En changeant la vitesse de la pompe, on décale la position et la forme de la courbe caractéristique de la pompe .

Tout comme les tuyaux, les pompes peuvent être mises en route et arrêtés à des heures préétablies ou quand certaines conditions existent dans le réseau parmi des commandes. Le fonctionnement d'une pompe peut également être décrit en lui assignant une courbe de modulation de changement de vitesse dans le temps.

EPANET peut également calculer la consommation d'énergie et le coût d'une pompe. A chaque pompe, il peut assigner une courbe de rendement et une courbe de modulation qui reflète les fluctuations du prix de l'énergie. Si ceux-ci ne sont pas fournies, un ensemble de valeurs globales assignées au projet sera utilisé. EPANET ne permet pas aux pompes de fonctionner en dehors des intervalles de leur courbe caractéristique. Si les conditions du système exigent une charge hydraulique plus élevée que la pompe peut fournir, EPANET arrête la pompe. Si la demande du réseau excède le débit maximum, EPANET extrapole la courbe caractéristique de la pompe jusqu'au débit exigé, même si la charge hydraulique correspondante est négative. Dans les deux cas un message d'avertissement apparaît dans l'écran

### **Vannes**

Les vannes sont des arcs qui limitent la pression ou le débit en un point précis du réseau. Leurs principaux paramètres d'entrée sont :

- . Les noeuds d'entrée et de sortie
- . Le diamètre
- . La consigne de fonctionnement
- . L'état de la vanne.

Les éléments calculés en sortie de simulation pour une vanne sont le débit et la perte de charge hydraulique.

Les différents types de vannes qu'offre EPANET sont :

- . Vanne stabilisatrice aval (en anglais PRV)
- . Vanne stabilisatrice amont (en anglais PSV)
- . Vanne brise charge ou réducteur de pression (en anglais PBV)
- . Vanne régulatrice de débit ou limiteur de débit (en anglais FCV)
- . Vanne diaphragme (en anglais TCV)
- . Vanne d'usage général (en anglais GPV)

Les abréviations anglaises sont utilisées dans les fichiers d'entrée des données. Une vanne stabilisatrice aval limite la pression au noeud en aval. EPANET calcule à chaque instant de la simulation dans quel état se trouve la vanne stabilisatrice aval. Il y a trois états possibles :

- . Partiellement ouvert (c'est-à-dire, en régulation) pour maintenir une pression aval correspondant à la consigne donnée, quand la pression en amont est plus élevée que la pression de la consigne;
- . Entièrement ouvert si la pression en amont est au-dessous de la consigne souhaitée;
- . Fermé, si la pression en aval dépasse celle du côté amont (autrement dit, la vanne ne permet pas l'inversion d'écoulement).

Une vanne stabilisatrice amont maintient une pression prédéterminée au noeud en amont. EPANET calcule à chaque instant de la simulation dans quel état la vanne stabilisatrice amont se trouve. Il y a trois états possibles :

- . Partiellement ouvert (c'est-à-dire, en régulation) pour maintenir une pression en amont qui corresponde à la consigne voulue, quand la pression en aval est plus basse que la pression de la consigne;
- . Entièrement ouvert si la pression en aval est au-dessus de la consigne souhaitée;
- . Fermé, si la pression en aval excède celle du côté amont (c'est-à-dire que la vanne ne permet pas l'inversion d'écoulement)

Une vanne brise charge (réducteur de pression) provoque une perte de pression spécifique au passage de la vanne. L'écoulement à travers la vanne peut s'effectuer dans les deux sens. Les vannes brise charge ne sont pas de véritables dispositifs physiques mais peuvent être utilisés pour modéliser des situations dans lesquelles on sait qu'il se produit une chute de pression. Si les noeuds initial et final d'une vanne brise charge sont changés, celle-ci se comporte comme une pompe à charge fixe

Une vanne régulatrice de débit (limiteur de débit) limite le débit à une valeur spécifiée. Un message d'avertissement apparaît sur l'écran si cet écoulement ne peut pas être obtenu sans ajouter d'énergie supplémentaire (c'est-à-dire, l'écoulement n'atteint pas la valeur de la consigne de fonctionnement, même avec la vanne entièrement ouverte). Les Vannes Régulatrices de Débit sont unidirectionnelles, et doivent être orientées selon le sens du flux. Si le débit à travers de la vanne est négatif, elle se comporte comme une pompe à débit fixe.

Une vanne diaphragme simule une vanne partiellement fermée en ajustant le coefficient de perte de charge singulière de la vanne, et elle est bidirectionnelle. Le rapport entre le degré de fermeture de la vanne et le coefficient de perte de charge résultant est habituellement fourni par le constructeur de la vanne. Les vannes d'usage général sont utilisées pour représenter des arcs où l'utilisateur prévoit une relation spécifique entre le débit et la perte de charge, au lieu de suivre une des formules hydrauliques standard. Elles peuvent être employées pour modéliser des turbines, l'abaissement des eaux souterraines ou des vannes stabilisatrices aval contrôlées par le débit.

**Nota :** Les vannes d'arrêt et les clapets anti-retour, qui ouvrent ou ferment entièrement les tuyaux, ne sont pas considérés comme des arcs spécifiques; elles sont incorporés dans les propriétés du tuyau dans lequel elles sont placés. Chaque type de vanne a une consigne de fonctionnement différente décrivant son point de fonctionnement (la pression pour les vannes stabilisatrices aval et stabilisatrices amont; la chute de pression pour les réducteurs de pression; le débit pour les vannes régulatrices de débit; le coefficient de perte de charge pour les vannes diaphragme, et la courbe de perte de charge pour les vannes d'usage général).

On peut inhiber la consigne de fonctionnement d'une vanne en spécifiant qu'elle est entièrement ouverte ou fermée. La consigne d'une vanne peut être modifiée pendant la simulation en utilisant des commandes de contrôle.

Par construction du modèle, les règles suivantes s'appliquent quand on ajoute des vannes à un réseau:

- . une vanne stabilisatrice aval, une vanne stabilisatrice amont ou une vanne régulatrice de débit ne peut pas être directement reliée à une bêche ou un réservoir (employez un tuyau de longueur limitée pour séparer les deux);
- . une vanne stabilisatrice aval ne peut pas partager le même noeud en aval ou être mise en série avec une autre vanne stabilisatrice aval;
- . une vanne stabilisatrice amont ne peut pas partager le même noeud en amont ou être mise en série avec une autre vanne stabilisatrice amont;
- . une vanne stabilisatrice amont ne peut pas être reliée au noeud en aval d'une vanne stabilisatrice aval.

## **I.2 Composants non physiques**

En plus des composants physiques, EPANET utilise trois types d'objets non-physiques: des courbes, des courbes de modulation et des commandes de contrôle. Ils décrivent le comportement et les aspects fonctionnels d'un système de distribution.

### **I.2.1 Courbes**

Les courbes en général sont des objets qui contiennent des couples de données ayant une relation entre elles. Deux objets ou plus peuvent partager la même courbe. Dans EPANET, on peut appliquer les types de courbes suivants:

- . Courbe caractéristique
- . Courbe de rendement
- . Courbe de volume
- . Courbe de perte de charge.

#### **I.2.1.1. Courbe caractéristique (d'une pompe)**

La courbe caractéristique d'une pompe représente le rapport entre la charge et le débit qu'une pompe peut fournir à sa vitesse nominale. La charge est le gain de charge que la pompe fournit à chaque unité d'eau, ce qui est approximativement la différence entre la pression à l'entrée et à la sortie de la pompe. Elle est représentée sur l'axe vertical (Y) de la courbe en mètres (pieds). Le débit est représenté sur l'axe horizontal (X) dans les unités de débit correspondant. Pour être valable, la charge de la courbe caractéristique d'une pompe doit diminuer quand le débit augmente.

La forme d'une courbe caractéristique tracée par EPANET dépend du nombre de points introduits

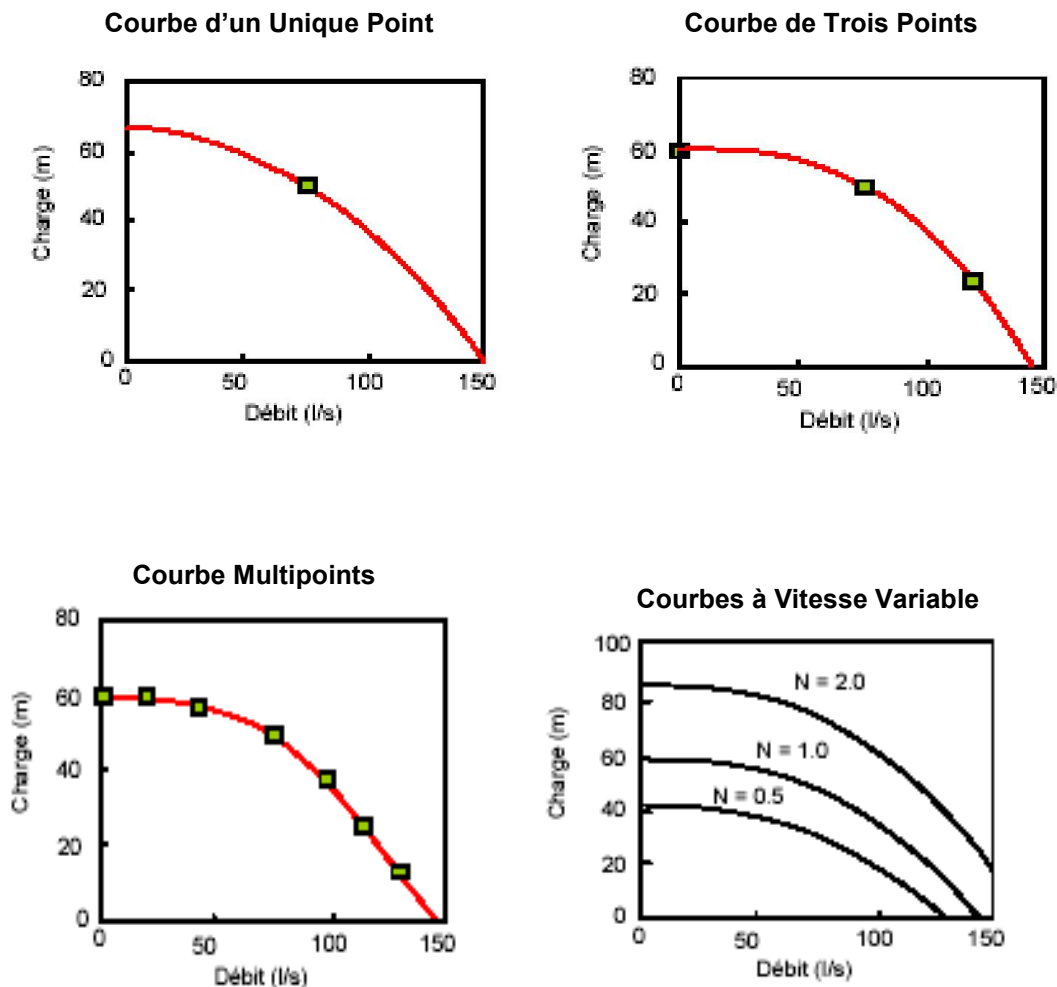


Figure I.2 Quelques exemples de courbes caractéristiques

Courbe à partir d'un Unique Point - une courbe caractéristique construite à partir d'un point est définie par la seule combinaison d'une charge hydraulique et d'un débit, qui correspondent au point de fonctionnement de la pompe (les conditions nominales). EPANET suppose que la charge à débit nul est égale à 133 % de la charge nominale, et qu'à charge nulle, le débit est le double du débit nominal. Il traite alors la courbe comme une courbe construite à partir de trois points.

Courbe à partir de trois points - cette courbe caractéristique est définie par trois points de fonctionnement : un point de bas débit (quand le débit est limité ou nul), Un point de débit nominal (débit et charge aux conditions nominales), et un point de débit maximal (débit et charge au débit maximal). EPANET cherche la meilleure courbe de tendance qui passe par ces trois points et qui est décrite par la fonction :

$$h_G = A - Bq^C$$

Dans cette fonction,  $h_G$  représente le gain de charge,  $q$  le débit, et  $A$ ,  $B$ , et  $C$  sont des constantes.

Courbe multiPoint - une courbe caractéristique multipoint se définit en fournissant deux, quatre ou plus de quatre couples charge-débit. EPANET crée une courbe complète en reliant les points par des segments.

Pour les pompes à vitesse variable, la courbe de pompe se décale quand la vitesse change. Les rapports entre le débit  $Q$  et la charge  $H$  pour deux points de fonctionnement homologues, aux vitesses  $N_1$  et  $N_2$  sont :

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2} \qquad \frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

EPANET arrête la pompe si le réseau exige une charge supérieure à la charge correspondant au premier point de la courbe (par ex. la charge au débit nul). Il faut toujours définir une courbe caractéristique pour une pompe, sauf si elle fonctionne à une puissance constante.

### I.2.1.2. Courbe de rendement (d'une pompe)

Une Courbe de rendement met le rendement de la pompe en pourcentage (axe Y) en relation avec le débit de la pompe dans les unités de débit choisies (axe X). La figure I.3 affiche un exemple d'une courbe de rendement. Le rendement devrait représenter l'efficacité de la configuration totale de la pompe, c'est-à-dire qu'il tient compte de toutes les pertes hydrauliques dans le corps de pompe aussi bien que des pertes électriques au niveau du moteur de la pompe. Cette courbe n'est utilisée que pour les calculs d'énergie. Si elle n'est pas fournie pour une pompe spécifique, un rendement fixe identique pour tous les points de fonctionnement sera utilisé.

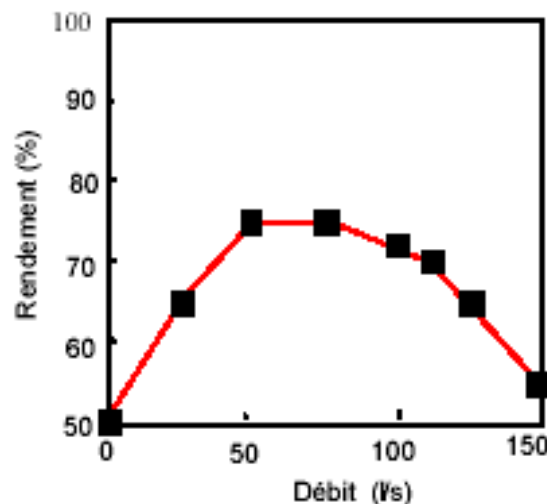


Figure I.3 Courbe de Rendement d'une Pompe

I.

### 2.1.3 Courbe de volume (d'un réservoir)

Une courbe de volume décrit comment le volume d'eau dans un réservoir de stockage (axe Y) en mètres (pieds) cube, évolue en fonction du niveau d'eau (axe X), en mètres (pieds). Elle est utilisée quand il est nécessaire de décrire précisément les réservoirs dont la section change avec le niveau. Les niveaux d'eau le plus bas et le plus haut de la courbe doivent contenir les niveaux le plus bas et le plus haut entre lesquels le réservoir fonctionne. Un exemple de courbe de volume de réservoir est donné ci-dessous.

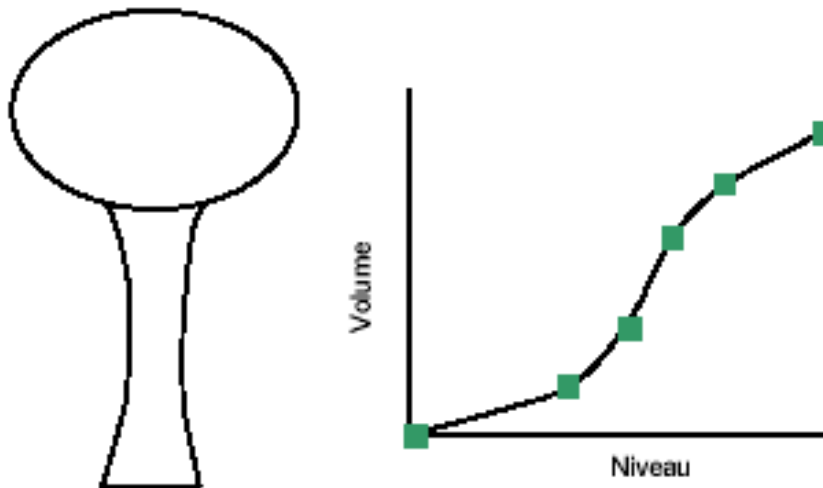


Figure I.4 Courbe de volume d'un réservoir

### I.2.1.4. Courbe de perte de charge (d'une vanne d'usage général)

Une courbe de perte de charge est utilisée pour décrire la perte de charge en mètres ou pieds (axe Y) d'une vanne d'usage général en fonction du débit, dans les unités de débit choisies (axe X). Des vannes d'usage général sont employées pour représenter des arcs où l'utilisateur prévoit une relation spécifique entre le débit et la perte de charge, plutôt que de suivre une des formules hydrauliques standard. Elles peuvent être employées pour modéliser des turbines, l'abaissement des eaux souterraines ou des vannes stabilisatrices aval contrôlées par le débit.

### I.2.2 Courbes de modulation

Une courbe de modulation est un ensemble de multiplicateurs qui peuvent être appliqués à une valeur de base pour lui permettre d'évoluer au cours du temps. On peut assigner des courbes de modulation à la demande d'un noeud, au niveau d'une bêche, à la vitesse de rotation d'une pompe, à la qualité de l'eau dans une source et au prix de l'énergie. L'intervalle de temps utilisé pour chacune des courbes de modulation a la même valeur fixe (toutes les périodes ont la même durée), qui est spécifié dans les Options de Temps du projet.

Durant cette période la valeur du paramètre ne change pas; elle reste égale au produit de sa valeur nominale et du multiplicateur de la courbe de modulation pour cette période de temps. Bien que toutes les courbes de modulation doivent

utiliser le même intervalle de temps, chacune peut avoir un nombre différent de périodes. Quand la durée de la simulation excède la durée définie par le nombre de périodes d'une courbe de modulation, le programme retourne au début de la première période pour poursuivre la simulation.

Exemple de courbe de modulation pour un noeud avec une demande moyenne de 10 l/s. Pour un intervalle de temps de 4 heures, les coefficients multiplicateurs de demande sont les suivants :

Période	1	2	3	4	5	6
Multiplicateur	0,5	0,8	1,0	1,2	0,9	0,7

Pendant la simulation, la demande réelle appliquée à ce noeud sera alors comme suit :

Heures	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28
Demande	5	8	100	12	9	7	5

### I.2.3 Commandes

Les commandes sont des instructions qui déterminent comment le réseau est géré pendant la simulation. Elles indiquent l'état d'arcs déterminés en fonction du temps, l'état des niveaux d'eau aux réservoirs et la valeur de la pression à certains points du réseau. Deux catégories de commandes peuvent être utilisées :

- . Commandes simples.
- . Commandes élaborées.

Les mots-clefs des commandes sont en anglais, ils n'ont pas été modifiés pour maintenir la compatibilité avec la version anglaise d'EPANET.

#### I.2.3.1. Commandes simples

Les commandes simples changent l'état ou la consigne de fonctionnement d'un arc selon :

- . Le niveau d'eau dans un réservoir
- . La pression à un noeud
- . L'instant de la simulation
- . L'heure de la journée.

Les commandes doivent être rédigées en suivant un de ces trois modèles  
LINK IDArc état IF NODE IDNœud ABOVE/BELOW valeur

LINK IDArc état AT TIME temps  
LINK IDArc état AT CLOCKTIME heure AM/PM

dans lesquels:

IDArc = étiquette d'identification d'un arc

Etat = OPEN ou CLOSED, la vitesse de rotation d'une pompe, la consigne de fonctionnement d'une vanne

IDNœud = étiquette d'identification d'un noeud

Valeur = la pression d'un noeud ou le niveau d'un réservoir

Temps = le temps depuis le début du calcul, en heures ou en notation heures : minutes

Voici quelques exemples de commandes simples :

Commande	Signification
LINK 12 CLOSED IF NODE 23 ABOVE 5	Fermer l'arc 12 quand le niveau dans le réservoir 23 excède 5 pieds /mètres
LINK 12 OPEN IF NODE 130 BELOW 20	Ouvrir l'arc 12 quand la pression dans le noeud 130 passe au-dessous de 20 pieds/mètres
LINK 12 1.5 AT TIME 16	Mettre la vitesse de rotation de la pompe 12 à 1,5, 16 heures après le début de la simulation
LINK 12 CLOSED AT CLOCKTIME 10 AM LINK 12 OPEN AT CLOCKTIME 8 PM	Ouvrir l'arc 12 tous les jours à 10 h du matin et le fermer à 8 h du soir (20 h), sur toute la durée de la simulation

Il n'y a aucune limite au nombre de commandes simples pouvant être utilisés.

**Note:** Les commandes sont exprimées en termes de niveau de l'eau au-dessus du radier du réservoir, et non de l'altitude totale (charge hydraulique) de la surface d'eau.

**Note:** Utiliser un couple de commandes basées sur la pression dans un noeud pour ouvrir et fermer un arc peut rendre le système instable si les consignes de pression sont trop proches l'une de l'autre. Dans ce cas-ci l'utilisation de commandes élaborées est préférable

**Note:** Le mot CLOCKTIME indique l'heure de la journée, le mot TIME indique le temps écoulé en heure depuis le début de la simulation.

**Note:** L'heure du début de la simulation doit être antérieure aux actions demandées pour que celles-ci soit prises en compte pendant la simulation.



### I.2.3.2 Commandes élaborées

Quand un état hydraulique particulier du système est atteint, les commandes élaborées permettent de déterminer l'état ou la consigne d'un arc basé sur une combinaison de conditions pour l'intervalle actuel. Voici quelques exemples de commandes élaborées :

Exemple 1 :

Cet ensemble de règles arrête une pompe et ouvre un tuyau de déviation quand le niveau dans un réservoir dépasse une certaine valeur, et fait l'inverse quand le niveau passe au-dessous d'une autre valeur.

```
RULE 1
IF TANK 1 LEVEL ABOVE 4.8
THEN PUMP 335 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 330 STATUS IS OPEN
```

```
RULE 2
IF TANK 1 LEVEL BELOW 0.5
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
AND PIPE 330 STATUS IS CLOSED
```

Règle 1 : arrêt de la pompe 335 et ouverture du tuyau 330 quand le niveau du réservoir 1 monte au-dessus de 4,80 m

Règle 2 : démarrage de la pompe 335 et fermeture du tuyau 330 si le niveau dans le réservoir 1 descend en dessous de 0,50 m.

Exemple 2:

Ces règles modifient le niveau d'eau dans un réservoir pour lequel une pompe est mise en route, en fonction de l'heure.

```
RULE 3
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 8 AM
AND SYSTEM CLOCKTIME < 6 PM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 1.2
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

```
RULE 4
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 6 PM
OR SYSTEM CLOCKTIME < 8 AM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 1.4
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

Règle 3 : entre 8H00 du matin et 6H00 de l'après-midi, démarrage de la pompe 335 si le niveau dans le réservoir descend en dessous de 1,20m.

Règle 4 : entre 6H00 de l'après-midi et 8H00 du matin, démarrage de la pompe 335 si le niveau du réservoir 1 est inférieur à 1,40m.

Les formats utilisés pour les commandes élaborées sont décrits dans

### **I.3 Le modèle de simulation hydraulique**

Le modèle hydraulique de simulation d'EPANET calcule l'évolution des charges hydrauliques dans les noeuds et l'écoulement dans les arcs, en fonction des niveaux initiaux des réservoirs, des variations dans le temps des niveaux des bâches et des demandes en eau aux noeuds de demande.

D'un intervalle à l'autre, les niveaux des bâches et les demandes dans les noeuds de demande sont mis à jour selon les courbes de modulation entrées comme paramètres du calcul, tandis que les niveaux des réservoirs sont mis à jour selon les débits qui entrent et qui sortent.

La détermination des charges et des débits à un instant donné implique de résoudre simultanément les équilibres de masse dans les noeuds et les pertes de charges dans chaque arc du réseau. Ce procédé, appelé équilibre hydraulique du réseau, utilise une technique itérative pour résoudre les équations non linéaires en jeux. EPANET utilise l' « Algorithme du Gradient ».

L'intervalle de temps utilisé pour la simulation sur une longue durée peut être introduit par l'utilisateur. Une valeur typique est de une heure. Néanmoins, l'intervalle est automatiquement plus court quand un des événements suivants se produit:

- . La date d'édition d'un rapport
- . Fin d'un cycle pour une courbe de modulation
- . Un réservoir a été vidé ou rempli
- . Activation d'une commande simple ou élaborée

### **I.4 Le Modèle de simulation de la qualité de l'eau**

Le simulateur de la qualité de l'eau d'EPANET utilise une approximation lagrangienne pour suivre, à intervalles définis, ce qui se passe dans des portions d'eau discrètes, lorsqu'elles circulent dans les tuyaux et se mélangent aux noeuds de demande. Ces intervalles de calcul sont normalement beaucoup plus courts que les intervalles utilisés pour calculer le comportement hydraulique (par exemple, plutôt des minutes que des heures), parce que le temps de séjour de l'eau dans un tuyau peut être très court. Néanmoins, les résultats sont affichés uniquement pour les instants déterminés par l'utilisateur, tout comme dans le cas de l'analyse hydraulique.

#### **I.4.1. Modélisation du transport**

Cette méthode suit la concentration et les dimensions d'une série de volume élémentaire d'eau qui circulent dans le réseau sans se mélanger. À mesure que l'eau entre dans le tuyau en amont et sort en aval :

- . La taille du volume élémentaire le plus en amont augmente;
- . La taille du volume élémentaire le plus en aval diminue d'autant;
- . La taille des autres volumes élémentaires de l'arc reste inchangée.

A tout moment du calcul de la qualité, le contenu de chaque élément de volume d'eau est soumis à des réactions. La masse et le volume qui entrent dans le noeud sont calculés, les caractéristiques et les positions des segments sont mises à jour à chaque pas de temps de calcul. De nouvelles concentrations dans les noeuds sont calculées, prenant en compte les contributions de toutes les sources extérieures.

Les concentrations dans les réservoirs de stockage sont mises à jour selon le type de modèle de mélange qui est utilisé (voir ci-dessous). En conclusion, un nouveau segment sera créé à l'extrémité amont de l'arc qui reçoit un apport d'un noeud, si la différence entre la nouvelle qualité dans le noeud et celle du dernier volume est supérieure à une tolérance définie par l'utilisateur.

Au début de la simulation, chaque tuyau du réseau contient un unique élément de volume d'eau, dont la qualité est égale à la qualité attribuée au noeud en amont. Dans le cas où il se produirait une inversion de l'écoulement, les volumes élémentaires seront réordonnés dans le nouveau sens.

#### I.4.2. Mélange dans les réservoirs

EPANET peut utiliser quatre modèles différents pour caractériser le mélange dans les réservoirs de stockage, comme le montre la Figure I.5:

- . Mélange Parfait
- . Mélange en deux compartiments
- . Écoulement en piston type FIFO
- . Écoulement en piston type LIFO

Différents modèles peuvent être utilisés pour les différents réservoirs d'un réseau.

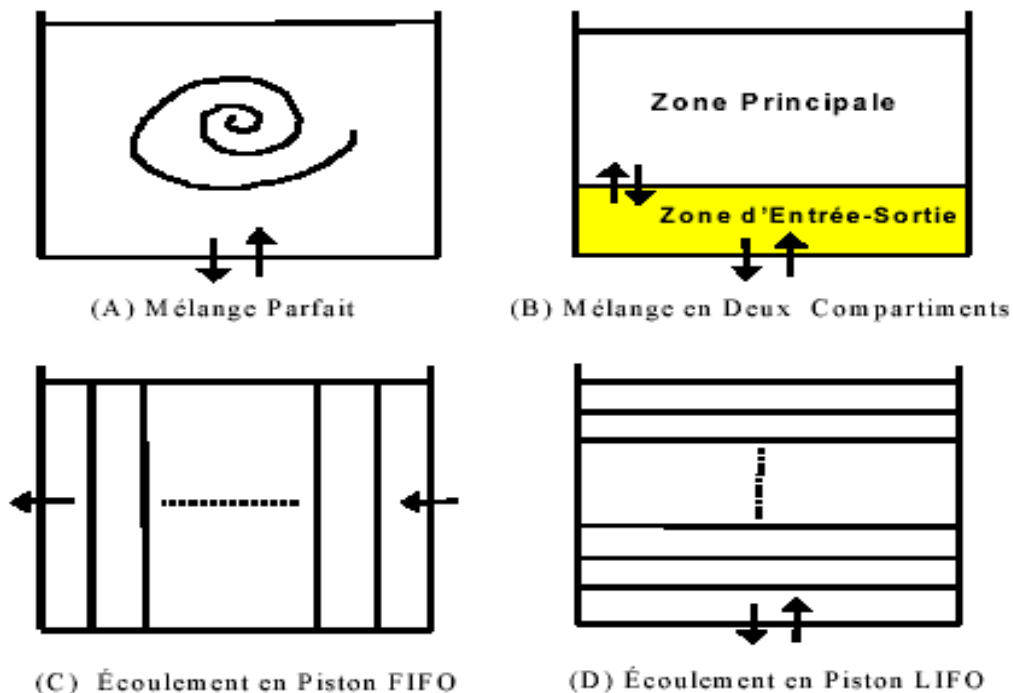


Figure I.5 Modèles de mélange dans un réservoir

Le Modèle de Mélange Parfait (figure I.5 A) suppose que toute l'eau qui entre dans un réservoir est instantanément et complètement mélangée avec l'eau déjà dans le réservoir. C'est le comportement de mélange le plus simple à supposer, il n'exige la saisie d'aucun paramètre supplémentaire, et a priori, s'applique à un grand nombre d'équipements.

Le Modèle de Mélange en Deux Compartiments (figure I.5 B) divise le volume dans un réservoir en deux compartiments, dont tous les deux sont supposés entièrement mélangés. On suppose que les tuyaux d'entrée et de sortie du réservoir sont connectés au premier compartiment.

L'eau qui entre dans le réservoir se mélange avec l'eau du premier compartiment. Si ce compartiment est plein, il déborde dans le deuxième compartiment dans lequel l'eau se mélange alors entièrement avec l'eau déjà présente.

Quand l'eau sort du réservoir, elle quitte le premier compartiment. Si le premier compartiment était plein, il recevrait alors une quantité équivalente d'eau du deuxième compartiment pour compenser la différence.

Le premier compartiment peut représenter un court-circuit entre l'apport et la sortie d'eau, tandis que le deuxième compartiment peut modéliser les zones mortes du réservoir. L'utilisateur ne doit fournir qu'un seul paramètre, la Fraction de Mélange, qui est la fraction du volume total du réservoir occupée par le premier compartiment.

Le Modèle d'Écoulement en Piston Type FIFO (First Input is First Output) (Figure I.5 C) suppose que l'eau ne se mélange pas dans le réservoir. Des tranches d'eau passent par le réservoir séparément, et la première tranche qui entre est également la première qui sort. Du point de vue physique, ce modèle est approprié pour simuler l'écoulement dans les réservoirs équipé de cloisons dans lesquels l'écoulement est continu. Il n'est pas nécessaire de définir de paramètres particuliers.

Le Modèle d'Écoulement en Piston Type LIFO (Last Input is First Output) (Figure I.5 D) suppose également qu'il n'y a pas de mélange entre les tranches d'eau qui entrent dans le réservoir. Contrairement au type FIFO, les tranches d'eau s'accumulent et l'eau entre et sort du réservoir au même niveau. Ce type d'écoulement peut s'appliquer aux châteaux d'eau, hauts et étroits, avec un seul tuyau d'entrée et sortie au radier, et avec peu de quantité de mouvement entrant.. Ici aussi il n'est pas nécessaire de définir de paramètres supplémentaires.

### I.4.3. Réactions modifiant la qualité de l'eau

EPANET peut suivre l'accroissement ou la décomposition d'une substance due à des réactions dans le système de distribution. Afin de pouvoir calculer celle-ci, il faut connaître la vitesse à laquelle la substance réagit et comment cette vitesse peut dépendre de la concentration de la substance. Les réactions peuvent se produire dans la masse d'eau et aux parois des tuyaux.

Ceci est illustré dans la figure I.6. Dans l'exemple, du chlore libre (HClO) réagit avec la matière organique naturelle (NOM) de la masse d'eau. Une partie du chlore est transporté également à travers la couche superficielle de la paroi pour oxyder le fer (Fe) libéré par la corrosion au niveau de la paroi du tuyau. Des réactions dans la masse d'eau peuvent également se produire dans les réservoirs. EPANET permet à l'utilisateur de traiter ces deux zones de réactions séparément.

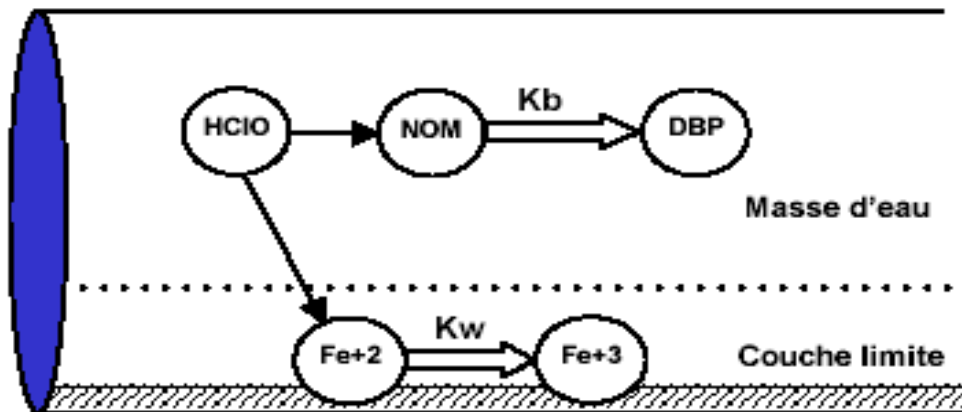


Figure I.6 Zones de réactions à l'intérieur d'un tuyau

#### I.4.3.1 Réactions dans la masse d'eau

EPANET modélise les réactions dans la masse d'eau avec une cinétique d'ordre  $n$ , ce qui signifie que la vitesse instantanée de la réaction  $R$  (en unités de masse/volume/temps) dépend de la concentration selon la formule :

$$R = K_b C^n$$

Dans laquelle  $K_b$  est un coefficient de la vitesse de réaction,  $C$  la concentration du réactant (masse/volume), et  $n$  l'ordre de la réaction.  $K_b$  s'exprime comme une concentration élevée à la puissance  $(1-n)$  divisée par le temps.  $K_b$  est positif pour les réactions d'accroissement et négatif pour les réactions de décomposition.

EPANET peut également calculer les réactions dans lesquelles une Concentration limite l'accroissement ou la décomposition d'une substance. Dans ce cas l'expression est la suivante:

$$R = K_b (C_L - C) C^{n-1} \quad \text{Pour } n > 0, K_b > 0$$

$$R = K_b (C - C_L) C^{n-1} \quad \text{Pour } n > 0, K_b < 0$$

Dans laquelle  $C_L$  est la concentration limitante. Trois paramètres ( $K_b$ ,  $C_L$ , et  $n$ ) sont donc utilisés pour caractériser la vitesse de réaction. Le tableau suivant contient quelques exemples de réactions dont la cinétique est bien connue

Modèle	Paramètres	Exemples
Décomposition d'ordre Un	$CL = 0, K_b < 0, n = 1$	Chlore
Accroissement d'ordre Un jusqu'à saturation	$CL > 0, K_b > 0, n = 1$	Trihalométhanes Temps de séjour
Cinétique d'ordre zéro	$CL = 0, K_b < 0, n = 0$	
Sans réaction	$CL = 0, K_b = 0$	Marqueur de fluorure

Le coefficient  $K_b$  des réactions d'ordre un peut être évalué en plaçant un échantillon dans une série de récipients en verre non réactif et en analysant le contenu de chaque récipient après un temps de présence de l'échantillon dans chaque récipient. Soient  $C_t$  la concentration au moment  $t$  et  $C_0$  la concentration initiale. Si la réaction est d'ordre un, la représentation graphique du  $\log(C_t/C_0)$  en fonction du temps est une ligne droite. La pente de cette droite est  $K_b$ .

Le plus souvent les coefficients de vitesse de réactions dans la masse d'eau augmentent avec la température. Réaliser l'essai décrit ci-dessus avec des températures différentes vous permet de valoriser l'influence de la température sur ces coefficients.

#### I.4.3.2 Réactions aux parois

La vitesse d'une réaction qui se produit à la surface ou près de la surface d'un tuyau peut être considérée comme dépendante de la concentration dans la masse d'eau en utilisant une expression de la forme:

$$R = \left( \frac{A}{V} \right) K_w C^n$$

Dans laquelle  $K_w$  est un coefficient de vitesse de réaction et  $(A/V)$  est le rapport de la surface intérieure du tuyau avec le volume intérieur (égal à 4 divisé par le diamètre du tuyau). Ce dernier terme modifie les unités de masse réagissant par unités de surface en unités de masse par unités de volume. Pour les réactions aux parois, EPANET autorise uniquement des réactions d'ordres 0 ou 1, par conséquent les unités de  $K_w$  sont ou bien en masse/surface/temps (ordre 0) ou bien longueur par unité de temps (ordre 1). Les  $K_b$  et  $K_w$  doivent être introduit par l'utilisateur. Les valeurs de  $K_w$  pour les réactions d'ordre un peuvent varier de 0 à 1,5 mètres/jour.

Il faut ajuster  $K_w$  de manière à prendre en compte les limitations de transfert de masse des réactants et des produits entre la masse d'eau et la paroi. Ceci est fait automatiquement par EPANET, qui se base sur la diffusivité moléculaire de la

substance en question et sur le nombre de Reynolds. (Si on met la diffusivité moléculaire à zéro, les effets du transfert de masse sont ignorés.)

Le coefficient de réaction aux parois dépend de la température et peut également être corrélé avec l'âge et le matériau du tuyau. On sait qu'au fur et à mesure qu'un tuyau vieillit, sa rugosité augmente en raison de l'incrustation et de la tuberculisation des produits de corrosion aux parois. Cette augmentation de la rugosité a pour conséquence une diminution du facteur C de Hazen-Williams ou une augmentation du coefficient de rugosité de Darcy-Weisbach ; on constate également une perte de charge plus importante dans le tuyau.

Il semble que les processus qui augmentent la rugosité d'un tuyau rendent sa paroi plus réactive à certains agents chimiques, plus particulièrement au chlore et à d'autres désinfectants. Dans EPANET, le  $K_w$  de chaque tuyau peut dépendre du coefficient utilisé pour décrire sa rugosité. La fonction qui exprime cette relation dépend de la formule qu'on utilise pour calculer la perte de charge dans le tuyau:

#### Formule de Perte de Charge

Hazen-Williams

Darcy-Weisbach

Chezy-Manning

#### Formule de Réaction aux Parois

$$K_w = F / C$$

$$K_w = -F / \log ( \varepsilon/d)$$

$$K_w = F n$$

dans lesquelles C est le facteur C de Hazen-Williams,  $\varepsilon$  la rugosité de Darcy-Weisbach, d le diamètre du tuyau, n le coefficient de rugosité de Manning, et F le coefficient de corrélation rugosité.réaction de la paroi. Le coefficient F doit être déterminé expérimentalement et sa signification physique dépend de la formule de perte de charge qu'on a choisie. L'avantage de cette technique est l'utilisation d'un seul paramètre, F, permettant aux coefficients de réaction aux parois de varier dans le réseau de manière cohérente

#### **I.4.4. Temps de séjour et dépistage des sources**

En plus du transport chimique, EPANET peut modéliser le temps de séjour de l'eau dans un système de distribution. Le temps de séjour de l'eau, (ou âge de l'eau), est le temps passé par une particule d'eau dans le réseau. L'eau qui entre dans le réseau provenant de bâches ou de points d'entrée d'eau a un temps de séjour égal à zéro. Le temps de séjour fournit une mesure simple et non spécifique de la qualité globale de l'eau potable livrée. EPANET traite le temps de séjour comme un constituant réactif dont l'accroissement suit la cinétique d'ordre zéro avec une constante de vitesse égale à 1 (c'est-à-dire, qu'à chaque seconde l'eau devient une seconde plus "vieille").


EPANET peut également effectuer un dépistage des sources : pour cela EPANET calcule pour l'instant « t » le pourcentage d'eau arrivant à un noeud donné du réseau, en fonction de différentes origines d'eau. Le noeud de source peut être tout noeud du réseau, y compris les bâches et les réservoirs. EPANET considère ce noeud comme une source constante d'un élément non-réactif entrant dans le réseau avec une concentration de 100. Le dépistage de sources permet de suivre l'évolution des taux de mélange dans l'espace et dans le temps, c'est un outil utile pour analyser les systèmes de distribution alimentés par plusieurs origines d'eau.

## II - ELABORER UN PROJET


### II.1 Ouvrir et enregistrer un projet

Les Fichiers Projet contiennent toute l'information nécessaire pour décrire un réseau (le plus souvent extension .NET).

Si vous désirez créer un nouveau projet:

1. Sélectionnez **Fichier >> Nouveau** de la Barre de Menu ou cliquez sur le bouton  dans la Barre Standard.
2. Le programme demande l'enregistrement des changements effectués dans le projet actuel avant de créer un nouveau projet.
3. Un nouveau projet, sans nom, est créé, avec toutes les options par défaut. Le démarrage d'EPANET crée automatiquement un nouveau projet.


Pour ouvrir un projet existant :

1. Sélectionnez **Fichier >> Ouvrir.** de la Barre de Menu ou **in**cliquez sur le bouton  dans la Barre Standard.
2. Le programme demande l'enregistrement du projet actuel.
3. Sélectionnez le fichier que vous voulez ouvrir dans la boîte de dialogue Ouvrir un Projet. Vous pouvez choisir entre ouvrir un fichier EPANET préalablement enregistré comme fichier de Projet (avec extension .NET) ou ouvrir un fichier au format texte construit par l'utilisateur ou exporté de EPANET (normalement avec extension .INP). EPANET reconnaît les types de fichiers par leur contenu, et non par leur nom.

**Nota :** les fichiers .INP de la version 1.1 sont également reconnus.

4. Cliquez sur **Accepter** pour fermer la boîte de dialogue et ouvrir le projet.

Pour enregistrer un projet sans changer son nom:

- . Sélectionnez **Fichier >> Enregistrer** de la Barre de Menu ou cliquez sur le bouton  dans la Barre Standard.

Pour enregistrer un projet en changeant son nom:

1. Sélectionnez **Fichier >> Enregistrer Sous.** de la Barre de Menu.
2. Une boîte de dialogue Enregistrer le Projet sous apparaît dans laquelle vous pouvez sélectionner le répertoire et le nouveau nom du fichier que vous souhaitez.

**Notta::** Les projets sont toujours enregistrés au format binaire avec l'extension .NET. Pour enregistrer l'information d'un projet sous forme de texte ASCII, utilisez la commande **Exporter >> Réseau.** du Menu **Fichier.**



## II.2 Valeurs du projet par défaut

Chaque projet s'exécute avec un ensemble de valeurs par défaut, sauf si elles ont été modifiées par l'utilisateur d'EPANET. Il y a trois catégories de valeurs:

- . Les Étiquettes d'Identification par défaut (les étiquettes utilisées pour identifier les noeuds et les arcs à l'instant de leur création)

- . Les Propriétés des noeuds et des arcs par défaut (par exemple l'altitude d'un noeud ; la longueur, le diamètre et la rugosité d'un tuyau)

- . Les Options hydrauliques par défaut (par exemple le système d'unités, l'équation de pertes de charge, etc.)

\*Attention : Un changement d'unité, au cours d'une simulation, n'entraîne pas de conversion des premières valeurs saisies dans les nouvelles unités demandées (100 l/s se transformera en 100 m<sup>3</sup> /h et non en 360 m<sup>3</sup> /h. De même pour les valeurs de perte de charge.

Pour définir les valeurs par défaut d'un projet:

1. Sélectionnez **Projet >> Par Défaut.** de la Barre de Menu.

2. La boîte de dialogue des Valeurs Par Défaut contient trois pages, une pour chaque catégorie décrite ci-dessus.

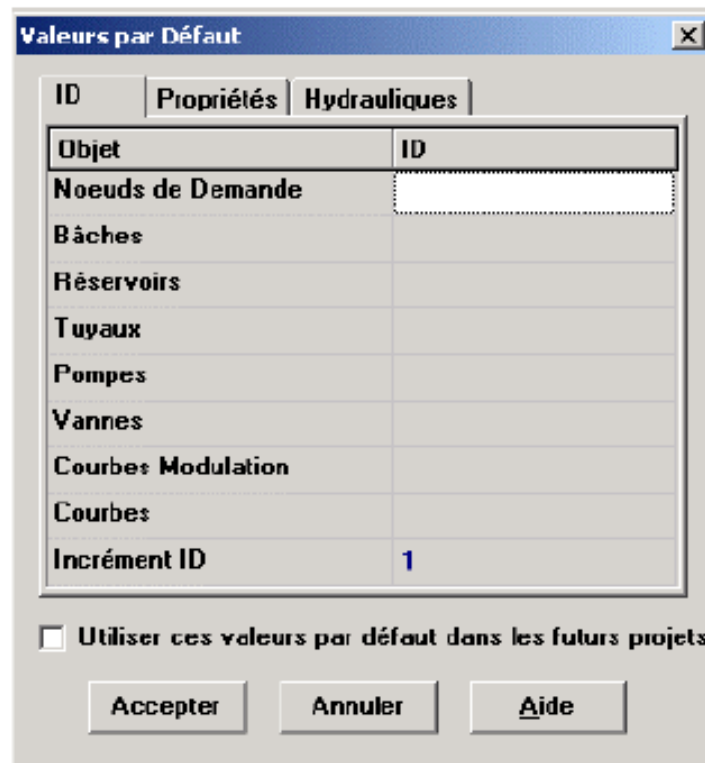
3. Cocher la case en bas à gauche de la boîte de dialogue si vous voulez que ces valeurs par défaut soient utilisées également dans les futurs projets.

4. Cliquez sur **Accepter** pour confirmer la sélection des valeurs par défaut.

Les éléments spécifiques des différentes catégories sont décrits dans la suite de cette partie.

### II.2.1 Les étiquettes d'identification par défaut

La rubrique des Étiquettes d'Identification ID de la boîte de dialogue Valeurs Par Défaut est représentée dans la figure, ci-dessous. Elle est utilisée pour définir la façon dont EPANET assigne des étiquettes d'identification par défaut aux éléments du réseau au moment de leur création. Pour chaque type d'objet un préfixe ou un le champ vide est introduit pour que le champ ne soit qu'un numéro. Ensuite, l'incrément du suffixe de l'étiquette d'identification par défaut est défini et le programme l'ajoutera au préfixe défini ci-dessus pour chaque composant. Par exemple, si on utilise D comme préfixe des noeuds de demande, avec un incrément de 5, les nouveaux noeuds de demande créés auront les étiquettes d'identification D5, D10, D15 et ainsi de suite. Après avoir créé un objet, on peut toujours changer son étiquette d'identification dans l'Éditeur des Propriétés si nécessaire.



**Figure II.1** Rubrique Étiquettes d'Identification ID de la boîte de dialogue Valeurs par Défaut

### II.2.2. Propriétés des noeuds et des arcs par défaut

La rubrique des Propriétés de la boîte de dialogue des Valeurs Par Défaut est représentée dans la figure II.2. Elle attribue les valeurs des propriétés par défaut aux nouveaux noeuds et arcs. Ces propriétés sont:

- . l'Altitude des noeuds
- . le Diamètre pour les réservoirs
- . le Niveau Maximal des réservoirs
- . la Longueur des tuyaux
- . l'option Longueur Automatique pour les tuyaux
- . le Diamètre des tuyaux
- . la Rugosité des tuyaux

Si la propriété Longueur Automatique est activée, les longueurs des tuyaux sont automatiquement calculées au moment où les tuyaux sont ajoutés ou repositionnés dans le schéma. Un noeud ou un arc créé avec ces propriétés par défaut peut toujours être modifié dans l'Éditeur des Propriétés.

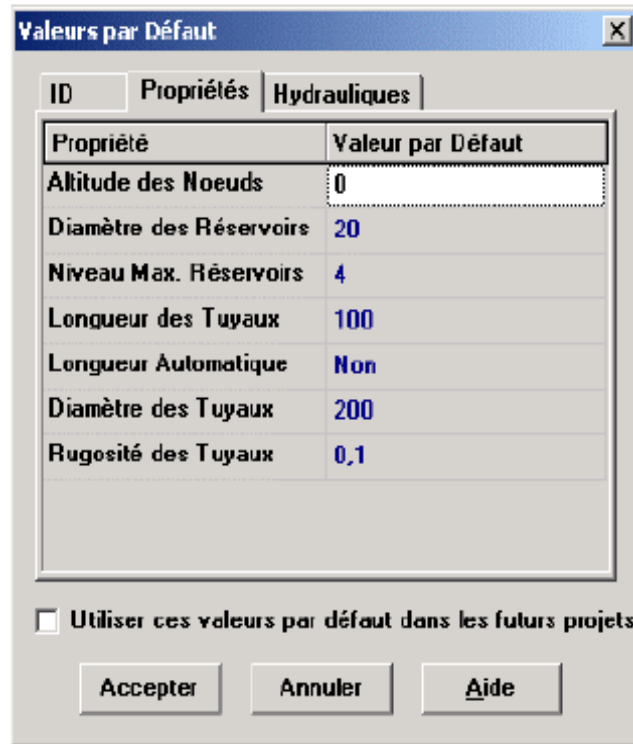


Figure II.2 Rubrique Propriétés de la boîte de dialogue Valeurs par Défaut

### II.2.3. Options hydrauliques par défaut

La troisième rubrique de la boîte de dialogue des Valeurs par Défaut s'utilise pour choisir les options hydrauliques par défaut. Elle contient le même ensemble d'options que les Options Hydrauliques accessibles à partir du Navigateur ou sélectionnant **Projet>>Options de Simulation.** de la Barre de Menu . Ces options ont été insérées dans la boîte de dialogue Valeurs par Défaut afin de les utiliser dans le projet actuel ou les sauvegarder pour les futurs projets.

Les Options Hydrauliques les plus importantes à vérifier à la création d'un nouveau projet sont: les Unités de Débit, la Formule des Pertes de Charge et la Courbe de Modulation Par Défaut. La sélection des Unités de Débit détermine le choix entre les unités américaines ou les unités métriques SI pour toutes quantités du réseau. Le choix de la Formule des Pertes de Charge détermine le type de coefficient de rugosité de chaque tuyau du réseau. La Courbe de Modulation par Défaut sera automatiquement la courbe de modulation des demandes aux noeuds, sauf si on leur a attribué une courbe de modulation individuelle.

### II.3 Données de calage

EPANET permet de comparer les résultats d'une simulation avec les mesures faites sur le terrain. Le logiciel permet l'étalonnage des résultats de la simulation avec les Graphes d'Évolution de certaines grandeurs au cours du temps en des points particuliers du réseau ou avec les Rapports de Calage qui décrivent les résultats globaux pour plusieurs points du réseau. EPANET peut utiliser les données de calage seulement si elles sont écrites dans un fichier au format texte, qui doit être déclaré dans le projet.

#### II.3.1. Fichiers de calage

Un Fichier de Calage est un fichier texte contenant des mesures pour un certain paramètre, en un point ou en plusieurs points du réseau, à différents. Le fichier donne des valeurs observées qui peuvent être comparées avec les résultats de la simulation d'un réseau. Il faut créer des fichiers séparés pour chaque paramètre (par exemple la pression, le débit, la concentration en chlore, ...) et pour chaque série de mesures de ce même paramètre. Chaque ligne du fichier contient les éléments suivants:

- . Localisation :Étiquette d'Identification (voir schéma) de l'élément sur lequel on a réalisé la mesure
- . Date :Date de la mesure (en heures)
- . Valeur - Résultat de la mesure

La date de la mesure se réfère à l'instant zéro comme point de départ du calcul sur lequel le Fichier de Calage sera appliqué. On peut introduire la date comme nombre décimal (par exemple 27.5), ou bien en notation heures:minutes (par exemple 27:30). Pour les mesures utilisées dans une simulation d'écoulement permanent, tous les instants peuvent être 0. Des commentaires seront précédés d'un point virgule (;). Pour une série de mesures faites au même lieu, la répétition l'étiquette d'identification n'est pas nécessaire; il suffit de le déclarer en première ligne.

Pour exprimer les valeurs numériques dans le Fichier de Calage utiliser le point comme séparateur décimal, et non la virgule.

Exemple d'un Fichier de Calage :

```
;Mesures de Fluor comme marqueur
;Localisation Date Valeur
;-----
  N1           0           0.5
              6.4         1.2
              12.7        0.9
  N2           0.5         0.72
              5.6         0.77
```

### II.3.2. Déclaration des données de calage

Pour déclarer les données d'un Fichier de Calage:

1. Sélectionnez **Projet >> Données de Calage.** de la Barre de Menu.
2. Dans la boîte de dialogue des Données de Calage (Figure II.3) cliquez sur le champ à côté du paramètre des données à déclarer.
3. Introduisez le nom du Fichier de Calage pour ce paramètre ou cliquez sur le bouton **Parcourir** pour le chercher.
4. Cliquez sur le bouton **Édition** pour ouvrir le Fichier de Calage en Windows NotePad et l'éditer.
5. Répétez les étapes 2 à 4 pour les autres paramètres pour lesquels il y a des données de calage.
6. Cliquez sur **Accepter** pour confirmer le nom des fichiers.

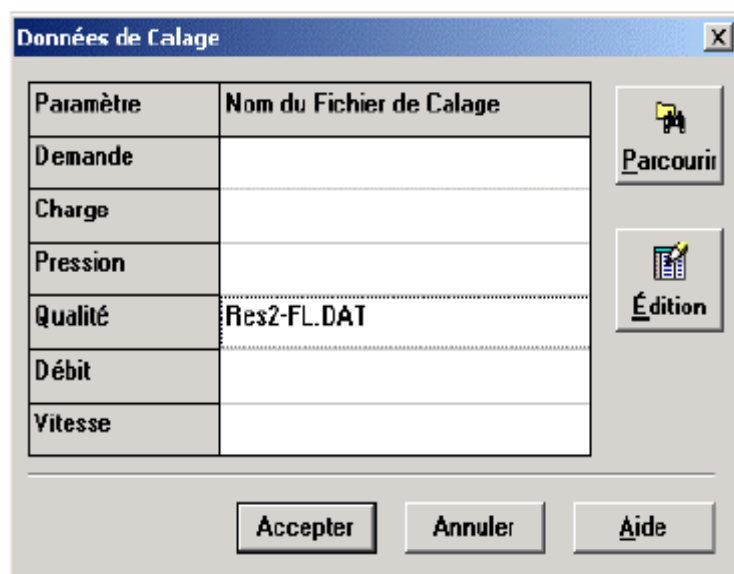


Figure II.3 Boîte de dialogue des Données de Calage

### II.4. Résumé du projet

Pour voir le Résumé des caractéristiques du projet actuel sélectionnez **Projet >> Résumé.** dans la Barre de Menu. Vous verrez apparaître la boîte de dialogue du Résumé du Projet dans laquelle vous pouvez introduire ou éditer un titre descriptif pour le projet, et ajouter des commentaires. Quand vous ouvrez un fichier, vous pouvez lire ces deux textes dans la boîte de dialogue Ouvrir un Projet, pour le fichier sélectionné ; ils permettent ainsi de rechercher un projet particulier. La boîte de dialogue du Résumé du Projet indique également certaines caractéristiques du réseau, comme le nombre de noeuds, de tuyaux, de pompes, etc.

### III - MANIPULATION DES OBJETS

**Tableau III.1** Propriétés des Noeuds de Demande

PROPRIETE	DESCRIPTION
ID Noeud	Etiquette d'identification unique utilisée pour identifier le Noeud de Demande. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères et doit être différente de l'étiquette des autres noeuds. Ce champ est obligatoire.
Description	Texte optionnel d'informations supplémentaires sur le noeud de demande.
Genre	Texte optionnel (sans espace), de rattachement du noeud de demande à une catégorie particulière (par exemple une zone de pression).
Altitude	Altitude en mètres par rapport à une certaine référence. Ce champ est obligatoire. L'altitude s'utilise pour calculer la pression dans le noeud de demande. Elle n'a pas d'influence sur les autres paramètres.
Demande de base	La demande d'eau nominale ou moyenne pour le consommateur principal au noeud de demande, exprimée dans l'unité de débit sélectionné. Une valeur négative signifie qu'il y a de l'eau qui entre dans le réseau. Si on n'introduit pas de valeur, la demande est considérée comme nulle.
Courbe Modul. Demande	Étiquette d'Identification de la Courbe de Modulation qui caractérise la variation de la demande dans le temps pour le consommateur principal au noeud de demande. La courbe de modulation propose des multiplicateurs avec lesquels la demande de base est multipliée, pour déterminer la demande réelle sur une période voulue. Si on n'assigne pas de courbe de modulation, le programme utilise la <b>Courbe de Modulation Par Défaut</b> des Options Hydrauliques
Catégories de Demande	Nombre de catégories différentes de consommateurs d'eau définies à ce noeud. Cliquez sur le bouton points de suspension (.)ou tapez sur la touche Entrée pour activer un Éditeur de Demande qui vous permette d'afficher plusieurs demandes de base et courbes de modulation de demande aux différentes catégories de consommateurs à ce noeud particulier. Laissez vide s'il n'y a qu'une seule catégorie de demande.
Coeff. Del'émetteur	Coefficient de décharge pour les buses (arrosage ou orifice calibré) qui se trouvent sur le noeud de demande. Le coefficient est égal au débit de la buse dans l'unité choisie à une perte de charge d'un mètre (ou 1 psi). Laissez vide s'il n'y a pas de buse..

Qualité Initiale	Niveau de la qualité de l'eau au noeud de demande au début de la simulation. Laissez vide si vous n'analysez pas la qualité de l'eau ou si le niveau est égal à 0.
Qualité de Source	Qualité de l'eau qui entre dans le réseau à cet endroit. Cliquez sur le bouton points de suspension (.) ou tapez sur la touche Entrée pour activer l'Éditeur de Qualité de Source,.

**Tableau III.2** Propriétés des Bâches

PROPRIETE	DESCRIPTION
Charge	Charge hydraulique (altitude + niveau) de l'eau dans la bache en mètres (ou pieds). Ce champ est obligatoire.
Courbe Modul. Charge	Etiquette d'identification de la Courbe de Modulation caractérisant la variation de la charge dans la bache en fonction du temps. Laissez vide s'il n'y a pas de courbe de modulation. Cette propriété est utile dans le cas où la bache présente un lien avec un autre système hydraulique dont la variation de la pression dans le temps est connue ou bien pour introduire le rabattement de forage.
Qualité Initiale	Qualité de l'eau dans la bache au début de la simulation. Laissez vide si vous n'analysez pas la qualité de l'eau ou si le niveau est zéro.
Qualité de Source	Qualité de l'eau qui entre dans le réseau à cet endroit. Cliquez sur le bouton des points de suspension (ou tapez sur la touche Entrée) pour activer l'Éditeur de Qualité de Source.

Tableau III.3 Propriétés des Réservoirs

PROPRIETE	DESCRIPTION
Altitude du Radier	Altitude du radier du réservoir en mètres (ou pieds) par rapport à une référence donnée. Ce champ est obligatoire.
Niveau Initial	Niveau initial de la surface de l'eau en mètres (pieds) par rapport au radier du réservoir au début de la simulation. Ce champ est obligatoire.
Niveau Minimal	Niveau minimal de la surface de l'eau en mètres (pieds) par rapport au radier du réservoir. Le niveau de l'eau ne peut jamais être inférieur au niveau minimal. Ce champ est obligatoire.
Niveau Maximal	Niveau maximal de la surface de l'eau en mètres (pieds) par rapport au radier du réservoir. Le niveau de l'eau ne peut jamais être supérieur au niveau maximal. Ce champ est obligatoire.
Diamètre.	Diamètre du réservoir en mètres (pieds). Pour les réservoirs cylindriques il est égal au diamètre réel. Pour les réservoirs carrés ou rectangulaires il peut être un diamètre équivalent, égal à 1,128 fois la racine carrée de la surface du radier. Pour les réservoirs dont la géométrie est décrite avec une Courbe de Volume (voir ensuite), sa valeur est égale à zéro. Dans tous les cas, c'est une propriété obligatoire
Volume Minimal	Le volume d'eau qui reste dans le réservoir quand il est à son niveau minimal, en mètres (pieds) cubes. C'est une propriété optionnelle qu'on utilise surtout dans les modèles de qualité pour décrire la géométrie du radier d'un réservoir non cylindrique dont on n'a pas la Courbe de Volume qui donne la relation complète entre le volume et le niveau
Courbe de Volume	Etiquette d'identification de la courbe qui décrit la relation entre le niveau de l'eau et le volume dans le réservoir. Si on n'introduit pas de valeur, le programme considère le réservoir comme cylindrique.
Modèle de Mélange	Le modèle de mélange d'eaux de différentes qualités dans le réservoir. On peut choisir entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>. PARFAIT (mélange homogène)</li> <li>. 2COMP (mélange en deux compartiments),</li> <li>. FIFO (écoulement en piston type FIFO),</li> </ul>
Fraction de Mélange	La fraction du volume total du réservoir qui constitue le compartiment où l'eau entre et sort pour un modèle de mélange en deux compartiments (laisser vide pour utiliser un autre modèle de mélange).
Coefficient de Réaction	Coefficient de Réaction pour les réactions chimiques dans la masse d'eau du réservoir. Les unités sont 1/jours. Utilisez une valeur positive pour les réactions d'accroissement, une négative pour les réactions de décomposition. Laissez vide si le coefficient de réaction globale qui est spécifié dans les Options Réactions s'applique.



Qualité Initiale	Niveau de la qualité de l'eau dans le réservoir au début du calcul. Laissez vide si vous n'analysez pas la qualité de l'eau ou si le niveau est nul.
Qualité de Source	Qualité de l'eau qui entre dans le réseau à cet endroit. Cliquez sur le bouton points de suspension (ou tapez sur la touche Entrée) pour activer l'Éditeur de Qualité de Source

**Tableau III.4** Propriétés des Tuyaux

PROPRIETE	DESCRIPTION
Description	Texte optionnel qui donne des informations supplémentaires sur le tuyau.
Genre	Texte optionnel (sans espace), pour classer les tuyaux en différentes catégories (par exemple son âge ou le matériau).
Longueur	Longueur du tuyau en mètres (pieds). Ce champ est obligatoire.
Diamètre	Diamètre du tuyau en mm (pouces). Ce champ est obligatoire.
Rugosité.	Coefficient de rugosité du tuyau. C'est un nombre sans dimension pour la formule de Hazen-Williams et pour celle de Chezy-Manning et il est en mm (milli pieds) dans la formule de Darcy-Weisbach. Ce champ est obligatoire
Coeff. Pertes Singul.	Coefficient de pertes de charge singulières sans dimension associé aux coudes, aux tés, aux accessoires, etc. Il n'est considéré comme nul s'il n'est pas renseigné.
État Initial	Ce paramètre spécifie si le tuyau est <b>ouvert</b> , <b>fermé</b> au début de la simulation ou s'il contient un clapet anti-retour ( <b>clapet A-R</b> ) ; dans ce cas, l'écoulement s'effectue toujours du noeud initial vers le noeud final. Cet état correspond à la présence d'une vanne d'isolement
Coef. Réact. dans la Masse	Coefficient de réaction pour les réactions chimiques dans la masse d'eau du tuyau. Les unités sont 1/jours. Utilisez une valeur positive pour les réactions d'accroissement, une valeur négative pour les réactions de décomposition. Laissez vide si le coefficient de réaction globale spécifié dans les Options Réactions s'applique.
Coef. Réact. aux Parois	Coefficient de réaction pour les réactions chimiques aux parois du tuyau. Les unités sont masse/m <sup>2</sup> /jour (masse/ft <sup>2</sup> /jour) pour les réactions d'ordre 0 et m/jour (ft/jour) pour les réactions d'ordre 1. Utilisez une valeur positive pour les réactions d'accroissement, une valeur négative pour les réactions de décomposition. Laissez vide si le coefficient de réaction globale aux parois qui est spécifié dans les Options Réactions s'applique.

**Nota:** La longueur des tuyaux est calculée automatiquement à la création ou au repositionnement des tuyaux sur le schéma si la propriété **Longueur Automatique** est activée. Il y a deux manières d'activer ou de désactiver cette propriété :

- . Sélectionnez Projet >> **Par Défaut.** et entrez le champ Longueur Automatique sous la rubrique Propriétés de la boîte de dialogue Valeurs par Défaut.
  - . Cliquez sur la partie Longueur Automatique dans la Barre d'État avec le bouton droit de la souris et cliquez ensuite sur l'option que le menu déroulant vous propose.
- Vérifiez la taille du schéma avant d'utiliser la propriété Longueur Automatique.

**Tableau III.5** Propriétés des Pompes

PROPRIETE	DESCRIPTION
Noeud d'Aspiration	Etiquette d'identification du noeud du côté de l'aspiration de la pompe. Ce champ est obligatoire.
Noeud de Décharge	Etiquette d'identification du noeud du côté du refoulement de la pompe. Ce champ est obligatoire.
Genre	Texte optionnel (sans espace), pour classer la pompe parmi une catégorie (par exemple son âge ou ses dimensions).
Courbe Caractéristique	Etiquette d'identification de la Courbe Caractéristique de la pompe, qui représente le rapport entre la charge et le débit de la pompe à sa vitesse nominale. Laissez vide si c'est une pompe d'énergie constante.
Puissance Nominale	Puissance de la pompe en kW (chevaux). Ce paramètre s'utilise quand la courbe caractéristique de la pompe n'est pas connue. EPANET suppose que la pompe utilise toujours une puissance constante, indépendamment du débit. Laissez vide si vous disposez d'une courbe caractéristique.
Vitesse Relative	Consigne de vitesse relative de la pompe (sans unité). Par exemple, une consigne de 1,2 signifie que la vitesse de rotation de la pompe est 20% supérieure à sa vitesse nominale.
Courbe Modul. Vitesse	Etiquette d'identification de la Courbe de Modulation qui caractérise la variation de la vitesse de la pompe dans le temps. Les multiplicateurs de la courbe de modulation correspondent aux consignes relatives de la vitesse. Un multiplicateur nul signifie que la pompe est déconnectée durant cette période. Laissez vide s'il n'y a pas de courbe de modulation.
État Initial	État de la pompe (Marche ou Arrêt) au début de la simulation.
Courbe Rendement	Etiquette d'identification de la Courbe de Rendement représentant le rendement total de la pompe en pourcentage, en fonction du débit. Cette information est utilisée seulement pour calculer la consommation d'énergie. Laissez vide si elle n'est pas utilisée ou si on utilise le rendement global des pompes des Options de l'Énergie du projet

Prix de l'Énergie	Le coût nominal ou moyen du kWh en unités monétaires. S'utilise uniquement pour calculer le coût de la consommation d'énergie. Laissez vide si on n'utilise pas la valeur ou si on utilise une valeur globale des Options de l'Énergie du projet.
Courbe de Modul. Prix	Étiquette d'identification de la courbe de modulation qui décrit la variation du prix de l'énergie pendant la journée. Chaque multiplicateur de la courbe de modulation s'applique au prix nominal de l'énergie. Laissez vide si elle n'est pas utilisée ou si on utilise la valeur globale des Options de l'Énergie du projet.

Tableau III.6 Propriétés des Vannes

PROPRIETE	DESCRIPTION														
Type	Type de vanne (Stabilisatrice Aval, Stabilisatrice Amont, Réducteur de pression, Régulatrice de Débit, Diaphragme ou d'Usage Général). L'utilisation du menu dérouleur est obligatoire.														
Consigne	Paramètre obligatoire qui décrit la consigne opérationnelle de la vanne. <table border="0"> <thead> <tr> <th>Type de Vanne</th> <th>Consigne</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Stabilisatrice Aval</td> <td>Pression (m ou psi)</td> </tr> <tr> <td>Stabilisatrice Amont</td> <td>Pression (m ou psi)</td> </tr> <tr> <td>Réducteur de pression</td> <td>Chute de Pression (m ou psi)</td> </tr> <tr> <td>Régulatrice de Débit</td> <td>Débit (unités de débit)</td> </tr> <tr> <td>Diaphragme</td> <td>Coeff. Perte de Charge (sans unités)</td> </tr> <tr> <td>Usage Général</td> <td>Étiquette d'Identification de la courbe de perte de charge</td> </tr> </tbody> </table>	Type de Vanne	Consigne	Stabilisatrice Aval	Pression (m ou psi)	Stabilisatrice Amont	Pression (m ou psi)	Réducteur de pression	Chute de Pression (m ou psi)	Régulatrice de Débit	Débit (unités de débit)	Diaphragme	Coeff. Perte de Charge (sans unités)	Usage Général	Étiquette d'Identification de la courbe de perte de charge
Type de Vanne	Consigne														
Stabilisatrice Aval	Pression (m ou psi)														
Stabilisatrice Amont	Pression (m ou psi)														
Réducteur de pression	Chute de Pression (m ou psi)														
Régulatrice de Débit	Débit (unités de débit)														
Diaphragme	Coeff. Perte de Charge (sans unités)														
Usage Général	Étiquette d'Identification de la courbe de perte de charge														
Coeff. Perte Charge	Coefficient sans unités représentant les pertes singulières quand la vanne est entièrement ouverte. Si vous le laissez vide, EPANET le met égal à 0.														
État Préréglé	L'état de la vanne au début de la simulation. Si elle est mise en état <b>Ouvert</b> ou <b>Fermé</b> , la consigne de la vanne est ignorée et la vanne se comporte comme un arc ouvert ou fermé. Si on le met à <b>En régulation</b> , l'état de la vanne dépendra de la simulation. Vous pouvez faire varier l'état d'une vanne nouvelle en utilisant des Commandes (régulation, ouverte, fermée).														


**Tableau III.7** Propriétés des Textes

PROPRIETE	DESCRIPTION
Texte	Contenu du texte.
Noeud d'Ancrage	Etiquette d'identification du noeud qui sert de point d'ancrage. Laissez vide si le texte n'est pas ancré.
Type d'Élément Observé	Type d'objet auquel le texte s'applique. On a le choix entre <b>Aucun</b> , <b>Noeud</b> et <b>Arc</b> .
ID de l'Élément Observé	Etiquette d'identification de l'objet (Noeud ou Arc) à observer.
Police	Ouvre une boîte de dialogue de polices qui vous permet de choisir la police, la taille et le style du texte.

**Nota :**

1. Le noeud d'ancrage est utilisé pour maintenir le texte auprès d'un élément particulier. Quand vous utilisez la fonction « zoom » du schéma, le texte reste à la même distance de l'objet.
2. Le Type et l'ID de l'Élément Observé permettent l'affichage du résultat de la simulation pour le paramètre sélectionné dans le navigateur de donnée.  
Si le Type et l'ID de l'Élément Observé ne réfèrent pas à un noeud existant, seul le contenu du texte est affiché.

**III.5 Édition des objets non physiques**

Des éditeurs spéciaux définissent les propriétés des Courbes, des Courbes de Modulation et des Commandes. Pour éditer un de ces objets, sélectionnez l'objet dans le Navigateur des Données et cliquez sur le bouton Éditer . L'Éditeur des Propriétés des noeuds de demande contient également un bouton points de suspension (.) dans le champ Catégories de Demande, activant un Éditeur de Demande particulier. Le champ Qualité de Source dans l'Éditeur des Propriétés des Noeuds de Demande, Bâches et Réservoirs contient le même bouton activant aussi un Éditeur de Qualité de Sources particulier.

**III.5.1. Éditeur de courbes**

L'Éditeur de Courbes est une boîte de dialogue, représentée Figure III.1. Pour utiliser l'éditeur de courbe, il faut entrer les paramètres suivants :

Paramètre	Description
ID Courbe	Étiquette d'identification de la courbe. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères.
Description	Texte optionnel décrivant l'objet de la courbe.
Type de Courbe	Menu déroulant, choix parmi volume (de réservoir), caractéristique (de pompe), rendement (de pompe), perte de charge (appareil sur le réseau).
Coordonnées X-Y	Coordonnées X-Y des points de la courbe.

En naviguant entre les différentes cellules du Tableau des Données (ou en tapant sur la touche Entrée) la courbe se dessine dans la fenêtre d'aperçu. Pour les courbes simples d'un à trois points, l'équation calculée de la courbe sera visible dans le champ Équation. Cliquez sur **Accepter** pour accepter la courbe ou sur **Annuler** pour annuler les données introduites. Si vous voulez importer des données extérieures, cliquez sur Importer. Si vous voulez sauvegarder les données de la courbe présente dans un fichier, cliquez sur **Enregistrer**.

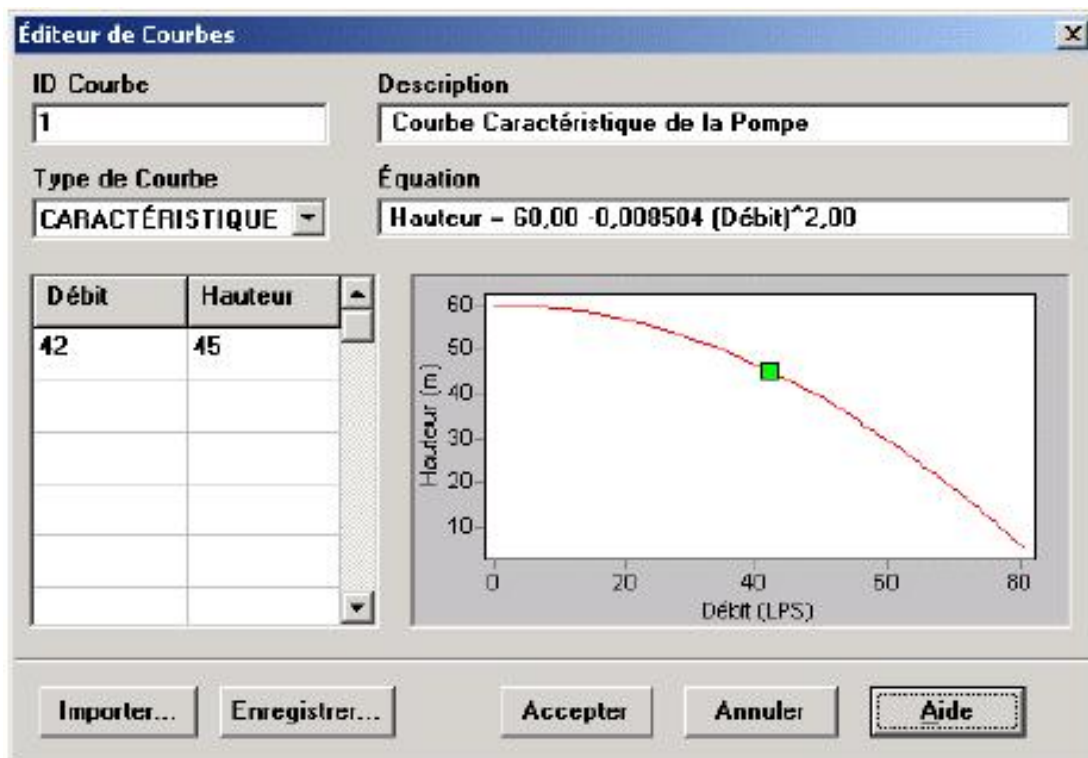


Figure III.1a Éditeur de Courbe : courbe caractéristique de pompe

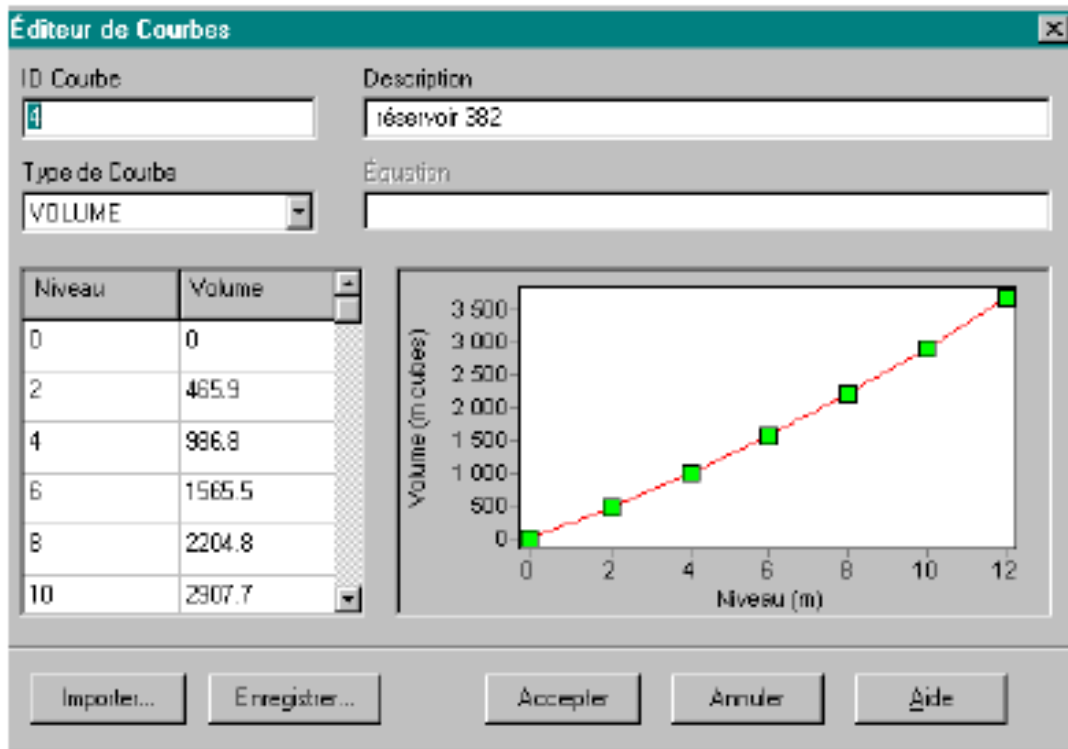


Figure III.1b Éditeur de courbe : courbe de volume de réservoir

### III.5.2. Éditeur de courbes de modulation

L'Éditeur de Courbes de Modulation s'utilise pour modifier les propriétés d'une courbe de modulation, élément qui permet de prendre en compte des effets dans le temps sur une valeur de base. Pour utiliser cet éditeur, vous devez introduire les paramètres suivants :

Paramètre	Description
ID Modulation	Étiquette d'identification de la Courbe de Modulation. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères.
Description	Texte optionnel décrivant l'objet de la courbe.
Multiplicateurs	Valeur du multiplicateur pour toutes les périodes de la courbe de modulation

Vous pouvez saisir la durée de l'intervalle dans les Options de Temps. Sa valeur actuelle est visible au pied du graphique. En introduisant des multiplicateurs, vous verrez que l'aperçu graphique, qui donne une image graphique de la Courbe de Modulation, change. Si vous arrivez à la fin des périodes en entrant les multiplicateurs, il suffit de taper sur la touche **Entrée** pour ajouter une nouvelle période. Quand vous avez terminé l'introduction de valeurs, tapez **Accepter** pour confirmer ou **Annuler** pour annuler les valeurs introduites. Si vous voulez importer des données extérieures, cliquez sur **Importer**. Si vous voulez sauvegarder les données de la courbe de modulation présente dans un fichier, cliquez sur **Enregistrer**.

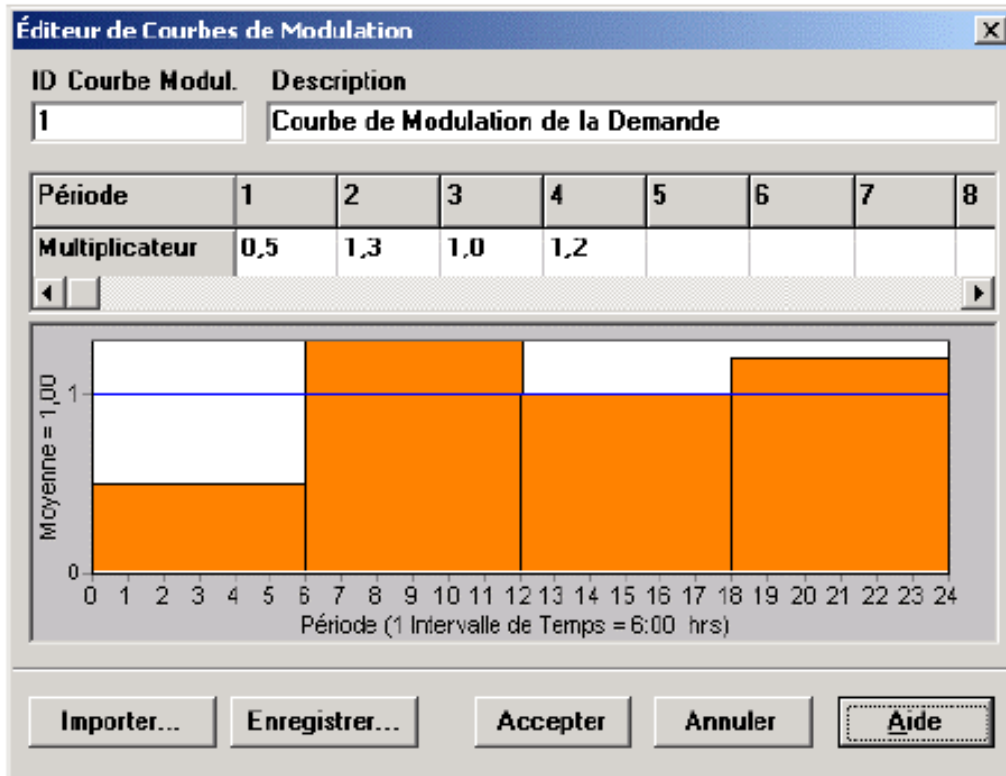


Figure III.2 Éditeur de Courbe de Modulation

L'intervalle de temps est modifiable dans le navigateur (données / options / temps).

### III.5.3. Éditeur de commandes

L'Éditeur de Commandes (Figure III.3) est une fenêtre d'édition de texte, utilisée pour saisir aussi bien des Commandes Simples que des Commandes Élaborées. Il contient un menu standard d'édition de texte que vous pouvez activer simplement en cliquant dans l'Éditeur avec le bouton droit de la souris. Ce menu contient des commandes pour Annuler, Couper, Copier, Coller, Effacer, et Sélectionner Tout.

**Nota :** La syntaxe est obligatoirement en anglais

L'heure est obligatoirement en format anglais

Le séparateur de décimal est obligatoirement le point (.).

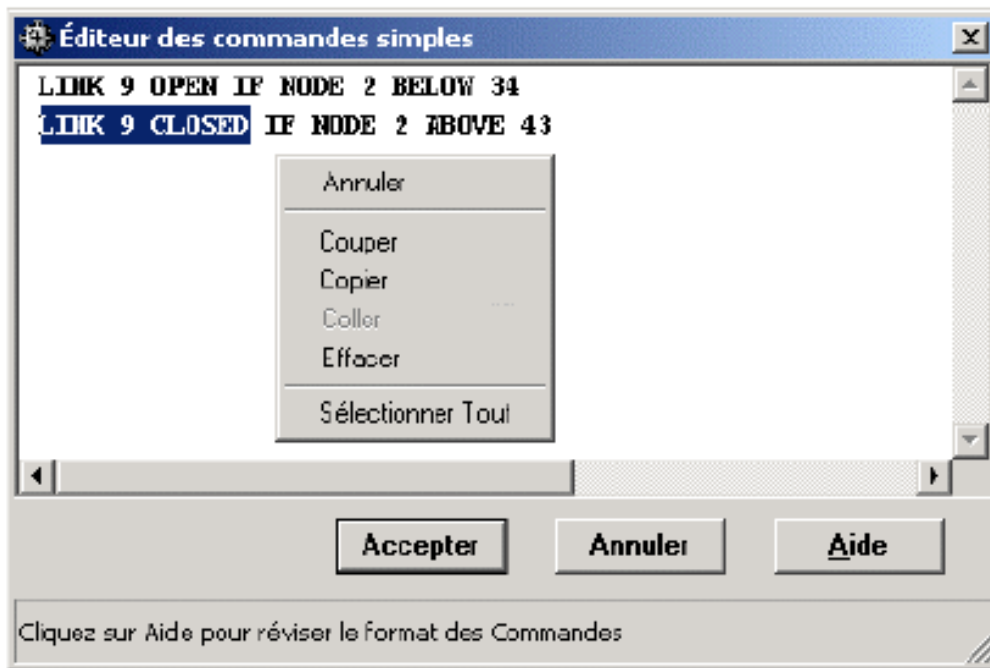


Figure III.3 Éditeur de Commandes

#### III.5.4. Éditeur de demandes

L'Éditeur de Demandes est représenté dans la Figure III.4. Il est utilisé pour attribuer des demandes de base et des courbes de modulation à plusieurs catégories de consommateurs d'eau au noeud de demande. L'éditeur s'active à partir de l'Éditeur des Propriétés en cliquant sur le bouton points de suspension (..) (ou en tapant sur la touche **Entrée**) quand le champ des Catégories de Demande est sélectionné.

L'éditeur est un tableau à trois colonnes. Pour chaque catégorie utilisez une nouvelle ligne dans le tableau. Dans les colonnes, entrez les informations suivantes:

- . Demande de base : demande moyenne de cette catégorie (obligatoire)
- . Courbe de Modulation : Étiquette d'Identification de la courbe de modulation qui décrit la variation de la demande (optionnelle)
- . Catégorie: étiquette de texte qui s'utilise pour identifier la catégorie de demande (optionnelle)



	Demande Base	Courbe Modul.	Catégorie
1	13	1	Domestique
2	3	2	Industrielle
3			
4			
5			
6			

**Figure III.4** Éditeur de Demande

Le tableau a dix lignes. Pour obtenir des lignes supplémentaires, sélectionnez une cellule de la dernière ligne et tapez sur la touche **Entrée**.

**Note::** Par convention, la demande dans la première ligne sera considérée comme la catégorie principale du noeud de demande et sera visible dans le champ de Demande de Base de l'Éditeur des Propriétés.

### III.5.5. Éditeur de qualité de source

L'Éditeur de Qualité de Source est une boîte de dialogue utilisée pour décrire la qualité de l'eau qui entre dans le réseau en un certain noeud. La source peut être l'installation principale de traitement, une installation de chloration ou un réservoir intermédiaire de retraitement. Elle peut simuler aussi l'injection d'une substance contaminante. Dans la boîte de dialogue de la Figure III.5, vous trouvez les champs suivants:

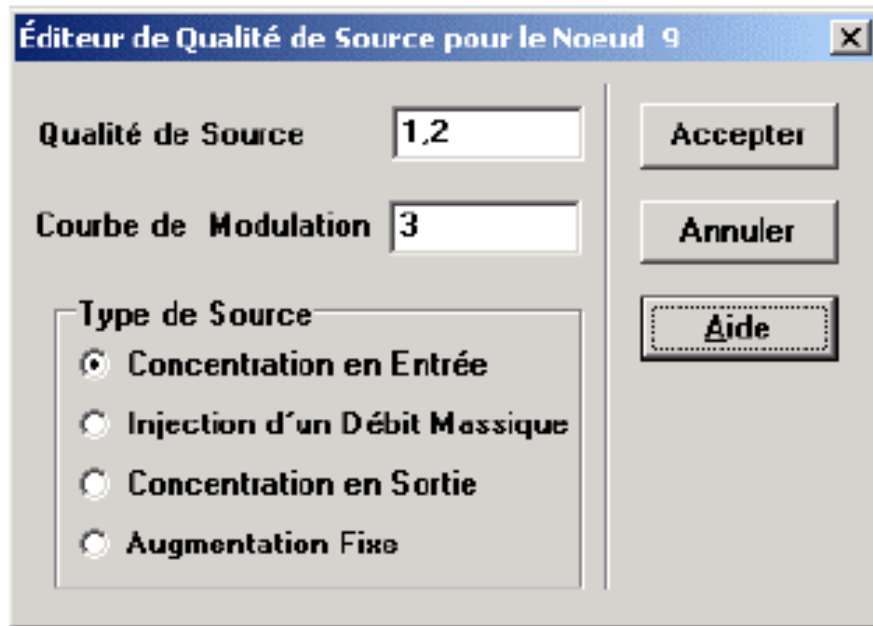


Figure III.5 Éditeur de Qualité de Source

Champ	Description
Type de Source	Choisissez entre : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concentration en Entrée</li> <li>- Injection d'un Débit Massique</li> <li>- Concentration en Sortie</li> <li>- Augmentation Fixe</li> </ul>
Qualité de Source	Concentration moyenne ou nominale (ou débit massique par minute) de la source - laissez vide pour éliminer la source.
Courbe de Modulation	Etiquette d'identification de la courbe de modulation décrivant la variation de la qualité de la source (laissez vide si sans rapport).

Une source dont la qualité change, peut être un point où la concentration varie selon une certaine modulation ou bien où la concentration est fixe.

- . Une source à **Concentration en Entrée impose** une concentration donnée aux flux entrant en un point. Par exemple, le flux qui vient d'un réservoir ou d'une demande négative en un noeud de demande.
- . Une source à **Injection d'un Débit Massique** ajoute une masse constante de réactif par unité de temps au flux qui arrive au noeud.
- . Une source à **Concentration en Sortie** fixe la concentration du flux qui sort du noeud à une certaine valeur (sauf si la concentration moyenne qui entre dans le noeud ne dépasse pas cette valeur).
- . Une source à **Augmentation Fixe** augmente la concentration initiale (résultat du mélange de tous les flux arrivant au noeud) d'une certaine valeur.

Une source de type concentration en entrée est le meilleur choix pour modéliser des noeuds où existent des installations de traitement (par exemple des réservoirs et des noeuds avec une demande négative). Les autres types de source peuvent très bien représenter l'injection d'un marqueur ou d'un désinfectant additionnel ou l'injection d'un contaminant dans le réseau.

### III.6 Copier et coller des objets

Les propriétés d'un objet du Schéma peuvent être copiées et collées dans un autre objet de la même catégorie. Pour Copier les propriétés d'un objet dans le presse-papiers d'EPANET:

1. Cliquez sur l'objet dans le schéma avec le bouton droit de la souris.
2. Sélectionnez **Copier** dans le menu contextuel.

Pour Coller les propriétés copiées dans un objet:

1. Cliquez sur l'objet dans le schéma avec le bouton droit de la souris.
2. Sélectionnez **Coller** dans le menu contextuel.

### III.7 Éditer un groupe d'objets

Pour éditer une propriété d'un groupe d'objets:

1. Sélectionnez la région du schéma dans laquelle se trouve le groupe d'objets voir la section précédente.
2. Sélectionnez **Édition >> Éditer Groupe** de la barre de menu.
3. Définissez les modifications dans la boîte de dialogue Édition de Groupe activée.

La boîte de dialogue d'édition de groupe, représentée dans Figure III.6, s'utilise pour modifier une propriété dans un groupe d'objets. Pour cela :

1. Sélectionnez une catégorie d'objets (Noeuds de Demande ou Tuyaux) à éditer.
2. Sélectionnez la case "avec" si vous voulez ajouter un filtre qui impose des conditions aux objets sélectionnés pour l'édition. Sélectionnez une propriété, une relation et une valeur pour décrire le filtre. Par exemple : "avec diamètre inférieur à 300".
3. Sélectionnez le type de modification à faire - remplacer, multiplier ou incrémenter.
4. Sélectionnez la propriété que vous voulez modifier.
5. Introduisez la valeur qui doit remplacer, être multipliée ou être ajoutée à la valeur présente.
6. Cliquez sur **Accepter** pour exécuter l'édition du groupe.

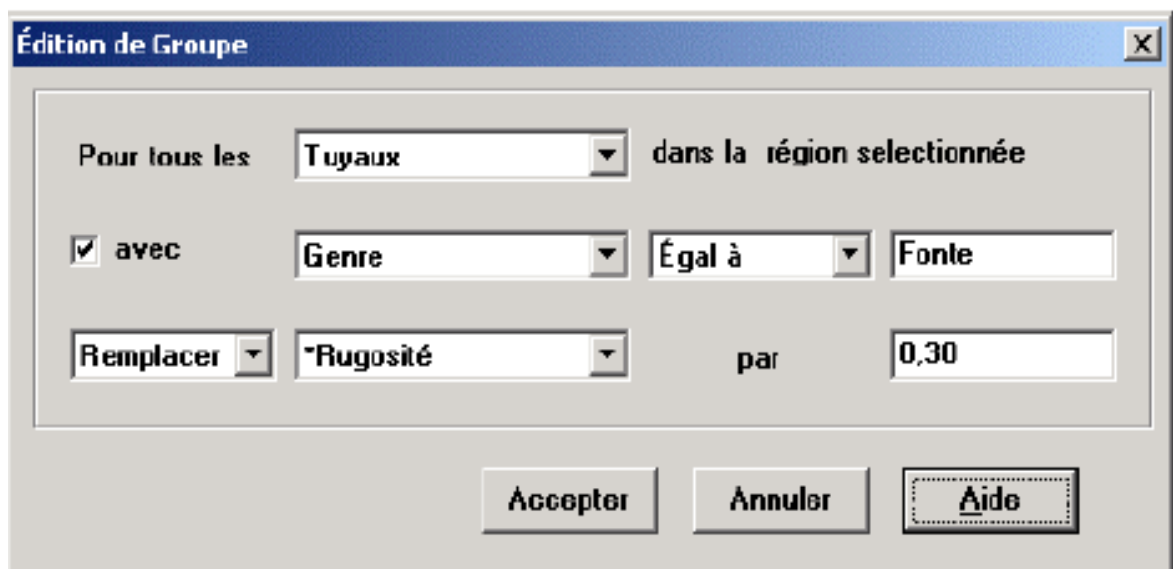



Figure III.7 Boîte de Dialogue d'Édition de Groupe

## IV - LA SIMULATION

Après la saisie des informations du réseau, une simulation hydraulique ou qualité peut être réalisée. Cette partie explique le choix des options de simulation, le lancement d'une simulation et la résolution des problèmes pouvant apparaître au cours du calcul.

### IV.1 Spécification des options de simulation

Il y a cinq catégories d'options spécifiant le type de calcul effectué par EPANET. Ce sont les options suivantes: Hydrauliques, Qualité, Réactions, Temps, et Énergie. Pour éditer une de ces options :

1. Sélectionnez la catégorie Options du Navigateur des Données ou sélectionnez **Projet >> Options de Simulation.** de la barre de Menu.
  2. Sélectionnez dans le Navigateur : Hydrauliques, Qualité, Réactions, Temps ou Énergie dans le Navigateur.
  3. Si l'Éditeur des Propriétés n'est pas visible, cliquez sur le bouton Éditer  du Navigateur (ou tapez sur la touche **Entrée**).
  4. Éditez les options dans l'Éditeur des Propriétés selon vos préférences.
- Pendant que vous éditez une catégorie dans l'Éditeur des Propriétés, vous pouvez ouvrir la catégorie suivante ou précédente en tapant sur la touche **Page Suivante** ou **Page Précédente**.

#### IV.1.1. Options hydrauliques

Les Options Hydrauliques déterminent comment les calculs hydrauliques sont effectués. Ces options sont les suivantes :

Option	Description
Unités de Débit	Sont les Unités appliquées aux demandes dans les noeuds et aux débits dans les tuyaux. Si vous choisissez les unités litres par seconde ou mètres cubes, toutes les quantités seront exprimées en unités métriques. Si vous choisissez gallons, pieds cubes ou acre-pieds, le programme utilise des unités américaines. Faites attention quand vous changez les unités de débit : ceci a des répercussions sur toutes les données du projet. Les valeurs numériques restent identiques si vous changez d'unités encours de calcul, elles ne sont pas converties dans la deuxième unité.
Formule de Perte de Charge	La formule utilisée pour calculer la perte de charge en fonction du débit dans le tuyau. Vous avez le choix entre : <ul style="list-style-type: none"> <li>. Hazen-Williams</li> <li>. Darcy-Weisbach</li> <li>. Chezy-Manning</li> </ul> Comme chaque formule mesure la rugosité d'une manière différente, le changement de formule a pour conséquence la modification de tous les coefficients de rugosité, de la même manière que les unités de débits.
Densité Relative	Relation entre la densité du fluide modélisé et celle de l'eau à 4° C (sans unités).

Viscosité Relative	Relation entre la viscosité cinétique du fluide et celle de l'eau à 20° C (1,0 centistoke ou 0,94 pieds <sup>2</sup> /jour) (sans unités).
Nombre Max. D'Itérations	Nombre maximum d'itérations pour résoudre les équations non-linéaires utilisées pour calculer l'état hydraulique à un instant donné. La valeur suggérée est de 40.
Précision	Critère de convergence qui détermine si la solution des équations non linéaires a été trouvée. Le programme arrête de faire des itérations lorsque la somme de toutes les variations de débit divisée par la somme de tous les débits est inférieure à ce nombre. La valeur suggérée est de 0,001.
À Défaut d'Équilibre	Ce que le programme doit faire s'il ne trouve pas de solution hydraulique après avoir parcouru le nombre maximum d'itérations. Vous avez le choix entre <b>Arrêter</b> pour arrêter la simulation à cet instant et <b>Continuer</b> pour exécuter 10 itérations supplémentaires, avec l'état des arcs "fixé", pour essayer ainsi d'atteindre la convergence.
Courbe Modul. par Défaut	Étiquette d'identification de la courbe de modulation qui s'applique aux noeuds de demande auxquelles on n'a pas attribué de courbe de modulation individuelle. Si vous ne définissez pas de courbe de modulation par défaut, les demandes aux noeuds ne varient pas.
Multiplicateur de Demande	Multiplicateur global qui s'applique sur les demandes, pour faire varier la consommation du système. Par exemple, 2,0 double toutes les demandes, 0,5 les divise par deux, et 1,0 les maintient constante.
Exposant de l'Émetteur	Exposant de la pression, nécessaire quand vous calculez le flux à travers un émetteur. Dans la littérature on utilise la valeur de 0,5 pour les buses calibrées et les têtes arroseuses. La valeur pour les fuites dans les conduites peut être différente.
Rapport d'État	Choix de la quantité d'informations qui figurent dans le rapport après une simulation. Vous pouvez choisir entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>. <b>Aucun</b> (Il n'y aura pas de rapport)</li> <li>. <b>Normal</b> (Rapport d'État normal . Fait une liste de tous les changements d'état des arcs)</li> <li>. <b>Détaillé</b> (Rapport d'État détaillé. Rapport normal avec en plus l'erreur de convergence de chaque itération de l'analyse hydraulique)</li> </ul> Le rapport détaillé n'est utile que pour retrouver une erreur.

**Nota :** Vous avez également accès aux Options Hydrauliques par le menu **Projet >> Par Défaut**. Lorsque vous utilisez ce menu, les options sont sauvegardées pour tous les projets futurs.

#### IV.1.2. Options de qualité de l'eau

Les Options de Qualité de l'Eau déterminent le type d'analyse de qualité à Effectuer et le transport du contaminant dans le réseau. Ces options sont les suivants :

Option	Description
Paramètre	Type de paramètre de qualité de l'eau qui sera modélisé. Vous avez le choix entre: <ul style="list-style-type: none"> <li>. <b>Aucun</b> (pas d'analyse de qualité);</li> <li>. <b>Chimique</b> (calcule la concentration d'une substance chimique, réactive ou non);</li> <li>. <b>Dépistage</b> (calcule le pourcentage d'eau provenant d'un noeud déterminé).</li> <li>. <b>Séjour</b> (calcule le temps de séjour de l'eau);</li> </ul> Vous pouvez remplacer le nom de la substance que vous modélisez (Par exemple <b>Chlore</b> ).
Unités de Masse	Les unités exprimant la concentration. Vous pouvez choisir entre mg/l ou µg/l. Le dépistage est exprimé en pourcentage et le temps de séjour en heures ; ces unités sont fixes.
Diffusivité Relative	La relation entre la diffusivité moléculaire de la substance modélisée et celle du chlore à 20° C (0,00112 pieds <sup>2</sup> /jour). Utilisez la valeur 2 si la substance se diffuse deux fois plus vite que le chlore, 0,5 si elle se diffuse deux fois moins vite. S'utilise uniquement pour le transfert de masse dans les réactions aux parois. Attribuez la valeur 0 pour ne pas tenir compte des effets de transfert de masse.
Noeud de Dépistage	Étiquette d'identification du noeud où l'on dépiste le flux. S'applique seulement aux analyses de dépistage.
Tolérance de Qualité	La variation de qualité la plus petite entraînant la création d'un nouveau volume élémentaire dans le tuyau. Habituellement elle est prise égale à 0,01 pour les produits mesurés en mg/l, à la fois pour le calcul du temps de séjour et pour le dépistage.

**Nota** : La Tolérance de Qualité permet de savoir si un segment est de même qualité qu'un autre. Pour les analyses chimiques, la tolérance de qualité peut constituer la limite de détection due à la procédure suivie pour mesurer la présence d'un composant chimique particulier, convenablement ajustée d'un facteur de sécurité. Si vous utilisez une valeur trop grande, vous perdez la précision. Si vous utilisez une valeur trop petite, le calcul ne s'effectue pas de manière efficace. Il est recommandé de lancer le calcul avec différentes valeurs de tolérance.

### IV.1.3. Options de réactions

Les Options de Réactions définissent les types de réactions de la simulation de la qualité de l'eau. Ces options sont les suivantes :

Option	Description
Ordre Réaction Masse	Puissance à laquelle la concentration est élevée lors du calcul de la vitesse de réaction dans la masse d'eau. Utilisez 1 pour les réactions de premier ordre, 2 des cinétiques d'ordre 2, etc. Utilisez un nombre négatif en cas de cinétique Michaelis-Menton. Si aucun coefficient de réactions dans la masse globale au niveau du tuyau n'a été défini, cette option est ignorée.
Ordre Réaction Parois	Puissance à laquelle la concentration est élevée lors du calcul de la vitesse de réaction aux parois. Choisissez <b>Un</b> (1) pour les réactions d'ordre un, <b>Zéro</b> (0) pour les réactions à vitesse constante. Si on n'a pas défini de coefficient global de réaction aux parois ou pour un tuyau particulier, cette option est ignorée.
Coeff. Global Réact. dans la Masse	Coefficient de réaction dans la masse d'eau (Kb). Il est attribué à tous les tuyaux par défaut, mais il peut être adapté à certains tuyaux. Utilisez un nombre positif en cas d'accroissement, un nombre négatif en cas de décomposition ou 0 s'il n'y a pas de réaction. Les unités sont celles de la concentration à la puissance (1-n) divisée par des jours, où n est l'ordre de la réaction dans la masse.
Coeff. Global Réact. aux Parois	Coefficient de réaction aux parois (Kw). Il est attribué à tous les tuyaux par défaut. Utilisez un nombre positif en cas d'accroissement, un nombre négatif en cas de décomposition ou 0 s'il n'y a pas de réaction. Les unités utilisées sont m/jour (SI) ou pieds/jour (US) pour les réactions d'ordre un et masse/m <sup>2</sup> /jour (SI) ou masse/pieds <sup>2</sup> /jour (US) pour les réactions d'ordre zéro.
Concentration Limite	La concentration maximale (en cas d'accroissement) ou minimale (en cas de décomposition) qu'une substance peut atteindre. Les réactions dans la masse d'eau dépendent de la différence entre la concentration actuelle et cette valeur.. Mettez 0 si cette option n'est pas applicable.
Coeff. Corrélation Parois	Le coefficient de corrélation entre la rugosité et la vitesse de réaction à la paroi. Mettez à 0 si cette option n'est pas applicable

#### IV.1.4. Options de temps

Les Options de Temps définissent les valeurs des différents intervalles des simulations de longues durées. Ces options sont les suivantes (les données temporelles peuvent être exprimées en heures ou en notation heures : minutes : secondes) :

Option	Description
Durée Totale	Durée totale d'une simulation en heures. Utilisez 0 pour exécuter une simulation d'écoulement permanent, ou bien pour un instant déterminé.
Intervalle Hydraulique	Intervalle de temps entre deux calculs successifs du système hydraulique. La valeur par défaut est 1 heure.
Intervalle Qualité	Intervalle de temps de qualité, c'est à dire la durée entre deux calculs de l'état et de la qualité des volumes élémentaires d'eau. La valeur par défaut est 5 minutes (0 :05 heures).
Intervalle Courbes Modulation	Intervalle de temps utilisé dans les courbes de modulation. La valeur par défaut est 1 heure.
Heure Début Courbes Modulation	Heure à laquelle la simulation commence (par exemple, une valeur 2 signifie que la simulation commence avec le début de l'heure 2 des courbes de modulation). La valeur par défaut est 0.
Pas de Temps Entre Deux Rapports	Intervalle de temps entre deux rapports de résultats ou de deux points sur les graphes d'évolution des paramètres. La valeur par défaut est 1 heure.
Heure Début du Rapport	Heure de la simulation à laquelle le rapport commence. La valeur par défaut est 0 (début de la simulation).
Heure Réelle Début de la Simulation	Heure réelle du début de la simulation (par exemple 7:30 AM, 10 :00 PM). La valeur par défaut est 12 :00 AM (minuit).
Statistiques.	Détermine l'information statistique à afficher dans le rapport résumant les résultats d'une simulation sur une longue durée. Vous avez le choix entre : <ul style="list-style-type: none"> <li>. <b>Aucune</b> (rapport des résultats à chaque pas de temps entre deux rapports)</li> <li>. <b>Moyennes</b> (rapport des moyennes des résultats)</li> <li>. <b>Minimum</b> (valeur minimale des résultats)</li> <li>. <b>Maximum</b> (valeur maximale des résultats)</li> <li>. <b>Amplitude</b> (différence entre les résultats maximaux et minimaux)</li> </ul> Le programme calcule les informations statistiques de tous les résultats des noeuds et des arcs entre l'Heure de Début du Rapport et l'heure finale de la simulation



**Nota :** Pour exécuter une simulation d'écoulement permanent introduisez la valeur 0 comme Durée Totale. Dans ce cas, aucune des autres options ne s'applique, sauf l'Heure du début de la Simulation. Les analyses de qualité requièrent une simulation sur une longue durée.

Il est conseillé d'uniformiser les différents pas de temps (intervalle hydraulique, intervalle qualité et pas de temps entre deux rapports) pour pouvoir connaître les évolutions des paramètres dans les différents rapports et graphes d'évolution. Un pas de temps entre deux rapports de 1 h ne permet pas de connaître les évolutions de la demande en un point pour un calcul hydraulique de 10 minutes. Cette remarque s'applique également aux intervalles de temps des courbes de modulations.


#### IV.1.5. Options de l'énergie


Les Options d'Énergie offrent des valeurs par défaut pour calculer l'énergie et le coût de fonctionnement des pompes. Les options sont les suivantes :

Option	Description
Rendement des Pompes (%)	Le rendement des pompes par défaut.
Prix de l'Énergie / kWh	Prix de l'énergie par kWh. Il n'y a pas de spécification de monnaie.
Courbe Modulation de Prix	Etiquette d'identification de la courbe de modulation décrivant la variation du prix de l'énergie pendant la journée. Laissez vide si non applicable.
Prix de la Demande Maximale	Prix par kW de la puissance maximale demandée ; correspond au coût additionnel payé pour la demande maximale du réseau par kW (Dans certains pays, le prix par kW dépend de la puissance contractée et non de la puissance maximale demandée).

#### IV.2 Lancer une simulation

Pour Lancer une Simulation hydraulique ou de qualité :

1. Sélectionnez Projet >> **Lancer la Simulation** de la barre de menu ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils standard.
2. Vous pouvez suivre l'exécution des calculs dans la fenêtre État de la Simulation.
3. Cliquez sur **Accepter** quand les calculs sont terminés.

Si la simulation a réussi vous verrez l'icône  dans la Barre d'État en bas de l'environnement de travail d'EPANET. Vous pouvez lire les messages éventuels d'erreur ou d'avertissement dans la fenêtre du Rapport d'État. Si le réseau est modifié après un calcul réussi, le robinet apparaît cassé pour indiquer que les résultats peuvent être non valables.

### IV.3 Résoudre les problèmes

EPANET affiche des messages spécifiques, soit des messages d'avertissement soit des messages d'erreur, quand le programme est confronté à des problèmes Lors de l'exécution d'une analyse hydraulique ou d'une analyse de la qualité. Les problèmes les plus fréquents sont expliqués ci-dessous :

Les pompes ne peuvent pas fournir le débit ou la charge hydraulique demandée.

EPANET affiche un message d'avertissement si la demande au niveau d'une pompe excède les valeurs de sa courbe caractéristique. De même, si la demande au niveau d'une pompe dépasse la charge hydraulique à débit nul, EPANET arrête la pompe. Ceci peut entraîner la déconnexion de certaines parties du réseau des sources d'eau.

#### **Le réseau est déconnecté**

EPANET considère un réseau comme déconnecté s'il est impossible de fournir de l'eau aux noeuds de demande. C'est le cas s'il n'y a pas de connexion ouverte entre ce noeud de demande et une bêche, un réservoir ou un noeud avec une demande négative. Si la cause du problème est la fermeture d'un arc, EPANET continue le calcul pour trouver une solution hydraulique (probablement avec des pressions négatives extrêmement grandes) et mentionne l'arc origine du problème dans le Rapport d'État. Si la cause du problème est l'absence d'un arc, EPANET ne peut pas résoudre les calculs hydrauliques de débits et de pressions et affiche le message d'Erreur 110. Lors d'une simulation de longue durée, il est possible que certains noeuds soient déconnectés par des modifications dans les arcs.

#### **Il y a des pressions négatives**

EPANET affiche un message d'avertissement s'il trouve des pressions négatives dans des noeuds où la demande est positive. Cela indique un problème dans l'organisation ou l'exploitation du réseau. Les pressions négatives peuvent apparaître dans certaines parties du réseau ne recevant de l'eau que par des arcs fermés. Dans ce cas, vous verrez également un message avertissant qu'une partie du réseau est déconnectée.

#### **Système non équilibré**

Le système n'atteint pas l'équilibre si EPANET ne peut pas converger vers une solution hydraulique en un nombre prédéterminé d'itérations. Cette situation peut se produire dans le cas où les vannes, les pompes ou les tuyaux avec clapet anti-retour n'arrêteraient pas de s'ouvrir et de se fermer entre les différentes itérations. Par exemple, il est possible que les bornes de pression qui contrôlent le fonctionnement de la pompe se rapprochent trop entre elles; ou bien, que la courbe caractéristique d'une pompe soit trop plate, la pompe est ainsi constamment arrêtée et remise en marche.

Pour équilibrer le système, on peut augmenter le nombre maximum d'itérations ou diminuer la précision de convergence. Ces deux paramètres peuvent être adaptés dans le menu Options Hydrauliques. Si le système n'atteint pas l'équilibre, vous pouvez utiliser une autre option, identifiée comme "À Défaut d'Équilibre", qui propose deux possibilités pour résoudre le problème. La première est d'arrêter le calcul à l'instant où le déséquilibre est détecté. La seconde est d'exécuter 10 itérations supplémentaires, avec l'état des arcs "fixé" à leurs valeurs actuelles, pour essayer ainsi d'atteindre la convergence. Si le système atteint un équilibre de cette manière, un message d'avertissement vous indique un possible instabilité du système. Si le système ne converge pas, EPANET avertit l'utilisateur d'un

message "Système déséquilibré". Dans les deux cas, le calcul continue sur l'intervalle de temps suivant.

Si le système reste déséquilibré pendant une simulation, l'utilisateur doit comprendre que les résultats qui sortent de l'analyse ne sont pas fiables. Selon les circonstances, par exemple, des erreurs dans les flux entrant dans les réservoirs, peuvent influencer tous les résultats des périodes suivantes.

#### Equations sans solution

EPANET affiche une Erreur 110 si à un instant donné du calcul s'il n'y a pas de solution pour les équations d'équilibre et de conservation des flux et de l'énergie du réseau. Cet état peut arriver si une partie du système demande de l'eau sans qu'il y ait une connexion physique avec une source d'eau. Dans ces cas particuliers, vous verrez également un message avertissant qu'une partie du réseau est déconnectée. L'absence de solution peut aussi être la conséquence de valeurs irréalistes pour certaines propriétés du réseau.

## V - PRESENTATION DES RESULTATS

### V.1 Affichage des résultats sur le schéma

#### Effectuer une requête dans le schéma

À l'aide d'une Requête dans le Schéma, vous pouvez localiser des éléments dans le réseau correspondant à des critères spécifiques (par exemple noeuds avec une pression inférieure à 20 m, arcs avec une vitesse supérieure à 1 m/s, etc.). Voir L'exemple dans la Figure V.1. Pour effectuer une requête dans le schéma :

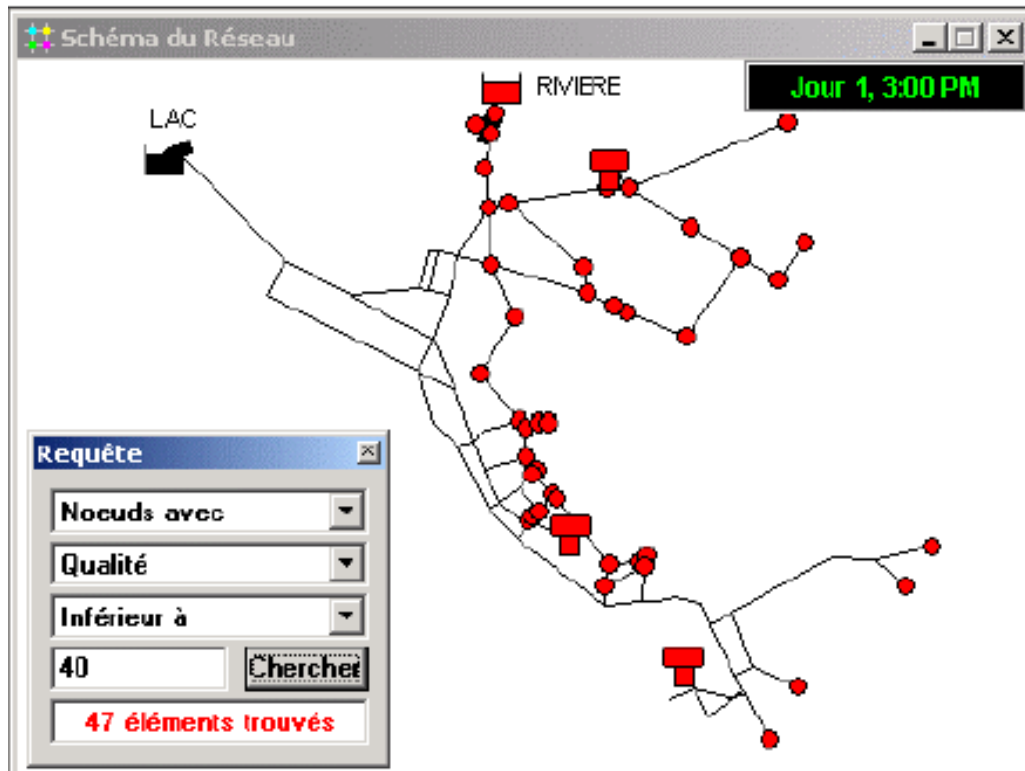


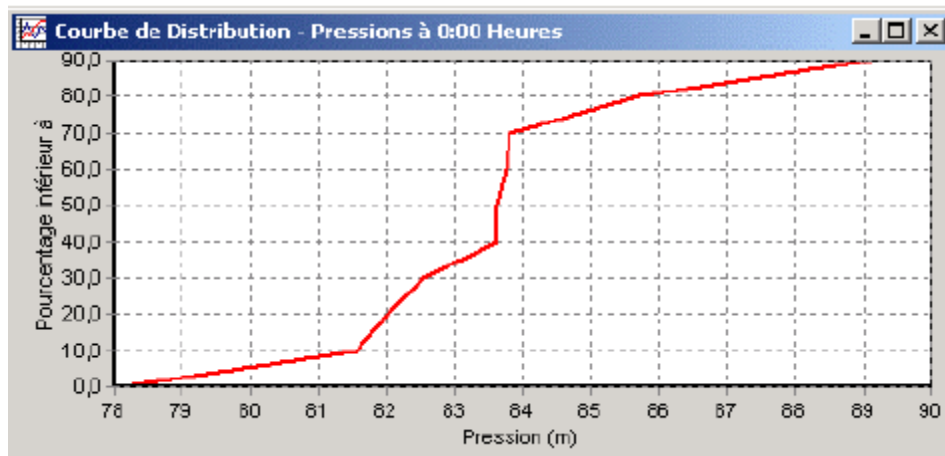
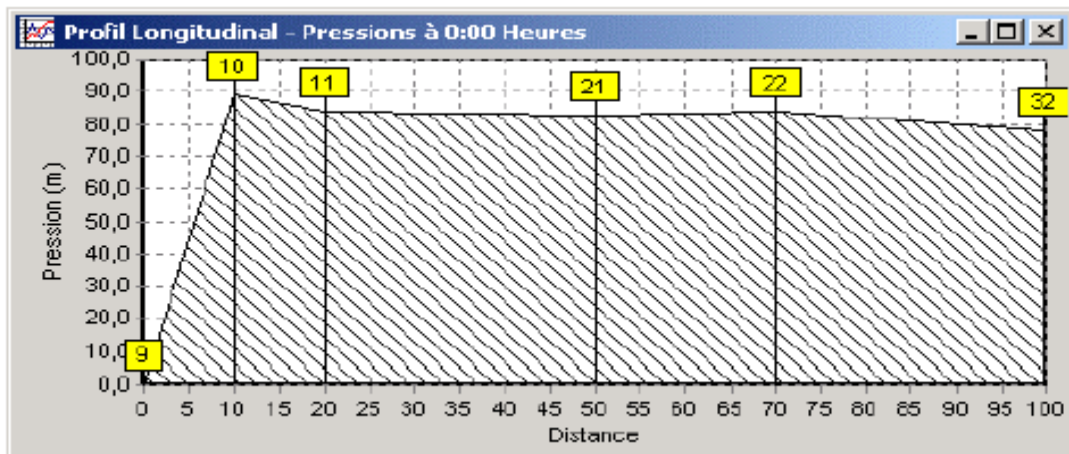
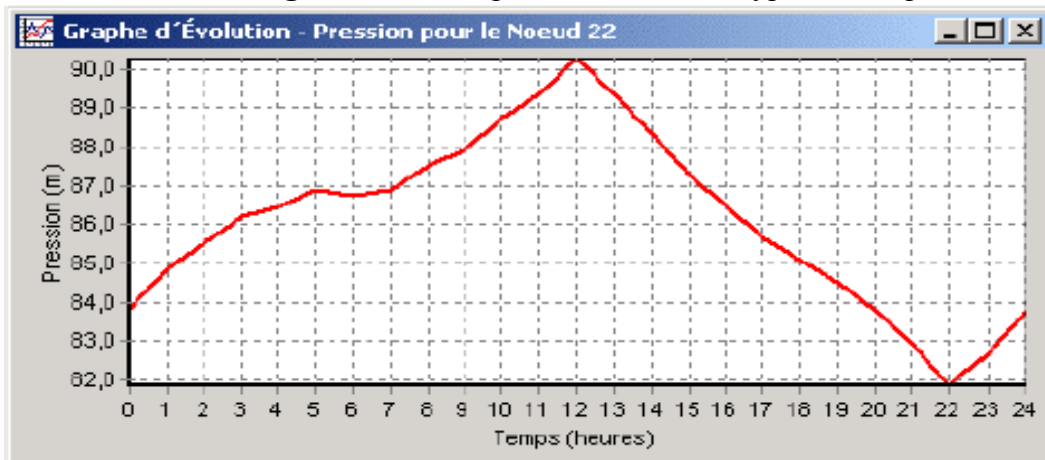
Figure V.1 Résultat d'une Requête dans le Schéma

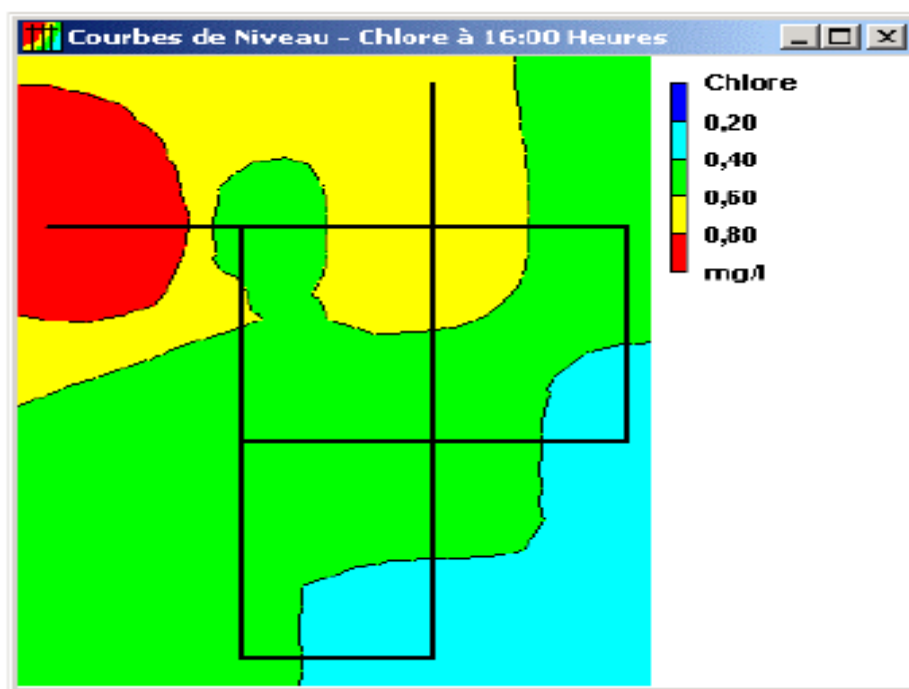
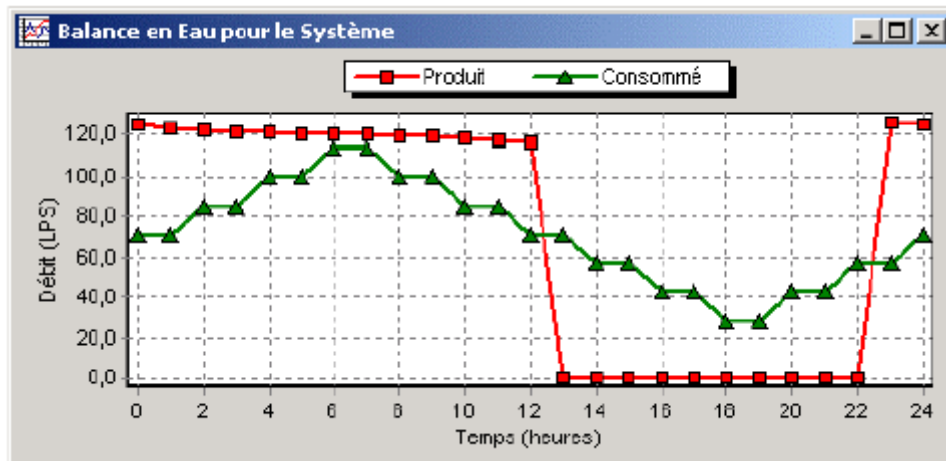
1. Dans le Navigateur du Schéma à l'onglet, « temps » sélectionnez L'heure à laquelle vous souhaitez appliquer la requête.
2. Sélectionnez **Affichage >> Requête**. ou cliquez sur le bouton dans la barre d'outils du schéma.
3. Introduisez les informations suivantes dans la boîte de dialogue de Requête:
  - . Choisissez noeuds ou arcs
  - . Sélectionnez le paramètre à comparer
  - . Sélectionnez, **Inférieur à**, **Égal à** ou **Supérieur à**
  - . Introduisez la valeur avec laquelle se fera la comparaison
4. Cliquez sur le bouton **Chercher**. Les objets qui répondent au critère seront détachés dans le schéma.
5. Si vous sélectionnez une nouvelle période dans le navigateur, les résultats de la requête sont adaptés automatiquement.
6. Vous pouvez effectuer une nouvelle requête à l'aide de la boîte de dialogue ou vous pouvez la fermer en cliquant sur le bouton du coin supérieur droit de la fenêtre.

Après la fermeture de la boîte de Requête, le schéma réapparaît comme précédemment.

## V.2 Affichage des résultats à l'aide d'un graphique

Figure V.2 Exemples des différents Types de Graphes





Pour créer un Graphique :

1. Sélectionnez **Rapport >> Graphique**. De la barre de menu ou cliquez sur le bouton dans la barre d'outils standard.
2. Faites votre choix dans la boîte de dialogue de Sélection du Graphique.
3. Cliquez sur **Accepter** pour créer le graphique. La boîte de dialogue de Sélection du Graphique, représentée dans la Figure V.3, s'utilise pour sélectionner le type de graphique et son contenu.

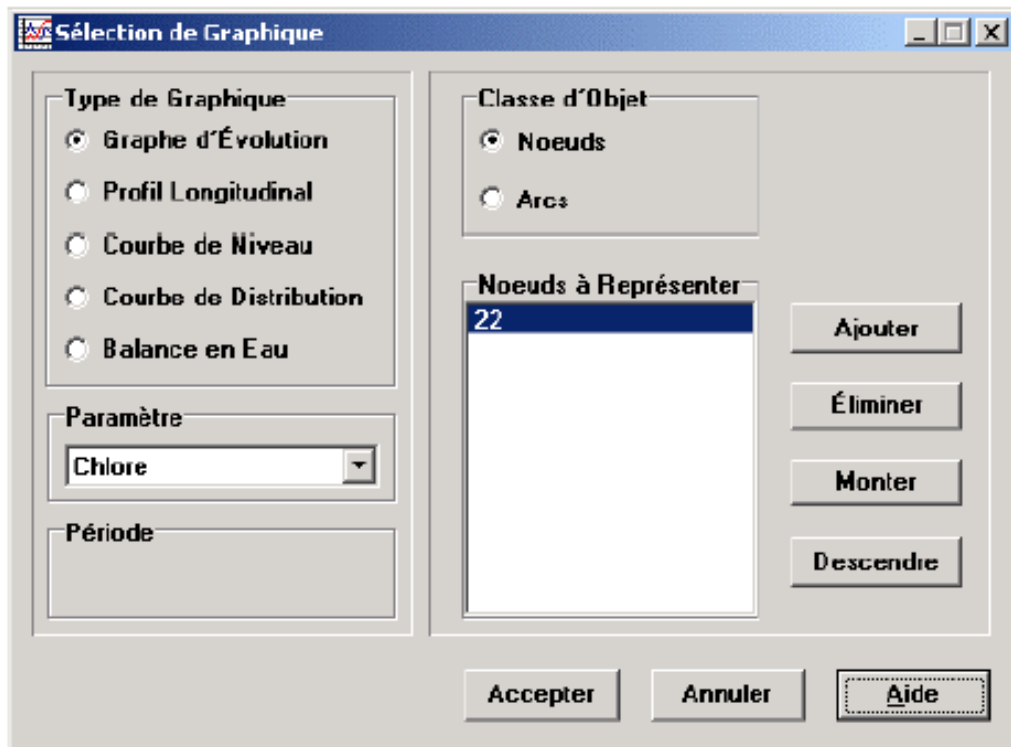


Figure V.3 Boîte de Dialogue Sélection du Graphique

Pour les profils longitudinaux ou les graphes d'évolution il est nécessaire de sélectionner les objets à représenter. Pour sélectionner des objets dans la boîte de dialogue de Sélection du Graphique:

1. Sélectionnez l'objet (noeud ou arc) soit dans le schéma du réseau soit Dans le navigateur des données. (La boîte de dialogue de Sélection du Graphique reste visible pendant que vous faites la sélection).
2. Cliquez sur le bouton **Ajouter** dans la boîte de dialogue de Sélection du Graphique pour ajouter les objets sélectionnés à la liste.

Il est également possible de faire glisser l'objet sélectionné du navigateur des données à la barre de titre de la boîte de dialogue de sélection ou directement à la boîte des objets sélectionnés.

Pour personnaliser l'aspect du graphique:

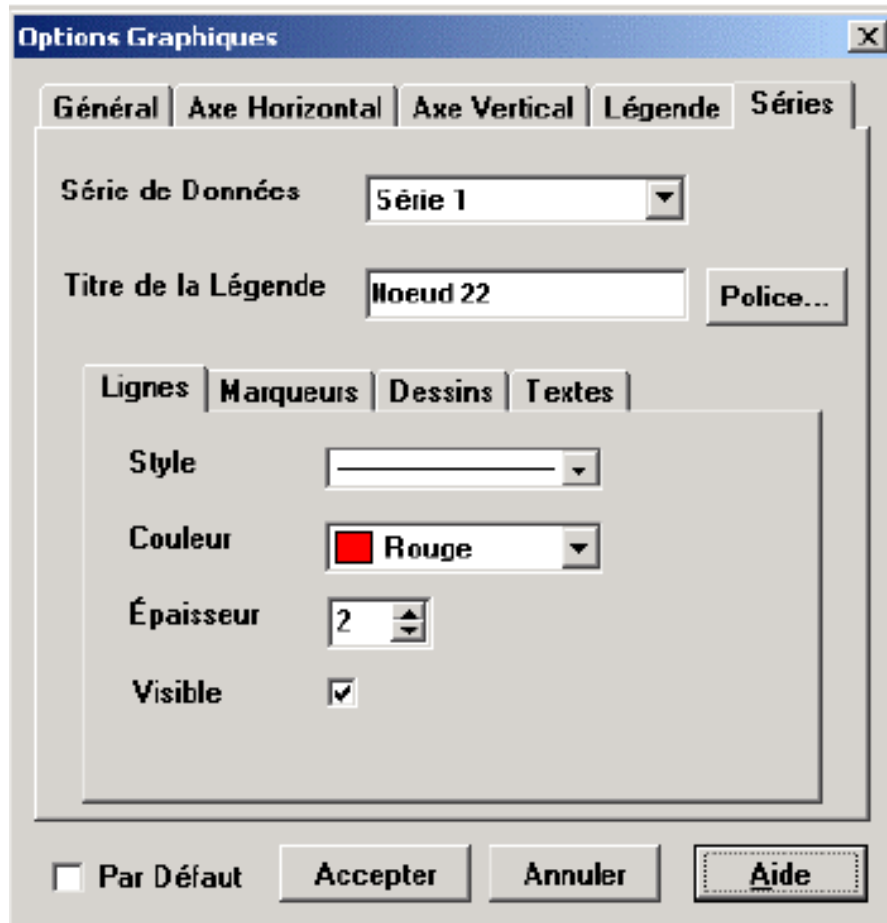


Figure V.4 Boîte de Dialogue d'Options Graphiques

### V.3 Affichage des résultats dans un tableau

L'affichage des données de base et des résultats d'une simulation se fait en tableau sous deux formes :

- . Tableau des Éléments du Réseau liste des propriétés et des résultats à tous les noeuds (ou arcs) à un temps déterminé de la simulation.
- . Tableau d'Évolution liste des propriétés et des résultats d'un noeud (ou arc) pendant toute la simulation.

ID Noeud	Demande LPS	Charge m	Pression m	Chlore mg/l
Noeud 10	0,00	308,32	91,32	1,00
Noeud 11	14,00	303,11	86,11	0,87
Noeud 12	14,00	299,43	85,43	0,80
Noeud 13	8,40	298,69	86,69	0,47
Noeud 21	14,00	298,74	84,74	0,76
Noeud 22	18,20	298,47	86,47	0,51
Noeud 23	14,00	298,34	88,34	0,29
Noeud 31	8,40	297,07	83,07	0,55

Figure V.5 Exemple de Tableau de Noeuds d'un Réseau



## V.4 Rapports spéciaux

En plus des tableaux et graphiques, EPANET permet de visualiser les données et les résultats dans un ensemble de Rapports Spéciaux. Ces rapports sont :

- . Rapport d'état
- . Rapport d'énergie
- . Rapport de calage
- . Rapport des réactions
- . Rapport complet

Tous ces rapports peuvent être imprimés, copiés dans un fichier ou copié dans le presse-papiers de Windows (sauf le Rapport Complet, qui ne peut être copié que dans un fichier.)

### V.4.1 Rapport d'état

EPANET écrit tous les messages d'erreurs et d'avertissements générés lors de la simulation dans un Rapport d'État (voir la Figure V.6). Des informations additionnelles sur les changements d'état des différents éléments du système peuvent être également mentionnées dans ce Rapport, si l'option Rapport d'État dans les Options Hydrauliques du projet est mise à Oui ou Détaillé. Pour voir le rapport d'état de la simulation la plus récente, sélectionnez **Rapport >> État** dans le menu principal.

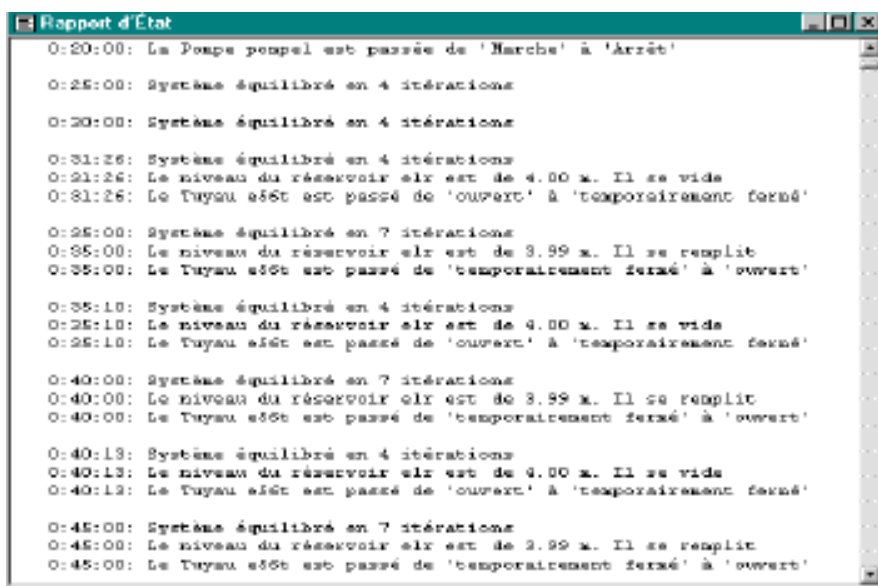


Figure 9.6 Extrait d'un Rapport d'État

### 9.4.2. Rapport d'énergie

EPANET peut afficher les statistiques sur la consommation d'énergie de chaque pompe et le coût de cette consommation pour la durée de la simulation dans un Rapport d'Énergie (voir la Figure V.7). Pour générer un rapport d'énergie, sélectionnez **Rapport >> Énergie** dans le menu principal. Le rapport est constitué de deux rubriques. La rubrique Tableau affiche sous forme de tableau la consommation d'énergie pour chaque pompe. A la fin du tableau le coût total et le prix de la demande maximale sont calculés. La rubrique Histogramme permet de comparer les consommations sélectionnées dans la fenêtre à gauche à

l'aide d'un histogramme.

Pompe	Pourcentage Utilisation	Rendement Moyen	kWh /Mgal	P. Moyenne kW	P. Maximale kW	Coût /jour
10	58,33	75,00	313,57	62,06	62,76	0,00
335	28,74	75,00	394,08	309,38	310,79	0,00
Coût Total						0,00
Prix Demande Maximale						0,00

Figure V.7 Exemple de Rapport d'Énergie

### V.4.3. Rapport de calage

Le Rapport de Calage juxtapose les résultats de la simulation d'EPANET aux mesures réalisées sur le terrain. Pour créer un Rapport de Calage :

1. Vérifiez que les données de calage du paramètre sont déclarées dans le projet .
2. Sélectionnez **Rapport >> Calage** du menu principal.
3. Dans la boîte de dialogue Options du Rapport de Calage qui apparaît:
  - . sélectionnez le paramètre que vous voulez caler;
  - . sélectionnez les points de mesure que vous voulez utiliser dans le rapport.
4. Cliquez sur **Accepter** pour créer le rapport.

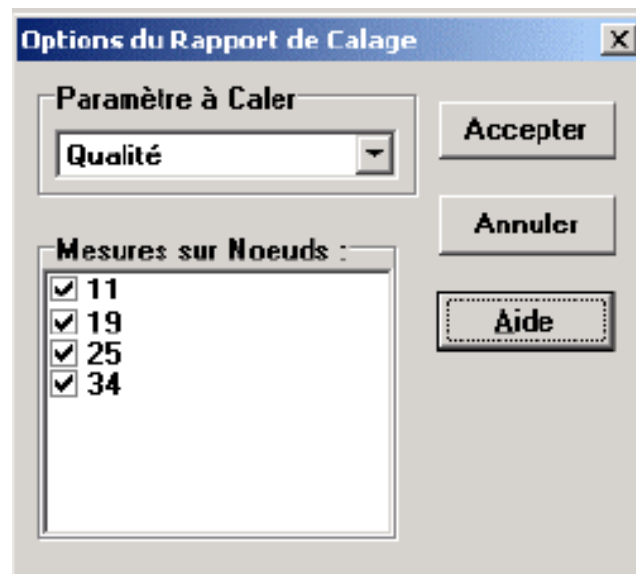


Figure V.8 Boîte de Dialogue Options du Rapport de Calage

#### V.4.4. Rapport de réactions

Un Rapport de Réactions pour chaque modélisation d'un paramètre de qualité de l'eau, affiche graphiquement les vitesses moyennes des réactions qui s'effectuent dans:

- . la masse d'eau
- . les parois des tuyaux
- . les réservoirs de stockage

Un diagramme à secteurs indique quelle est la contribution (en pourcentage) de chacune de ces trois phases dans la vitesse de réaction globale. La légende du diagramme affiche les vitesses moyennes pour chaque zone, en unités de masse par jour. La vitesse d'entrée de la substance dans le système s'affiche dans les mêmes unités en bas du diagramme.

Les informations contenues dans le rapport de réactions vous permettent de voir le mécanisme prépondérant dans l'accroissement ou la décomposition d'une substance dans le réseau. Par exemple, si on constate que le chlore se décompose surtout dans les réservoirs, et non aux parois des tuyaux, on peut supposer que changer le régime de nettoyage ou remplacer des tuyaux aura peu d'effet positif sur la concentration en chlore.

#### V.4.5. Rapport complet

Quand l'icône apparaît dans la Barre d'État, vous pouvez enregistrer un rapport des résultats calculés pour chaque noeud, arc et intervalle de temps en sélectionnant Rapport >> **Complet** dans le menu principal. Ce rapport est affichable et imprimable, qu'on peut afficher ou imprimer hors de L'environnement d'EPANET à l'aide d'un éditeur de textes ou d'un logiciel de traitement de textes. Il contient les informations suivantes :

- . Le titre du projet et les notes
- . un tableau dans lequel figurent les noeuds extrêmes, la longueur, le diamètre de chaque arc
- . un tableau reprenant les statistiques de consommation d'énergie de chaque pompe
- . Deux tableaux pour chaque pas de temps qui contenant les valeurs calculées à chaque noeud (demande, charge, pression et qualité) et à chaque arc (débit, vitesse, perte de charge et état).

Ce type de rapport est utile principalement pour les réseaux de petite ou moyenne taille pour rassembler l'ensemble des résultats finaux de simulation. En effet, les fichiers de rapports complets pour les réseaux plus vastes avec de nombreux intervalles de temps sont très volumineux (plusieurs Mega Octets). Les autres types de rapports décrits dans ce chapitre servent à afficher les résultats calculés de manière plus sélective.

## VI-IMPORTATION ET EXPORTATION

### VI.1 Scénarios d'un projet

Le Scénario d'un Projet consiste en un ensemble de données qui caractérisent les conditions actuelles sous lesquelles on simule le comportement d'un réseau. Un scénario contient une ou plusieurs catégories de données suivantes:

- . Les Demandes à tous les noeuds (la demande de base et la courbe de modulation de demande de chaque catégorie de demande)
- . La Qualité Initiale de l'eau à tous les noeuds
- . Les Diamètres de tous les tuyaux
- . Les Coefficients de Rugosité de tous les tuyaux
- . Les Coefficients de Réaction (dans la masse d'eau et aux parois) de tous les tuyaux
- . Les Commandes Simples et Élaborées

EPANET compile un scénario basé sur toutes les catégories mentionnées ci-dessus ou seulement sur quelques-unes, enregistre le scénario dans un fichier, et ouvre le scénario ultérieurement.

Les scénarii permettent d'effectuer une analyse plus performante et plus systématique des différentes alternatives de conception et de fonctionnement du réseau. Ainsi, ils permettent d'acquérir une meilleure compréhension de l'impact des différentes conditions de charge (par exemple), en cherchant les optima des différents paramètres (calage par exemple), et en évaluant les conséquences des modifications de politiques d'exploitation du réseau. Les fichiers du scénario sont enregistrés sous le format ASCII, avec l'extension .scn, et peuvent être créés et modifiés hors d'EPANET à l'aide d'un éditeur de texte ou d'un tableur.

### V1.2 Exportation d'un scénario

Pour Exporter un Scénario d'un Projet dans un fichier au format texte:

1. Sélectionnez **Fichier >> Exporter >> Scénario.** dans le menu principal.
2. Dans la boîte de dialogue Exportation d'un Scénario (voir la Figure V1.1) sélectionnez les catégories de données que vous voulez exporter.
3. Saisissez une description du scénario dans la zone de texte Notes. Cette description est facultative.
4. Cliquez sur le bouton **Accepter** pour confirmer vos sélections.
5. Dans la boîte de dialogue Enregistrer Scénario sous, sélectionnez le répertoire et le nom du fichier de scénario. L'extension par défaut des fichiers de scénario est .SCN.
6. Cliquez sur **Accepter** pour compléter l'exportation.

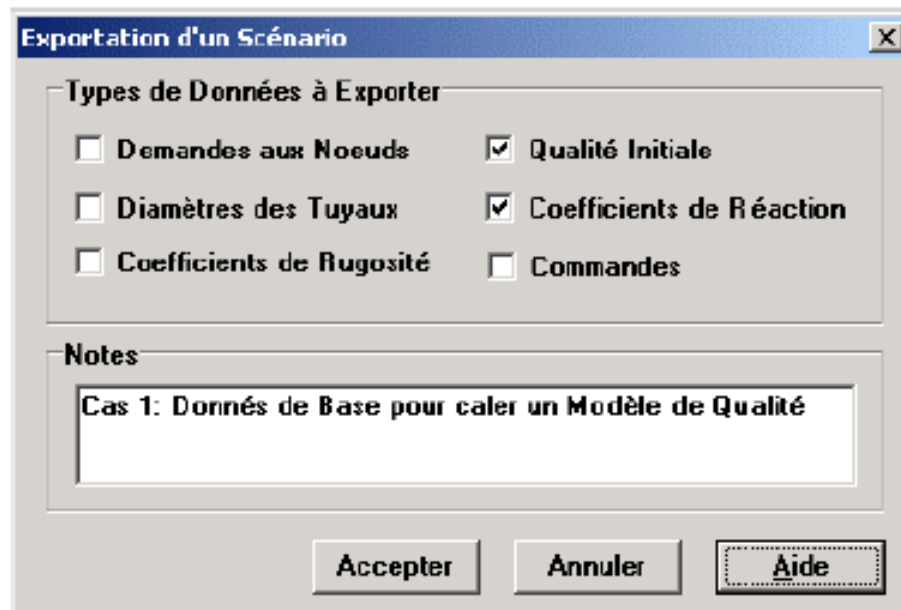


Figure V1.1 Boîte de Dialogue d'Exportation de Scénario

Le scénario exporté peut être réimporté dans le projet selon la procédure décrite dans la section ci-dessous.

### V1.3 Importation d'un scénario

Pour Importer un scénario dans un projet à partir d'un fichier:

1. Sélectionnez Fichier >> **Importer** >> **Scénario**. Dans le menu principal.
2. Sélectionnez le fichier à importer dans la boîte de dialogue Ouvrir Fichier. Dans la zone de texte Contenu de cette boîte de dialogue vous pouvez lire les premières lignes du fichier sélectionné (pour faciliter la localisation du fichier désiré).
3. Cliquez sur le bouton **Accepter** pour confirmer votre sélection. Les données du fichier de scénario remplacent automatiquement toutes les données correspondantes du projet en cours.

i

### VI.4 Importation d'une partie d'un réseau

EPANET offre la possibilité d'importer une description géométrique d'un réseau à partir d'un fichier au format texte. Cette description contient simplement les étiquettes d'identification et les coordonnées des noeuds, les étiquettes d'identification des arcs, et les étiquettes d'identification des noeuds aux extrémités des arcs (les sommets déterminant le tracé d'un arc brisé peuvent être aussi inclus). Ceci facilite l'importation du réseau à partir d'autres programmes, comme les logiciels de CAO et de SIG, où le tracé du réseau est numérisé.

La forme d'un fichier décrivant une partie d'un réseau est détaillée ci-dessous.

Le texte entre crochets (< >) décrit le type d'information à renseigner dans la ligne du fichier correspondante :

[TITLE]

<Description optionnelle du fichier>

[JUNCTIONS]

<Étiquette d'identification de chaque noeud de demande>

[PIPE]

<Étiquette d'identification de chaque tuyau, suivie par les étiquettes des noeuds aux extrémités>

[COORDINATES]

<Étiquette d'identification de chaque noeud et ses coordonnées X -Y>

**[VERTICES]**

<Étiquette d'identification et coordonnées X et Y de chaque sommet intermédiaire, dans le cas d'un arc non rectiligne>

Les noms des différentes sections doivent rester en anglais pour maintenir la compatibilité avec la version anglaise.

Notez que seuls les noeuds et les tuyaux figurent dans le fichier. Les autres composants du réseau, comme les bâches et les pompes, peuvent être importés comme noeuds ou arcs et ensuite être remplacés sur le schéma. Ils peuvent aussi être ajoutés ultérieurement. L'utilisateur doit transférer les données présentes d'un fichier d'un système CAO ou SIG dans un fichier texte sous la forme décrite ci-dessus.

Mis à part cette représentation partielle, une spécification complète du réseau peut être enregistrée dans un fichier de texte sous le format utilisé par EPANET pour exporter un projet dans un fichier au format texte. Dans ce cas, le fichier contient aussi des informations sur les propriétés des noeuds et des arcs, (altitude, demandes, diamètre, rugosité, etc).

**11.5 Importation du schéma d'un réseau**

Pour Importer les coordonnées du Schéma d'un Réseau enregistré dans un fichier au format texte, il faut:

1. Sélectionner Fichier >> **Importer** >> **Schéma**. dans le menu principal.
2. Sélectionner le fichier contenant les informations du schéma dans la boîte de dialogue Ouvrir un Schéma.
3. Cliquer sur **Accepter** pour remplacer le schéma actuel par le schéma décrit dans le fichier.

**11.6 Exportation du schéma du réseau**

Vous pouvez enregistrer l'image actuelle du réseau dans un fichier au format DXF (Drawing EX change Format) de Auto desk, dans un fichier au format méta fichier amélioré de Windows (EMF), ou dans un fichier au format texte ASCII d'EPANET (.map). Le format DXF est accessible dans la majorité des programmes de Conception Assistée par Ordinateur (CAO).

Les Méta fichiers peuvent être insérés dans des documents de traitement de texte et peuvent être ouverts dans des programmes de dessin. On peut ainsi modifier leur échelle et les éditer. Les deux formats sont vectoriels de sorte que les images ne perdent pas de résolution quand on change d'échelle.

Pour Exporter le Schéma du Réseau entier sous forme de fichier DXF, de méta-fichier ou de fichier texte :

1. Sélectionnez Fichier >> **Exporter** >> **Schéma**. dans le menu principal.
2. Sélectionnez le format sous lequel vous voulez enregistrer le schéma dans la boîte de dialogue Exportation du Schéma .
3. Si vous sélectionnez le format DXF, vous pouvez choisir la façon dont les noeuds seront représentés : Cercles vides, cercles pleins ou carrés pleins. Certains programmes acceptent le format DXF mais ne reconnaissent pas les commandes pour dessiner des cercles pleins.
4. Après avoir choisi le format, cliquez sur **Accepter** et introduisez le nom du fichier dans la boîte de dialogue Enregistrer le Schéma sous.

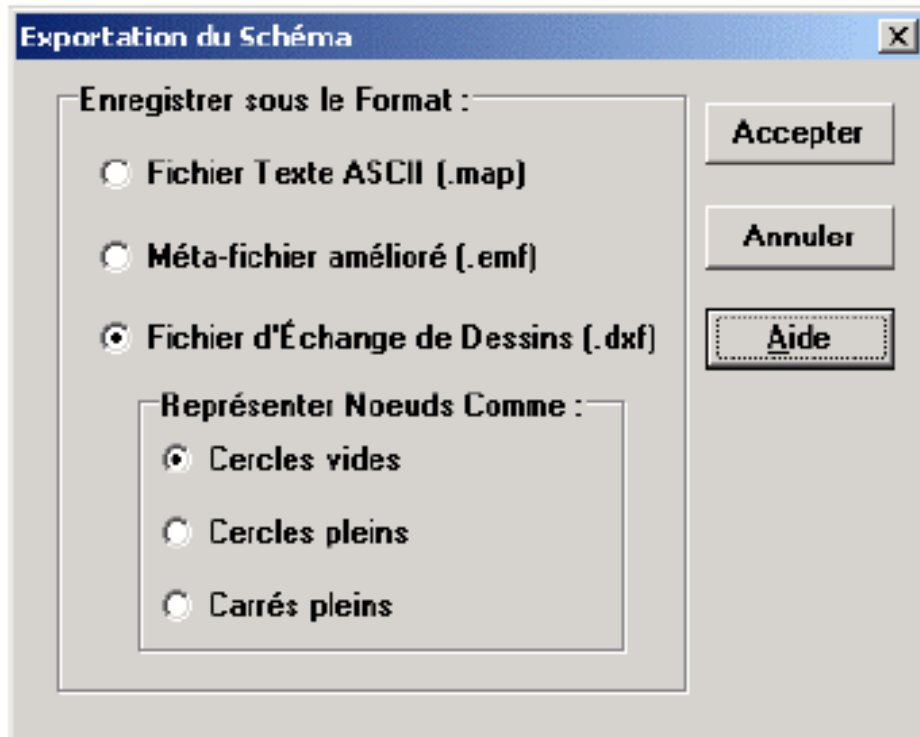


Figure 11.2 Boîte de Dialogue d'Exportation du Schéma

### 11.7 Exportation dans un fichier texte

Pour Exporter les données d'un projet dans un Fichier au format Texte :

1. Sélectionnez Fichier >> **Exporter** >> **Réseau.** dans le menu principal.
2. Dans la boîte de dialogue Enregistrer le Réseau sous, introduisez le nom du fichier (l'extension par défaut est .INP).
3. Cliquez sur **Accepter** pour compléter l'exportation.

Dans ce fichier texte ASCII, les différentes catégories de données sont indiquées par des étiquettes. Vous pouvez ouvrir ce fichier dans EPANET en sélectionnant **Fichier >> Ouvrir.** ou **Fichier >> Importer >> Réseau.** dans le menu principal. Sous ce format, vous pouvez aussi créer une description complète d'un réseau, sans ouvrir EPANET, en utilisant un logiciel de traitement de texte ou un tableur. Il est conseillé d'enregistrer une copie de la base de données de votre projet sous ce format pour avoir une version lisible directement des données. Néanmoins,

pour l'usage courant d'EPANET il est plus efficace d'enregistrer les données sous le format propre EPANET (le format des fichiers .NET) en utilisant les commandes **Fichier >> Enregistrer** ou **Fichier >> Enregistrer sous..** Ce format contient des informations supplémentaires, comme les couleurs et les intervalles des légendes du schéma, les options d'affichage du schéma, les noms déclarés des fichiers de calage, et les options d'impression qui ont été sélectionnées.

## Exemple de Réseau

Il s'agit d'un exemple simple pour montrer la disparition du chlore. Il contient des coefficients de réaction dans la masse d'eau et aux parois.

Nombre de Noeuds 9  
 Nombre de Bâches 1  
 Nombre de Réservoirs 1  
 Nombre d'Arcs 12  
 Nombre de Pompes 1  
 Nombre de Vannes 0  
 Unités de Débit LPS  
 Formule Perte de Charge D-W  
 Paramètre de Qualité Chlore

1- Réservoir de :

X = 50 Y = 90  
 Altitude du radier = 850  
 Niveau initial = 120  
 Niveau minimal = 100  
 Niveau maximal = 150  
 Diamètre = 50.5  
 Model de mélange = parfait  
 Qualité initiale = 1

2- bâche d'eau (source)

X = 10 Y = 70  
 Charge totale = 800  
 Qualité initiale = 1

3- la pompe

Nœud d'aspiration = la bâche      nœud de décharge = 2  
 Courbe caractéristique = 1  
 Etat initial = marche

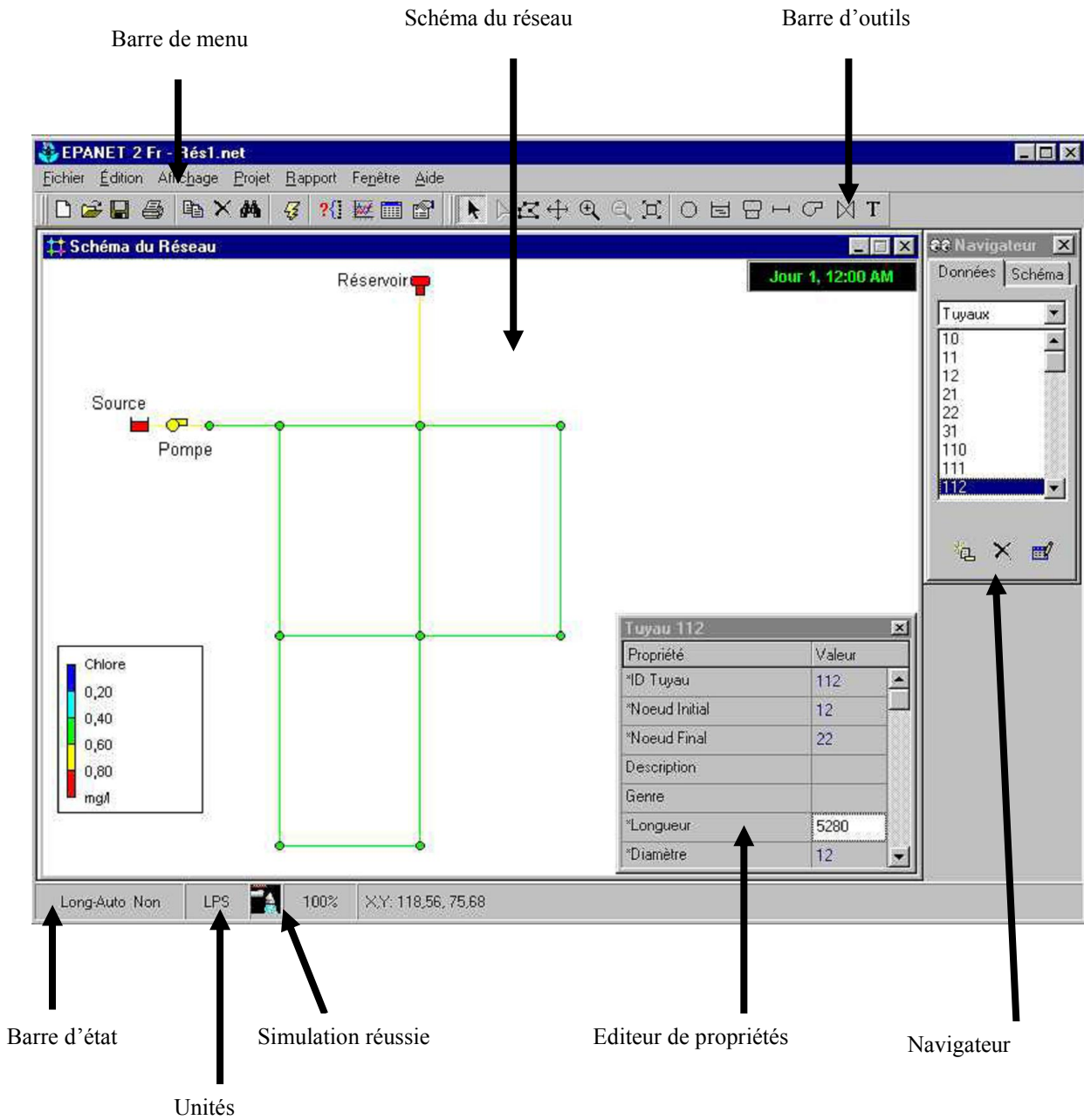
Numéro du noeud	X	Y	Altitude	Demande de base	Catégorie de demande	Qualité initiale
2	20	70	710	0	1	0.5
3	30	70	710	150	1	0.5
4	50	70	700	150	1	0.5
5	70	70	695	100	1	0.5
6	30	40	700	150	1	0.5
7	50	40	695	200	1	0.5
8	70	40	690	150	1	0.5
9	30	10	700	100	1	0.5
10	50	10	710	100	1	0.5















Numéro du tuyau	Nœud initial	Nœud final	Longueur	Diamètre	Rugosité	Coef du perte sing	Etat initial
1	2	3	10530	100	18	0	Ouvert
2	3	4	5280	100	14	0	Ouvert
3	reserv	4	200	100	18	0	ouvert
4	4	5	5280	100	18	0	Ouvert
5	3	6	5280	100	10	0	Ouvert
6	4	7	5280	100	12	0	Ouvert
7	5	8	5280	100	8	0	ouvert
8	6	7	5280	100	10	0	ouvert
9	7	8	5280	100	12	0	ouvert
10	6	9	5280	100	8	0	Ouvert
11	7	10	5280	100	6	0	ouvert
12	9	10	5280	100	6	0	ouvert

## MANIPULER LE LOGICIEL EPANET















1- présentation de l'écran.



## 2-Présentation de la barre d'outils

-  Crée un nouveau projet EPANET
-  Ouvre un projet existant
-  Enregistre le projet actuel
-  Imprime la fenêtre actuelle
-  Copie le contenu de la fenêtre actuellement active dans le presse-papiers ou dans un fichier
-  Efface l'objet sélectionné
-  Localise un objet dans le réseau
-  Exécute une simulation
-  Recherche des éléments dans le réseau qui répondent à des critères spécifiques
-  Reproduit graphiquement les résultats dans une nouvelle fenêtre
-  Reproduit un nouveau tableau des valeurs numériques des résultats
-  Définit les options pour la visualisation du schéma, du rapport, du graphique ou du tableau actuellement actif

### Présentation de la barre d'outils

-  Permet la sélection d'un objet dans le schéma
-  Permet la sélection des sommets du tracé sur le schéma
-  Permet la sélection d'une région limitée dans le schéma
-  Déplace le schéma du réseau
-  Permet de voir le schéma de plus près
-  Permet de voir le schéma de plus loin
-  Redessine la carte en pleine échelle
-  Ajoute un noeud de demande au schéma du réseau
-  Ajoute une bache au schéma du réseau
-  Ajoute un réservoir au schéma
-  Ajoute un tuyau au schéma
-  Ajoute une pompe au schéma
-  Ajoute une vanne de régulation au schéma
-  Ajoute une étiquette au schéma

Définition des objets Arc/Nœuds

**Noeud** : noeud de demande, bêche, réservoir.

**Arc** : tuyau, pompe, vanne de régulation.

Les vannes d'isolement et les clapets anti retour sont inclus dans les propriétés (état initia) des tuyaux

**3-Saisie d'objets.**

Les valeurs précédées d'un astérisque doivent être obligatoirement renseignées.





Propriété	Valeur
*ID Tuyau	112
*Noeud Initial	12
*Noeud Final	22
Description	
Genre	
*Longueur	100
*Diamètre	200
*Rugosité	0,1
Coeff. Pertes Singul.	0
État Initial	Ouvert
Coef. Réact. dans la Masse	Ouvert
Coef. Réact. aux Parois	Fermé Clapet A-R
Débit	188,70
Vitesse	0,54
Perte Charge Unitaire	0,19
Facteur de Friction	0,042

Annotations: 'Choix' points to the 'Options' list; 'Editer' points to the edit icon; 'Ajouter' and 'Supprimer' point to the plus and minus icons; 'Valeur par défaut' points to the '0,1' value; 'Choix dans le menu déroulant' points to the 'Ouvert' dropdown; 'Vanne d'isolement' points to the 'Clapet A-R' option; 'Résultats des simulations' points to the highlighted simulation result rows.

**Le navigateur du schéma**



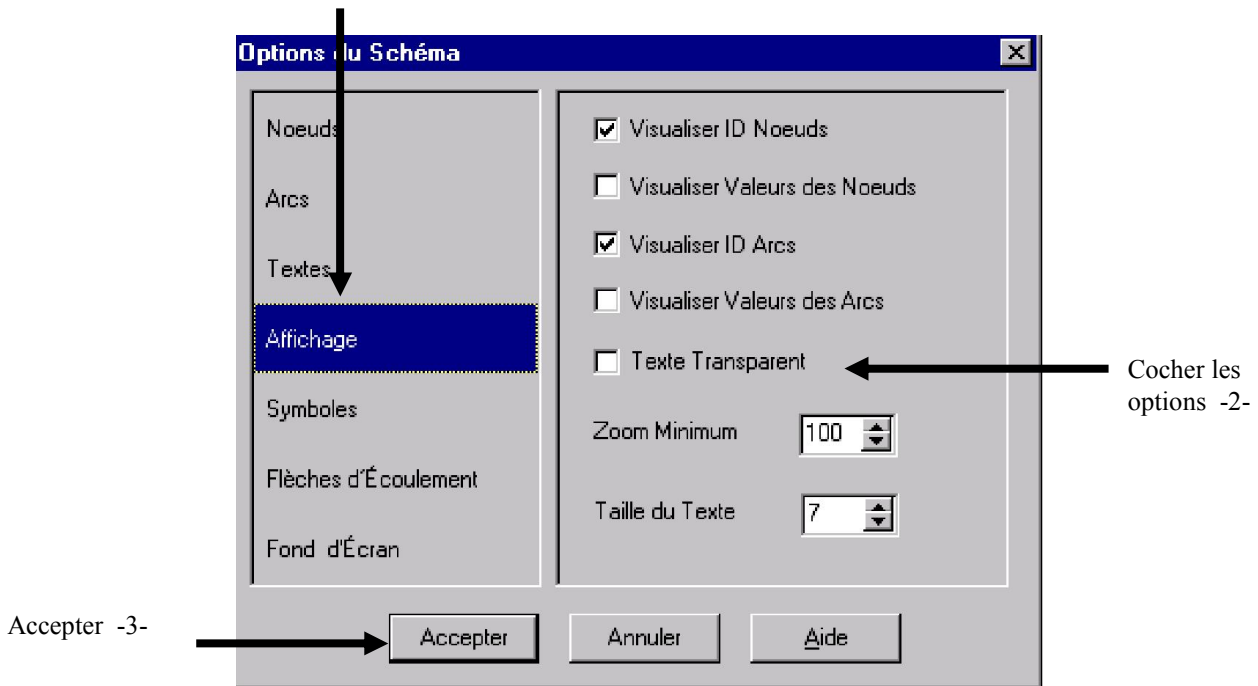
Les boutons dans le navigateur du schéma contrôlant l'animation sont :

-  *Retour au point de départ*
-  *Retour en arrière*
-  *Arrêter l'animation/pause*
-  *Lecture*

#### 4-Visualisation des objets

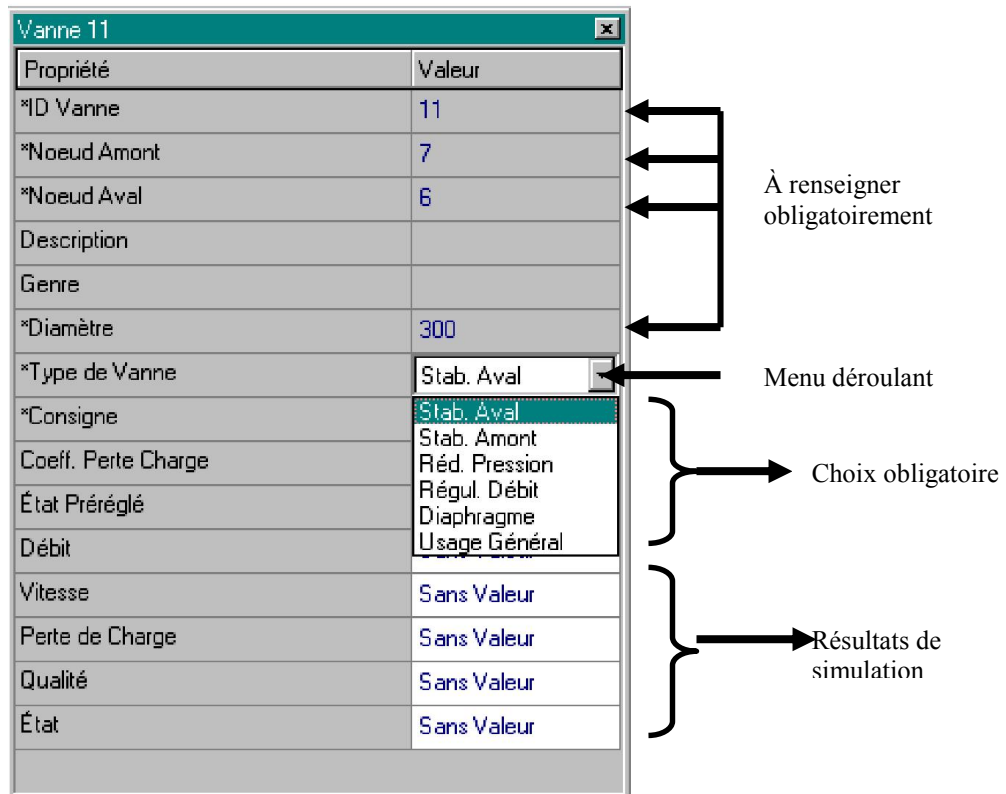
Chemin d'accès : Affichage → Options du schéma

Choix -1-



#### 5-Paramètres de fonctionnement particulier

Vanne de régulation : « Vanne »



Vanne 11	
Propriété	Valeur
*ID Vanne	11
*Noeud Amont	7
*Noeud Aval	6
Description	
Genre	
*Diamètre	300
*Type de Vanne	Stab. Aval
*Consigne	45
Coeff. Perte Charge	0
État Préréglé	En régulation
Débit	En régulation
Vitesse	Ouvert
	Fermé
Perte de Charge	Sans Valeur
Qualité	Sans Valeur
État	Sans Valeur


Valeur de consigne de la grandeur régulée (Pour les unités, se rapporter au tableau de correspondance)

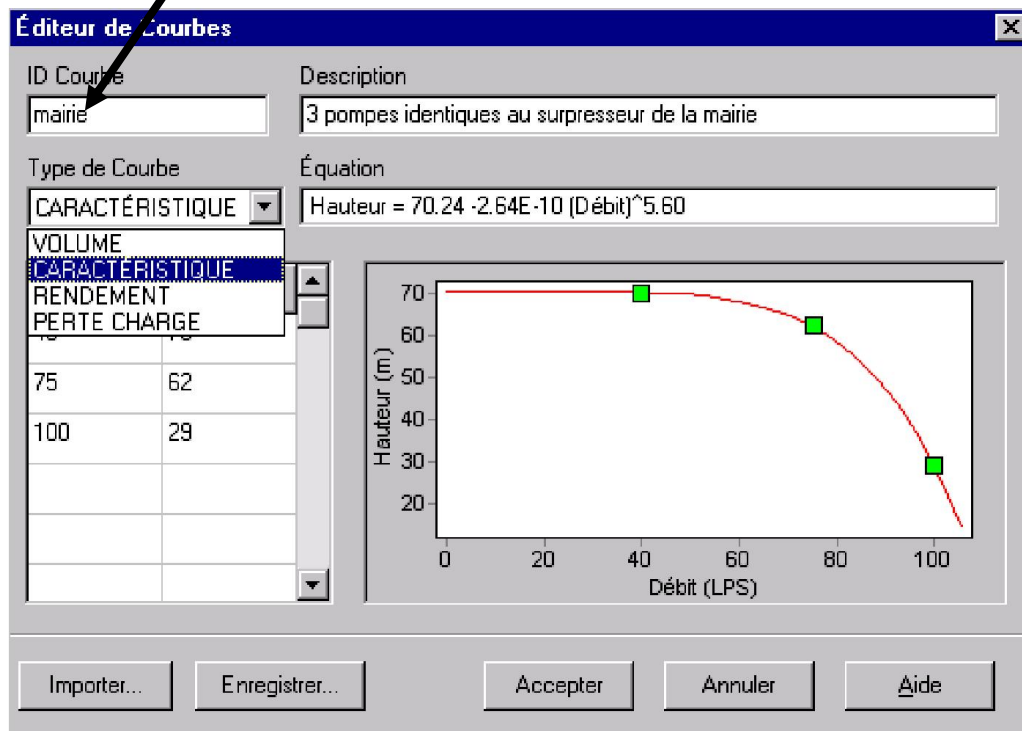
Régulation  
100% ouverte  
100% fermée

### Pompes et courbes caractéristiques

Propriété	Valeur
*ID Pompe	10
*Noeud d'Aspiration	1
*Noeud de Décharge	2
Description	
Genre	
Courbe Caractéristique	mairie
Puissance Nominale	
Vitesse Relative	
Courbe Modul. Vitesse	
État Initial	Marche
Courbe Rendement	Marche Arrêté
Prix de l'Énergie	
Courbe Modul. Prix	
Débit	73.08
Hauteur (-)	-45.76
Qualité	10000
État	Ouvert

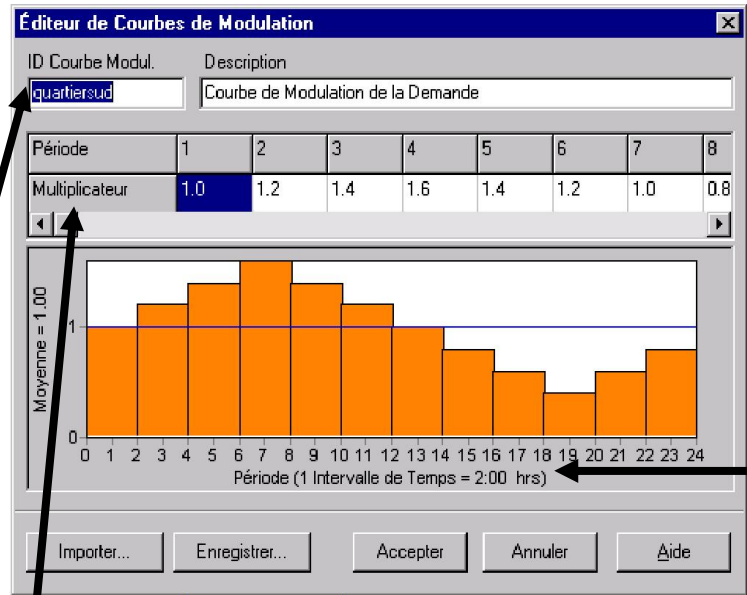
À renseigner  
obligatoirement

Chemin d'accès : dans le navigateur *Données*,  
sélectionnez *Courbes* et cliquez sur 



**Noeud - Variation de la demande de base - courbe de modulation**

Propriété	Valeur
*ID Noeud	école
Coordonnée X	70.00
Coordonnée Y	70.00
Description	
Genre	
*Altitude	212
Demande de Base	6
Courbe Modul. Demande	quartiersud
Catégories de Demande	1
Coeff. de l'Émetteur	
Qualité Initiale	0.5
Qualité de Source	
Demande Actuelle	6.00
Charge	295.76
Pression	83.76
Qualité	0.50



A renseigner

A renseigner

Valeur du résultat rendu par la simulation  
Aucune : ensemble des valeurs

Propriété	Hrs:Min
Durée Totale	72:00
Intervalle Hydraulique	1:00
Intervalle Qualité	0:05
Intervalle Courbes Modulation	6:00
Heure Début Courbes Modulation	0:00
Pas de Temps entre Deux Rapports	1:00
Heure Début du Rapport	0:00
Heure Réelle Début de la Simulation	12 am
Statistiques	Aucune

- Options
- Hydrauliques
- Qualité
- Réactions
- Temps
- Énergie



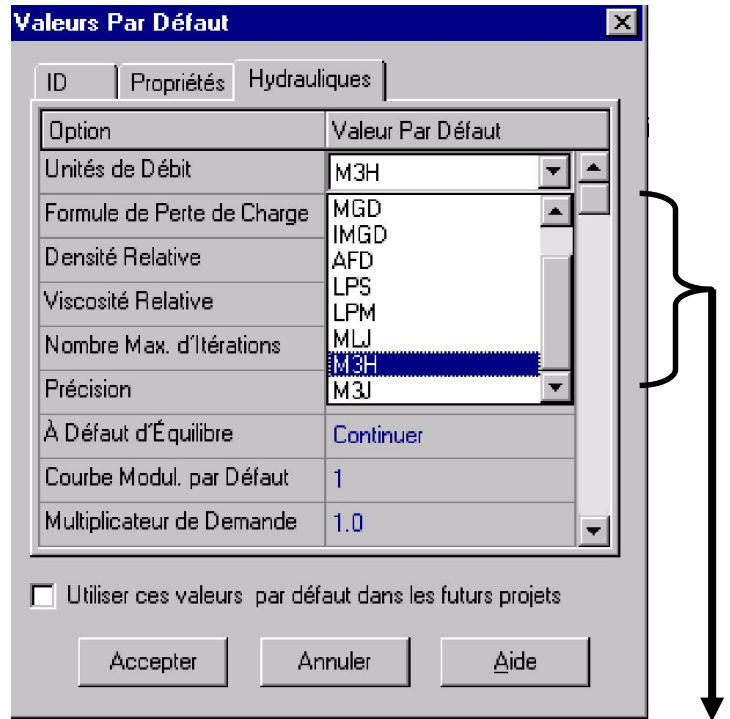
**Simulation de longue durée**

Choix de la durée, des intervalles de temps et de l'heure du début de la simulation. Les heures et durées sont à saisir au format Heures:Minutes

**Paramètres de calcul**

Applicable à un projet ou par défaut

Projet → Par défaut...



Choix des unités de débit

**Commandes simples : syntaxe en anglais uniquement****6 Préférences du programme**

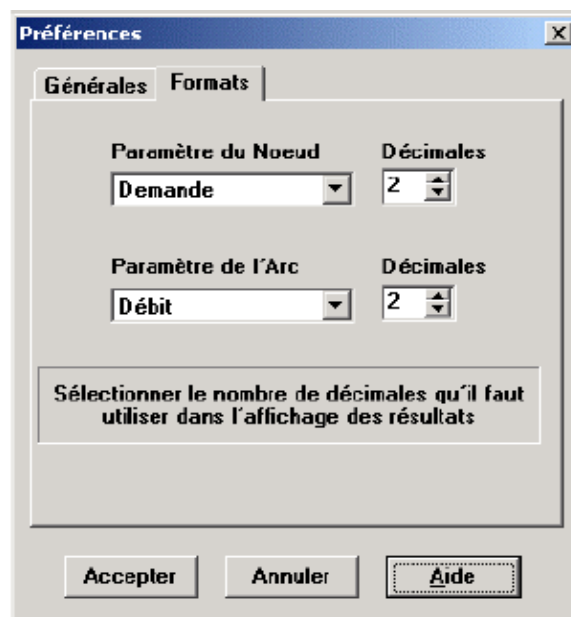
Les Préférences du Programme vous permettent de personnaliser certaines caractéristiques du programme. Pour établir ces préférences choisissez

**Préférences** dans le menu **Fichier**. Il apparaît une boîte de dialogue Préférences avec deux rubriques: une pour les Préférences Générales et une pour les Préférences de Format.

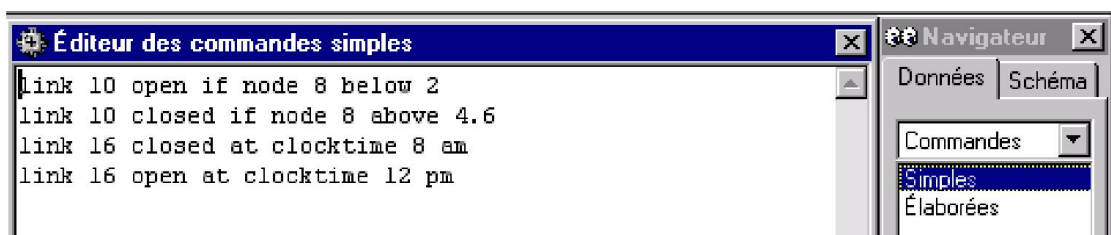
## 6.1. Préférences générales



## 6.2 Options de format



**Commandes simples** : syntaxe en anglais uniquement, choix, modification



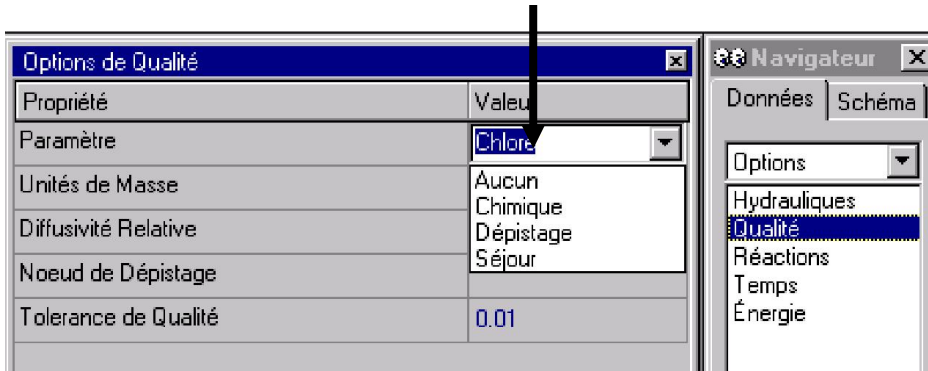
Les Commandes Simples changent l'état ou la configuration de fonctionnement d'un arc en fonction :

- Du niveau d'eau dans un réservoir
- De la pression à un noeud
- Du temps écoulé depuis le début de la simulation
- De l'heure de la journée.

L'heure doit obligatoirement être écrite au format américain (cf. Points particuliers).

## 7 Qualité de l'eau

Choix des paramètres : saisir « Chlore » ou utiliser le menu déroulant



## 8 Légende : Affichage, choix, modification

The screenshot displays the EPANET 2 software interface. The main window shows a network diagram with nodes (10, 11, 12, 13, 21, 22, 23) and pipes (10, 11, 12, 113, 21, 22). A reservoir is labeled 'Réservoir 2'. The simulation date and time are set to 'Jour 1, 10:00 AM'. The 'Légendes' (Legend) menu is open, showing options for 'Noeuds' (Nodes), 'Arcs' (Pipes), and 'Chronomètre' (Chronometer). The 'Modifieur' (Modifier) menu is also open, showing options for 'Noeuds' and 'Arcs'. The 'Navigateur' (Navigator) panel on the right shows the 'Données' (Data) tab selected, with 'Chlore' (Chlorine) selected for the nodes and 'Vitesse' (Velocity) for the pipes. The 'Temps' (Time) dropdown is set to '10:00 Heures'. Two callout boxes with arrows point to the simulation date and time: 'Date et heure de la simulation' and 'Temps écoulé depuis le début de la simulation'.

## 9 Rapport

### Simulation réussie, Indication des changements d'état

The screenshot shows the EPANET software interface. The 'Rapport d'État' window displays the following simulation log:

```

12:45:00: Le niveau du réservoir elr est de 3.96 m. Il se remplit
12:45:00: Le Tuyau e6t est passé de 'temporairement fermé' à 'ouvert'

12:45:33: Système équilibré en 4 itérations
12:45:33: Le niveau du réservoir elr est de 4.00 m. Il se vide
12:45:33: Le Tuyau e6t est passé de 'ouvert' à 'temporairement fermé'

12:50:00: Système équilibré en 6 itérations
12:50:00: Le Tuyau e6t est passé de 'temporairement fermé' à 'ouvert'
12:50:00: La Pompe pompel est passée de 'Marche' à 'Arrêt'

AVERTISSEMENT: La pompe pompel est arrêtée, parce qu'elle ne peut pas fournir

12:55:00: Système équilibré en 5 itérations
12:55:00: Le niveau du réservoir MOULINI1 est de 4.20 m. Il se vide

AVERTISSEMENT: La pompe pompel est arrêtée, parce qu'elle ne peut pas fournir

13:00:00: Système équilibré en 5 itérations

AVERTISSEMENT: La pompe pompel est arrêtée, parce qu'elle ne peut pas fournir

13:05:00: Système équilibré en 5 itérations
    
```

The network diagram on the left shows a pump node labeled 'Pompel' and a reservoir node labeled 'MOULINI1'.

The screenshot shows the EPANET software interface with a simulation failure report. The 'Rapport d'État' window displays the following error messages:

```

Page 1 Mardi 20 Mai 2003 à 15:25:34
*****
*                               *
*      E P A N E T              *
*      Simulation Hydraulique et Qualité          *
*      pour les Réseaux sous Pression            *
*      Version 2.0                  *
*                               *
* Trad.française: IDMH,UP Valencia   Copyright: Générale des Eaux *
*****

Err.Entrée 233: le noeud 1001 n'a pas de connexion au réseau.
Err.Entrée 200: des erreurs détectées parmi les valeurs dans le fichier d'entrée
    
```

The 'État de la Simulation' dialog box displays the message: "La simulation a échoué. Voir les causes dans le rapport d'état." with an 'Accepter' button.

The network diagram on the right shows a node labeled 'Noeud de Demande 122 Sans Valeur m' with a value of 0.00. A black arrow points to this node with the text 'Signification des entrées'.

## 10 Coût énergétique

Édition Affichage Projet Rapport Fenêtre Aide

Ma du Réseau

Rapport d'Énergie

Tableau Histogramme

Pompe	Pourcentage Utilisation	Rendement Moyen	kWh /m3	P. Moyenne kW	P. Maximale kW	Coût /jour
587	37,24	75,00	0,38	180,74	181,03	2,42
588	20,29	75,00	0,20	57,02	57,10	0,42
589	13,75	75,00	0,20	57,15	57,51	0,28
592	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Coût Total						3,12
Prix Demande Maximale						0,00

Options

- Hydrauliques
- Qualité
- Réactions
- Temps
- Énergie

Options: d'Énergie

Propriété	Valeur
Rendement des Pompes (%)	75
Prix de l'Énergie /kWh	0,0015
Courbe Modulation de Prix	
Prix de la Demande Maximale	0

À renseigner

A réaliser, permet de définir les heures creuses, les heures pleines, de pointe...

## 11 Représentation graphique de l'évolution des paramètres au cours d'une simulation

The image shows the EPANET 2 software interface. A window titled "Graphique d'Évolution - Vitesse pour les Arcs sélectionnés" displays a line graph of velocity (m/s) over time (0 to 9). A dialog box titled "Sélection de Graphique" is open, showing options for graph type and parameters. Arrows point to specific elements in the dialog box, labeled with numbers 1 through 6.

1- cliquer (points to the graph icon in the toolbar)

2- sélection (points to the "Graphique d'Évolution" radio button)

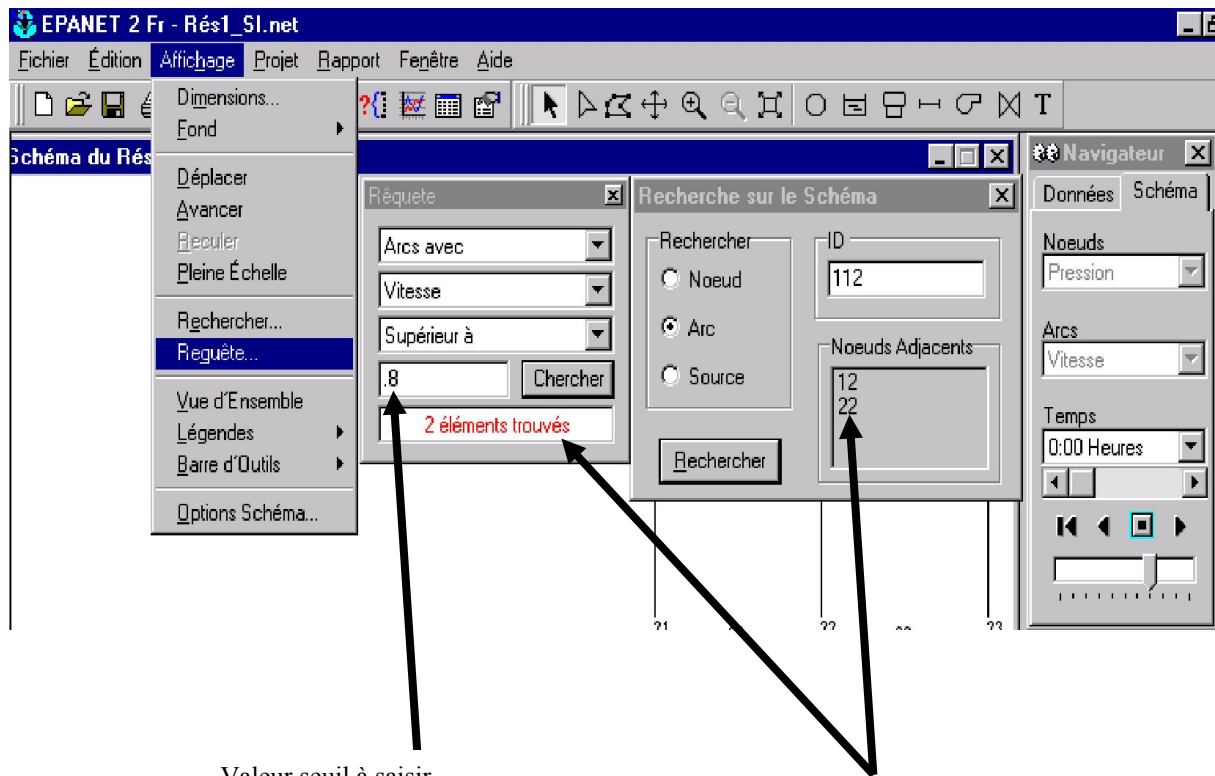
3- sélection (points to the "Arcs" radio button in the "Classe d'Objet" section)

4 sélectionner sur le schéma (points to the "Arcs à Représenter" list containing "21" and "110")

5- Sélectionner dans le menu déroulant (points to the "Vitesse" item in the "Paramètre" list)

6- Cliquer (points to the "Accepter" button)

## 12 Recherche / Requête sur les objets du schéma



Valeur seuil à saisir

Résultats Couleur rouge ou éléments clignotants sur le schéma

## 13 Points particuliers

- La fonction « édition/annuler frappe » n'existe pas, il n'y a donc pas de retour en arrière possible.
- Pour imprimer les commandes : les sélectionner dans le navigateur (sans les faire apparaître à l'écran), puis demander l'impression.
- En cas de changement du sens d'écoulement de l'eau dans une canalisation, seul le débit est négatif, la vitesse restera toujours positive; il faut afficher les courbes de débit de cet arc.
- Format de l'heure : L'heure de la journée s'écrit au format américain soit des nombres de 1 à 12 suivis de am (de minuit à midi) ou de pm (de midi à minuit).

Exemple : 3 h du matin = 3 am, 15h30 = 3:30 pm

Attention: midi = 12 pm, Minuit = 12 am, midi ET demi = 12:30 pm, 00:45 = 12:45 am, 01:00 = 1 am



## 14 Raccourcis souris



### Sur un graphique :

- Zoom avant : dans le coin supérieur gauche de la zone à agrandir, Control + clique gauche de la souris, maintenez le bouton gauche de la souris enfoncé et délimitez en déplaçant la souris, la fenêtre contenant la zone à agrandir. Lâchez la souris.
- Retour à l'échelle initiale : Control + clique gauche de la souris, maintenez le bouton gauche de la souris enfoncé et déplacez le curseur de la souris vers le coin supérieur gauche de la fenêtre. Lâchez la souris.
- Déplacer la courbe : Control + clique droit de la souris, la courbe se déplace avec la souris.
- Clique droit sur le graphique : modification des propriétés du graphique (aspects, échelle...)
- Clique droit sur une légende : accès à l'éditeur de légende
- Clique droit sur le fond de plan : affichage ou suppression des légendes, modification des options du schéma.

### Raccourcis clavier

- Lorsque l'éditeur de propriété est actif, tapez F1 pour obtenir de l'aide sur l'objet et la propriété considérés.



- Utiliser les touches :   pour se déplacer d'objet en objet de même type.
- Control + F4 : ferme la fenêtre active
- Alt. + F4 : quitte Epanet

### Divers

Il est possible de réaliser plusieurs simulations en parallèle, en ouvrant autant de fenêtre Epanet. Séparateur décimal : cette version reconnaît la virgule comme séparateur décimal, mais les commandes simples et élaborées doivent utiliser le point comme séparateur.