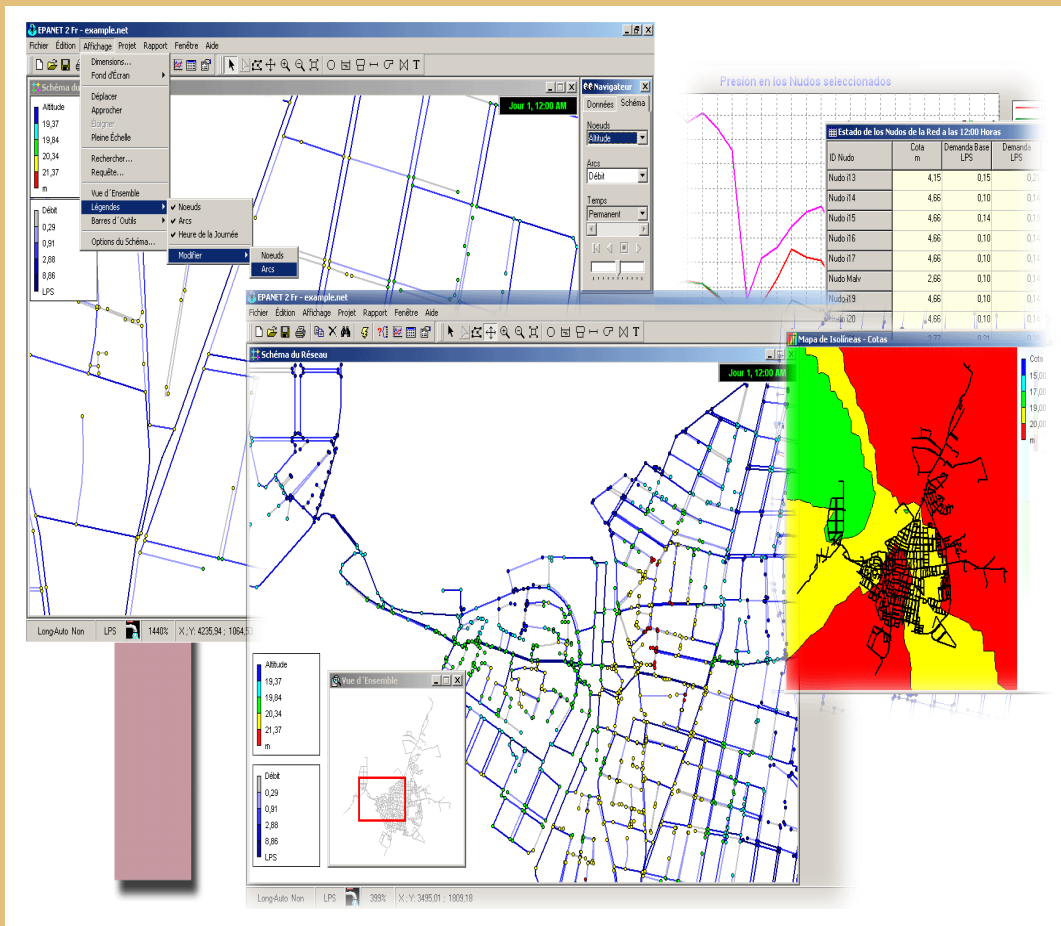


EPANET 2.0

Simulation Hydraulique et Qualité pour les Réseaux d'Eau sous Pression



Manuel de l'Utilisateur

Version française

Date de publication : 01/09/2003

EPANET 2

MANUEL de l'UTILISATEUR

Par

Lewis A. Rossman
Water Supply and Water Resources Division
National Risk Management Research Laboratory
U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
Cincinnati, OH 45268

Ce manuel de l'utilisateur, comme l'ensemble des documents du logiciel de modélisation EPANET a été traduit en français sur l'initiative de

Générale des Eaux

*Direction Technique
52 rue d'Anjou
F 75008 Paris*



en collaboration avec:

*Grupo IDMH. Dep. Ingeniería Hidráulica y M.A.
Universidad Politécnica de Valencia
Camino de Vera, s/n
46022 – VALENCIA (Espagne)*



Titre original de cet ouvrage:

“EPANET 2 USER'S MANUAL”
EPA/600/R-00/057 September 2000

NATIONAL RISK MANAGEMENT RESEARCH LABORATORY
OFFICE OF RESEARCH AND DEVELOPMENT
U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY
CINCINNATI, OH 45268, USA

©Copyright version française:

Compagnie Générale des Eaux
52 rue d'Anjou
75008 Paris
France
RCS 572 025 526 RCS Paris

AVANT-PROPOS

La réalisation du document original en langue anglaise et les recherches nécessaires ont été financées totalement ou partiellement par l'Agence en charge de l'Environnement aux États Unis (U.S. Environmental Protection Agency – EPA). Elle a été soumise à une révision technique et administrative par cette agence, et a été approuvée avant publication comme document de l'EPA. La mention de marques ou produits commerciaux ne constitue en aucun cas une adhésion à ces produits ni la recommandation de leur usage.

Bien qu'un réel effort ait été fourni pour s'assurer que les résultats obtenus à l'aide du logiciel décrit dans ce manuel sont corrects, ce dernier n'est qu'expérimental. En conséquence, l'auteur, l'U.S. Environmental Protection Agency et la Compagnie Générale des Eaux dénie toute responsabilité de quelle que nature que ce soit dans les résultats obtenus et dans leur usage quels que soient les préjudices ou litiges provoqués par l'utilisation de ce logiciel et cela quel qu'en soit le but recherché.

PRÉFACE À L'ÉDITION ORIGINALE

Le Congrès des États-Unis a chargé l'*U.S. Environmental Protection Agency* de la protection des ressources terrestres, aquatiques et aériennes du pays. Sous le mandat des lois environnementales au niveau national, l'Agence ambitionne la formulation et l'implémentation d'actions contribuant à un équilibre entre les activités humaines d'une part et la capacité des systèmes naturels à supporter et nourrir la vie d'autre part. Pour pouvoir exécuter ce mandat, le programme d'investigation de l'EPA fournit des informations et un support technique pour résoudre certains problèmes environnementaux actuels et pour établir une base de connaissances qui permette de gérer durablement les ressources, de comprendre comment les polluants mettent la santé en danger, et d'éviter ou réduire les risques environnementaux dans le futur.

Le *National Risk Management Research Laboratory* de l'Agence est le centre de recherche d'approches techniques et de gestion visant à réduire les risques sur la santé humaine et sur l'environnement. Le programme d'investigation du Laboratoire se concentre sur les méthodes de prévention et de contrôle de la pollution de l'air, de la terre, de l'eau et des ressources souterraines, de protection de la qualité de l'eau dans les systèmes publics, de décontamination des sites pollués et des eaux souterraines, et de prévention et contrôle de pollution à l'intérieur des bâtiments. Le but de cette investigation est de catalyser le développement et l'implémentation de techniques environnementales innovatrices et rentables, de rechercher les informations scientifiques et techniques dont l'EPA a besoin pour soutenir des projets de loi et mener sa politique, et de procurer un support technique et un transfert d'informations visant à assurer la prise en compte effective des régulations et des stratégies environnementales.

Pour satisfaire aux exigences légales et aux attentes du public, les entreprises qui gèrent les services de distribution d'eau expriment une demande toujours plus grande pour une compréhension améliorée des déplacements et des transformations de l'eau dans leurs systèmes de distribution. Dans ce contexte, EPANET est un modèle de simulation informatique qui y contribue. Il prédit le comportement hydraulique dynamique et qualitatif de l'eau dans un système de distribution d'eau potable sur une longue durée.

Ce manuel décrit le fonctionnement de la dernière version (2.00.10) du logiciel dans lequel les auteurs ont intégré les ultimes améliorations.

E. Timothy Oppelt
Directeur du *National Risk Management Research Laboratory*

PROLOGUE À LA TRADUCTION FRANÇAISE

EPANET est un logiciel développé pour la simulation du comportement des systèmes de distribution d'eau d'un point de vue hydraulique et également d'un point de vue qualité de l'eau.

Ce logiciel est distribué gratuitement par l'E.P.A. depuis le mois de septembre 1993. Depuis, il est largement utilisé dans le monde entier grâce à

- ses algorithmes de calcul les plus avancés
- son interface graphique conviviale et intuitive
- aux possibilités de relations avec d'autres logiciels d'application
- à l'existence d'une liste d'utilisateurs, lieu de communications et d'échanges.

L'utilisation d'EPANET est très diversifiée, et porte principalement sur

- la régulation des pressions dans le réseau,
- la détection des zones de fonctionnement déficitaire
- le dimensionnement de travaux d'amélioration du réseau ou d'extension
- l'évolution de la qualité de l'eau et l'étude de retraitement en différents points du réseau
- l'amélioration de la gestion des équipements (marnage des réservoirs...), des coûts énergétiques (fonctionnement des stations de pompage...), du contrôle des débits d'eau (sectorisation du réseau...), de la gestion de crise (suppression d'une ressource, rupture d'une canalisation maîtresse, introduction de contaminants dans le réseau...).

Pour permettre une plus large utilisation de ce logiciel de modélisation tant au niveau des bureaux d'études chargés de la conception des réseaux que des exploitants chargés du fonctionnement et de la gestion de ce patrimoine collectif, Générale des Eaux, société de service auprès des collectivités locales des industriels et des particuliers dans le domaine de l'environnement, en accord avec l'E.P.A., a financé la traduction en français de l'intégralité de ce logiciel. Pour cela, elle a mandaté le Groupe d'Investigation et Développement des Modèles Hydrauliques (IDMH) de l'Université Polytechnique de Valencia (Espagne), travaillant lui-même de manière rapprochée avec le département de l'E.P.A. en charge de ce logiciel.

En accord avec l'U.S.E.P.A., Générale des Eaux est propriétaire des droits de reproduction de cette traduction.

Cette version française d'EPANET est la version 2.00.10, dernière en date. La compatibilité avec les autres versions anglaise, espagnole, portugaise a été conservée tant au niveau de l'exécution qu'au niveau des données de fichiers texte et des fichiers binaires. Il n'est donc plus nécessaire de modifier ou d'adapter ces fichiers pour travailler dans l'une ou l'autre de ces versions. Sous certaines conditions, les utilisateurs de la version bêta pourront transférer leurs fichiers dans cette version.

Pour répondre aux spécificités françaises, cette version se distingue de la version anglaise par plusieurs aspects :

- Les unités utilisées par le moteur de calcul sont, par défaut, celles du Système International. Toutefois, le maintien des unités américaines est toujours réalisable.
- La formule de perte de charge est, par défaut, celle de Darcy-Weisbach, avec un retour possible sur les formules de Hazen-Williams ou de Chezy-Manning.

- Le séparateur décimal est par défaut la virgule, avec reconnaissance du point dans les fichiers importés.

La traduction française est constituée des éléments suivants:

- le module de calcul (bibliothèque .dll et fichier exécutable en DOS)
- l'interface graphique et les composants Delphi
- l'aide en ligne
- le manuel de l'utilisateur
- les exemples d'utilisation
- l'installateur de l'application et ses fichiers auxiliaires

SOMMAIRE

CHAPITRE 1 - INTRODUCTION.....	13
1.1 CE QU'EST EPANET.....	13
1.2 CAPACITÉS POUR LA MODÉLISATION HYDRAULIQUE.....	13
1.3 CAPACITÉS POUR LA MODÉLISATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU	14
1.4 LES ÉTAPES DE L'UTILISATION D'EPANET.....	15
1.5 LE MANUEL	15
1.6 LES NOUVEAUTÉS DE LA VERSION 2.0	17
CHAPITRE 2 - PRISE EN MAIN RAPIDE DU LOGICIEL.....	21
2.1 INSTALLATION DE LA VERSION FRANÇAISE D'EPANET	21
2.2 RÉSEAU D'EXEMPLE	22
2.3 CONFIGURATION D'UN NOUVEAU PROJET	23
2.4 TRACÉ DU RÉSEAU.....	24
2.5 SAISIE DES PROPRIÉTÉS DES OBJETS	26
2.6 SAUVEGARDER ET OUVRIR DES PROJETS	28
2.7 EXÉCUTION D'UNE SIMULATION D'ÉCOULEMENT PERMANENT	29
2.8 EXÉCUTION D'UNE SIMULATION DE LONGUE DURÉE	30
2.9 EXÉCUTION D'UNE SIMULATION DE LA QUALITÉ	32
CHAPITRE 3 - LA MODÉLISATION DU RÉSEAU.....	35
3.1 COMPOSANTS PHYSIQUES	35
3.1.1. Nœuds de demande	35
3.1.2. Bâches infinies	36
3.1.3. Réservoirs	36
3.1.4. Emetteurs	37
3.1.5. Tuyaux	37
3.1.6. Pertes de charge singulières	40
3.1.7. Pompes	41
3.1.8. Vannes	42
3.2 COMPOSANTS NON-PHYSIQUES	44
3.2.1. Courbes	44
3.2.2. Courbes de modulation	47
3.2.3. Commandes	48
3.3 LE MODÈLE DE SIMULATION HYDRAULIQUE.....	50
3.4 LE MODÈLE DE SIMULATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU	51
3.4.1. Modélisation du transport	51
3.4.2. Mélange dans les réservoirs	52
3.4.3. Réactions modifiant la qualité de l'eau	53
3.4.4. Temps de séjour et dépistage des sources	56
CHAPITRE 4 - ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL EPANET.....	57
4.1 VUE D'ENSEMBLE.....	57
4.2 BARRE DE MENU	58
4.2.1. Menu fichier	58
4.2.2. Menu édition	59
4.2.3. Menu affichage	59
4.2.4. Menu projet	60
4.2.5. Menu rapport	60
4.2.6. Menu fenêtre	61
4.2.7. Menu aide	61
4.3 LES BARRES D'OUTILS	61
4.3.1. La barre d'outils standard	62
4.3.2. La barre d'outils du schéma	63

4.4	LA BARRE D'ÉTAT.....	63
4.5	LE SCHÉMA DU RÉSEAU.....	64
4.6	LE NAVIGATEUR DES DONNEES.....	65
4.7	LE NAVIGATEUR DU SCHÉMA	66
4.8	L'ÉDITEUR DES PROPRIÉTÉS.....	66
4.9	PRÉFÉRENCES DU PROGRAMME.....	67
	4.9.1. Préférences générales.....	68
	4.9.2. Options de format	69
CHAPITRE 5 - ELABORER UN PROJET.....		70
5.1	OUVRIR ET ENREGISTRER UN PROJET	70
5.2	VALEURS DU PROJET PAR DÉFAUT.....	71
	5.2.1 Les étiquettes d'identification par défaut	72
	5.2.2. Propriétés des nœuds et des arcs par défaut	73
	5.2.3. Options hydrauliques par défaut.....	73
5.3	DONNÉES DE CALAGE.....	74
	5.3.1. Fichiers de calage	74
	5.3.2. Déclaration des données de calage.....	75
5.4	RÉSUMÉ DU PROJET.....	76
CHAPITRE 6 - MANIPULATION DES OBJETS.....		77
6.1	TYPES D'OBJETS	77
6.2	AJOUTER DES OBJETS	77
	6.2.1 Ajouter un nœud	77
	6.2.2. Ajouter un arc	78
	6.2.3. Ajouter un texte.....	78
	6.2.4. Ajouter une courbe	79
	6.2.5. Ajouter une courbe de modulation.....	79
	6.2.6. Utiliser des fichiers texte	79
6.3	SÉLECTION DES OBJETS	79
6.4	ÉDITION DES OBJETS VISIBLES.....	80
6.5	ÉDITION DES OBJETS NON-PHYSIQUES.....	87
	6.5.1. Éditeur de courbes	88
	6.5.2. Éditeur de courbes de modulation.....	89
	6.5.3. Éditeur de commandes	91
	6.5.4. Éditeur de demandes	91
	6.5.5. Éditeur de qualité de source.....	92
6.6	COPIER ET COLLER DES OBJETS	93
6.7	DESSINER ET CHANGER LE SENS DES ARCS	94
6.8	SUPPRIMER UN OBJET	95
6.9	DÉPLACER UN OBJET	95
6.10	SÉLECTIONNER UN GROUPE D'OBJETS.....	95
6.11	ÉDITER UN GROUPE D'OBJETS	96
CHAPITRE 7 - MANIPULATION DU SCHÉMA.....		97
7.1	SÉLECTION DE L'AFFICHAGE DU SCHÉMA	97
7.2	ÉTABLIR LES DIMENSIONS DU SCHÉMA	98
7.3	UTILISER UN FOND D'ÉCRAN.....	99
7.4	APPROCHER OU ÉLOIGNER LE SCHÉMA.....	100
7.5	SE DÉPLACER DANS LE SCHÉMA	101
7.6	RECHERCHER UN OBJET	101
7.7	LES LÉGENDES DU SCHÉMA	102
7.8	VUE D'ENSEMBLE.....	103
7.9	OPTIONS DE VISUALISATION DU SCHÉMA	103
	7.9.1. Options nœuds.....	105
	7.9.2. Options arcs	105

7.9.3.	Options textes	105
7.9.4	Options affichage	106
7.9.5.	Options symboles	106
7.9.6	Options flèches d'écoulement	107
7.9.7.	Options fond d'écran	107
CHAPITRE 8 - LA SIMULATION		108
8.1	SPÉCIFICATION DES OPTIONS DE SIMULATION	108
8.1.1.	Options hydrauliques	108
8.1.2.	Options de qualité de l'eau	111
8.1.3.	Options de réactions	112
8.1.4.	Options de temps	113
8.1.5.	Options de l'énergie	114
8.2	LANCER UNE SIMULATION	114
8.3	RÉSOLVRE LES PROBLÈMES	114
	▪ Les pompes ne peuvent pas fournir le débit ou la charge hydraulique demandée	115
	▪ Le réseau est déconnecté	115
	▪ Il y a des pressions négatives	115
	▪ Système non équilibré	115
	▪ Equations sans solution	116
CHAPITRE 9 - PRÉSENTATION DES RÉSULTATS		117
9.1	AFFICHAGE DES RÉSULTATS SUR LE SCHÉMA	117
9.1.1.	Effectuer une requête dans le schéma	117
9.2	AFFICHAGE DES RÉSULTATS À L'AIDE D'UN GRAPHIQUE	119
	▪ Page Générale	123
	▪ Rubriques axes horizontal et vertical	124
	▪ Rubrique légende	124
	▪ Rubrique séries de données	125
	Lignes	125
	Marqueurs	125
	Dessins	125
	Textes	125
	Transparent	125
	Détermine si le graphique est visible à travers le texte	125
	Schéma	126
	Style	126
	Contours	126
9.3	AFFICHAGE DES RÉSULTATS DANS UN TABLEAU	127
	▪ Rubrique type de tableau	128
	▪ Rubrique colonnes	128
	▪ Rubrique filtres	129
9.4	RAPPORTS SPÉCIAUX	130
9.4.1	Rapport d'état	130
9.4.2.	Rapport d'énergie	131
9.4.3.	Rapport de calage	131
9.4.4.	Rapport de réactions	133
9.4.5.	Rapport complet	134

CHAPITRE 10 - IMPRIMER ET COPIER.....	135
10.1 SÉLECTION DE L'IMPRIMANTE.....	135
10.2 MISE EN FORME DE LA PAGE.....	135
10.3 APERÇU.....	136
10.4 IMPRIMER LA FENÊTRE ACTIVE.....	136
10.5 COPIER DANS LE PRESSE-PAPIERS OU DANS UN FICHER	137
CHAPITRE 11 - IMPORTATION ET EXPORTATION.....	138
11.1 SCÉNARIOS D'UN PROJET	138
11.2 EXPORTATION D'UN SCÉNARIO	138
11.3 IMPORTATION D'UN SCÉNARIO.....	139
11.4 IMPORTATION D'UNE PARTIE D'UN RÉSEAU	139
11.5 IMPORTATION DU SCHÉMA D'UN RÉSEAU	140
11.6 EXPORTATION DU SCHÉMA DU RÉSEAU	141
11.7 EXPORTATION DANS UN FICHER TEXTE	142
CHAPITRE 12 - FOIRE AUX QUESTIONS.....	143
▪ Comment puis-je importer un réseau de tuyaux créé dans un logiciel CAO ou SIG ?.....	143
▪ Comment dois-je modéliser le pompage d'eaux souterraines ?	143
▪ Comment puis-je dimensionner une pompe pour obtenir un débit spécifique ?	143
▪ Comment puis-je dimensionner une pompe pour obtenir une pression spécifique?	143
▪ Comment puis-je imposer certains flux entrant dans le réseau à partir des réservoirs, et fluctuant selon un schéma préétabli ?	143
▪ Comment puis-je analyser les conditions d'écoulement en un nœud particulier en cas d'incendie?	144
▪ Comment puis-je modéliser une vanne de contrôle de pression avec un clapet anti-retour?	144
▪ Comment puis-je modéliser un réservoir hydropneumatique sous pression?	144
▪ Comment puis-je modéliser la décharge à l'entrée d'un réservoir au-dessus de la surface de l'eau ?	145
▪ Comment puis-je déterminer les conditions initiales d'une simulation de qualité de l'eau ?.....	145
▪ Comment puis-je estimer les coefficients de vitesse des réactions dans la masse d'eau et aux parois ?	146
▪ Comment puis-je modéliser une station de rechloration ?.....	146
▪ Comment puis-je modéliser la formation de THM dans le réseau?.....	146
▪ Puis-je utiliser un programme d'édition de texte pour éditer les propriétés du réseau pendant qu'EPANET est en cours ?	147
▪ Puis-je exécuter plusieurs sessions d'EPANET en même temps ?	147
ANNEXES.....	148
ANNEXE A - UNITÉS DE MESURES.....	149
PARAMÈTRE	149
UNITÉS MÉTRIQUES	149
UNITÉS AMÉRICAINES	149

ANNEXE B - MESSAGES D'ERREUR.....	150
ANNEXE C - EXECUTION D'EPANET EN MODE COMMANDE	152
C.1 INSTRUCTIONS GÉNÉRALES.....	152
C.2 FORMAT DU FICHIER D'ENTRÉE.....	152
C.3 FORMAT DU RAPPORT	191
C.3.1 Section états-consignes.....	191
C.3.2 Section énergie.....	191
C.3.3 Section nœuds	194
C.3.4. Section arcs	194
C.4 FORMAT BINAIRE DU FICHIER DE SORTIE.....	194
C.4.1 Section prologue	195
C.4.2. Section Consommation d'énergie	197
C.4.3 Section résultats de la simulation	197
Section Épilogue	199
ANNEXE D - ALGORITHMES DE SIMULATION	200
D.1 HYDRAULIQUE.....	200
D.2 QUALITÉ DE L'EAU	207
D.2.1. Transport convectif dans les tuyaux	207
D.2.2 Mélange aux jonctions des tuyaux.....	207
D.2.3 Mélange dans les réservoirs	208
D.2.4 Réactions dans la Masse d'eau.....	208
D.2.5 Réactions aux parois	210
D.2.6 Système d'équations.....	211
D.2.7 Algorithme de transport de Lagrange	211
D.3 RÉFÉRENCES.....	213
INDEX GENERAL.....	214

CHAPITRE 1 - INTRODUCTION

1.1 Ce qu'est EPANET

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, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs. EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, 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 rechloration (ou autres retraitements) 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).

1.2 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 nœuds, 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.*

1.3 Capacités pour la Modélisation de la Qualité de l'Eau

En plus des simulations hydrauliques, EPANET peut modéliser la qualité de l'eau; on dispose ainsi des capacités suivantes:

- *Modélisation du déplacement d'un traceur pendant la durée de la simulation.*
- *Modélisation des déplacements et les variations de concentration en plus ou en moins que subit une substance (par exemple un produit secondaire de désinfection, ou du chlore résiduel).*
- *Modélisation du temps de séjour de l'eau dans le réseau.*
- *Indication à chaque nœud de la proportion d'eau provenant d'une ressource distincte.*
- *Modélisation des réactions d'évolution de la qualité de l'eau dans la masse et aux parois.*
- *Utilisation des cinétiques d'ordre n pour calculer les réactions dans la masse d'eau.*
- *Utilisation des cinétiques d'ordre un ou zéro pour calculer les réactions aux parois des tuyaux.*
- *Limitations de transfert de masse pour modéliser les réactions aux parois.*
- *Fixation d'une concentration limite des réactions.*
- *Utilisation des coefficients de vitesse de réaction globale et des coefficients spécifiques pour certains tuyaux.*
- *Etablissement d'une corrélation entre les coefficients de vitesse de réaction au niveau de la paroi en fonction de la rugosité du tuyau.*
- *Introduction d'une substance quelconque à différents emplacements du réseau variant dans le temps en débit massique ou en concentration.*
- *Mélange d'eau dans les réservoirs : mélange parfait, à flux piston ou en deux compartiments.*

En utilisant ces capacités, EPANET peut modéliser des phénomènes en rapport avec la qualité de l'eau comme:

- *le mélange d'eau provenant de différentes sources;*
- *le temps de séjour de l'eau dans le réseau;*
- *diminution du chlore résiduel;*
- *l'accroissement des sous-produits de la désinfection;*
- *la diffusion d'un polluant dans le réseau, introduit en certains points.*

1.4 Les Étapes de l'Utilisation d'EPANET

Les étapes classiques de l'utilisation d'EPANET pour modéliser un système de distribution d'eau sont les suivantes:

- *Dessiner un réseau représentant le système de distribution (voir la Section 6.2) ou importer une description de base du réseau enregistrée dans un fichier au format texte (voir la Section 11.4);*
- *Saisir les propriétés des éléments du réseau (voir la Section 6.4);*
- *Décrire le fonctionnement système (voir la Section 6.5);*
- *Sélectionner un ensemble d'options de simulation (voir la Section 8.1);*
- *Lancer une simulation hydraulique ou une analyse de la qualité (voir la Section 8.2);*
- *Visualiser les résultats d'une simulation (voir le Chapitre 9).*

1.5 Le Manuel

Le Chapitre 2 de ce manuel décrit la procédure d'installation d'EPANET. Si vous ne maîtrisez que peu les composants d'un système de distribution d'eau sous pression, vous pouvez vous reporter directement au chapitre 3.

Le Chapitre 3 détaille la façon dont EPANET modélise un système de distribution d'eau sous pression. Il explique le fonctionnement des éléments d'un réseau, tant physiques que non-physiques (par exemple des commandes qui dépendent du temps). De plus, il explique brièvement comment le logiciel exécute une simulation hydraulique et de qualité d'eau.

Le Chapitre 4 présente l'environnement de travail d'EPANET. Il explique les fonctions des différents menus, et des trois fenêtres principales (Schéma du Réseau, Navigateur, Éditeur des Propriétés).

Le Chapitre 5 aborde les modes d'enregistrement des fichiers de modélisation d'EPANET. Il présente la création, l'ouverture, l'enregistrement de fichiers, l'établissement des options par défaut et également la saisie des mesures faites sur le réseau dans un fichier de calage pour comparer les résultats de la simulation avec la situation réelle.

Le [Chapitre 6](#) décrit la construction d'un modèle sous EPANET : ajout de différents objets physiques (tuyaux, pompes, vannes, nœuds de demande, réservoirs, etc.) édition des propriétés de ces objets, et les variations des demandes en fonction du temps.

Le [Chapitre 7](#) développe l'utilisation du schéma du réseau pour une représentation graphique du système. Il détaille la visualisation des différents paramètres de conception et des résultats dans le schéma à l'aide de codes couleur, ajustement de la taille, utilisation de zoom, déplacement dans le réseau, recherche d'objets et personnalisation de l'affichage.

Le [Chapitre 8](#) traite de l'exécution d'une simulation hydraulique ou de qualité de l'eau. Il décrit les différentes options qui contrôlent l'exécution d'une simulation et explique la résolution des quelques problèmes classiques rencontrés à l'analyse des résultats du calcul.

Le [Chapitre 9](#) traite des différents modes de visualisations des résultats (modes d'affichage du schéma du réseau, types de graphiques, de tableaux, et de rapports spéciaux).

Le [Chapitre 10](#) traite de l'impression et de la copie des vues du chapitre 9.

Le [Chapitre 11](#) explique comment EPANET importe et exporte des scénarii. Un scénario est un ensemble de données qui caractérisent les conditions réelles sous lesquelles un réseau de distribution est analysé (par exemple les consommations, les règles d'opération, les coefficients de qualité, etc.). Il explique également l'enregistrement de toute la base de données dans un fichier au format texte, et l'exportation du schéma du réseau sous différents formats.

Le [Chapitre 12](#) répond à quelques problèmes fréquemment rencontrés de configurations particulières à modéliser (réservoirs pneumatiques de surpression, débit maximum disponible à une certaine pression, accroissement des sous-produits de désinfection).

L'[Appendice A](#) indique toutes les unités dans lesquelles les données et les résultats sont exprimés.

L'[Appendice B](#) est la liste des messages d'erreur que le programme peut générer et leur signification.

L'[Appendice C](#) décrit l'utilisation d'EPANET en mode commande sous DOS, et les formats des fichiers utilisés.

L'[Appendice D](#) fournit des détails sur les procédures et les formules qu'utilise EPANET dans ses algorithmes de simulation hydraulique et de calcul qualité de l'eau.

Un index général à deux niveaux permet de se reporter au chapitre concerné du manuel.

1.6 Les Nouveautés de la version 2.0

La version 2.0 d'EPANET est une évolution significative de la version antérieure 1.1. Les améliorations sont les suivantes :

- 1. Saisie du tracé du réseau de manière totalement graphique, en ajoutant et éditant les objets directement sur le schéma du réseau.*
- 2. Pour faciliter la saisie des données du réseau, comme les propriétés des nœuds et des arcs, les demandes dans les nœuds, les multiplicateurs des courbes de modulation, les courbes des pompes et d'autres objets, les commandes et les options de simulation, des Éditeurs Spéciaux ont été définis.*
- 3. Pour faciliter la saisie des propriétés des éléments, on peut Éditer les propriétés de tout un groupe d'éléments qui se trouvent dans une région de forme irrégulière, remplaçant, augmentant, diminuant ou multipliant sa valeur pour une autre (par exemple, pour tous les tuyaux de genre égal à CLASSE A remplacer ses rugosités par la valeur 0,1)*
- 4. Incorporation des informations émergentes pour l'affichage des résultats lorsque l'on passe au-dessus d'elles avec le pointeur de la souris.*
- 5. Conversion des informations émergents en étiquettes permanentes pour quelques nœuds ou arcs pour observer l'évolution des résultats numériques associés.*
- 6. Consultation du schéma pour localiser directement un nœud, un arc ou un point d'injection d'une substance, et faire ressortir les éléments qui remplissent certaines conditions. Par exemple on peut détacher les nœuds pour lesquels la pression est au-dessous de 20 m, et cacher les autres nœuds.*
- 7. Dessins des arcs comme lignes brisées avec des sommets à l'intérieur, pour mieux adapter le schéma du réseau à la réalité.*
- 8. Améliorations des capacités d'affichage des résultats (et de quelques données) sur le schéma du réseau : taille des nœuds, épaisseur des arcs proportionnels à la valeur du paramètre actif, masque des symboles, flèches et étiquettes à partir de certaine échelle ou placement d'un fond d'écran derrière le schéma au format bitmap ou mieux au format vectoriel (carte routière, par exemple).*
- 9. La nouvelle version offre la possibilité de voir les valeurs du paramètre sélectionné dans le schéma au moyen d'animation, soit progressive soit dégressive, à l'aide de codes couleur, avec les fonctions de pause, remise à zéro et contrôle de vitesse.*
- 10. Etablissement d'un rapport sur la consommation d'énergie de chaque pompe avec calcul de coût pour la durée de la simulation.*
- 11. Création d'un rapport de réactions permettant la visualisation rapide des mécanismes prépondérant de réactions dans la masse d'eau, aux parois des canalisations ou des réactions dans les réservoirs, réactions d'accroissement ou de décomposition d'une substance dans le réseau.*
- 12. Le rapport de calage permet la comparaison statistique des résultats de la simulation d'EPANET avec les résultats de la campagne de mesures.*

13. *Amélioration de la représentation graphique. Aux graphes d'évolution et aux courbes de niveau disponibles dans la version antérieure, s'ajoute la possibilité d'afficher des profils longitudinaux de tuyaux, des courbes de distribution et des balances d'eau consommée et produite au cours de la simulation.*
14. *Superposition dans le même graphique des graphes d'évolution de différents nœuds ou arcs.*
15. *Importante possibilité de personnalisation de ces graphiques pour améliorer la qualité de présentation.*
16. *Personnalisation du format d'affichage des tableaux. Ajout et effacement des colonnes, classement des éléments par rapport aux valeurs d'un paramètre particulier et définition des conditions d'affichage des valeurs dans le tableau à l'aide de filtres.*
17. *Choix du nombre de décimales à afficher pour les résultats du calcul, pour chaque paramètre considéré.*
18. *Tous les rapports, graphiques et tableaux utilisés pour analyser les résultats d'une simulation sont actualisés automatiquement quand une nouvelle simulation est lancée.*
19. *Le schéma du réseau peut être enregistré dans un fichier au format DXF, au format Méta fichier amélioré de Windows, ou au format texte ASCII d'EPANET (avec les coordonnées des nœuds et des sommets des arcs).*
20. *Les graphiques peuvent être copiés dans un fichier ou dans les presse-papiers de Windows au format bitmap, méta fichier ou texte ASCII.*
21. *Possibilité d'importer et d'exporter différents scénarii de simulation permettant d'effectuer une analyse plus performante et plus systématique des différentes alternatives de conception et de fonctionnement du réseau par rapport aux demandes, la qualité initial de l'eau, la rugosité des tuyaux, la vitesse de réaction, les commandes, etc.*
22. *Un nouveau format de fichier d'entrée (fichier .NET) a été développé pour manipuler la nouvelle interface avec plus d'efficacité. C'est un fichier binaire que l'utilisateur ne doit pas éditer directement. Les fichiers texte de la version antérieure 1.1 (fichiers .INP) également peuvent être utilisés, ouverts et modifiés. Principalement, ils offrent une copie lisible des données du réseau.*
23. *Les étiquettes utilisées pour identifier les objets du réseau peuvent avoir toute combinaison de 15 caractères alphanumériques au maximum.*
24. *Un nouvel élément, les bâches, qui ont une capacité très supérieure à la consommation journalière, ont été différenciées des réservoirs. En plus, le niveau de l'eau dans les bâches peut être modifié au cours du temps à l'aide d'une courbe de modulation. Ainsi on peut simuler des nœuds dont la variation de pression est connue.*
25. *Les courbes permettent de modéliser la relation entre deux variables du réseau.*
26. *Définition de la courbe caractéristique d'une pompe en saisissant plusieurs points définis par l'utilisateur ; assignation d'une courbe de modulation pour contrôler son état ou sa vitesse.*
27. *Calcul de la consommation d'énergie pour les pompes et du coût de l'énergie en ayant rentré les courbes de rendement de chaque pompe et les prix de l'énergie aux différents*

moments de la journée ou des valeurs par défaut. L'application génère un rapport détaillé sur la consommation énergétique de toute la période de simulation.

28. *Description du volume de réservoirs à géométrie irrégulière par une courbe de volume établissant la relation entre le volume stocké dans le réservoir et le niveau d'eau.*

29. *Définition de demandes multiples dans les nœuds, différenciées par catégorie de consommateurs, chacune avec sa propre courbe de modulation.*

30. *Les commandes de la version antérieure s'appellent commandes simples, dont les propriétés ont été améliorées pour tenir compte des heures de la journée.*

31. *Une nouvelle catégorie de commandes a été créée : les commandes élaborées. Elles permettent de simuler aisément des réseaux automatisés et de forme complexe, en réalisant des conditions de fonctionnement plus élaborées.*

32. *À chaque nœud ajout possible d'une buse, c'est-à-dire une sortie dont le débit dépend de la pression. Ceci permet de simuler les poteaux et bornes d'incendie d'un réseau urbain, les buses d'un réseau d'irrigation ou des fuites dans le réseau.*

33. *Les vannes d'usage général, permettent de modéliser le comportement d'un arc avec une courbe de pertes de charge définie en substitution des formules conventionnelles.*

34. *Les options pour le traitement de problèmes de déconnexion et de conditions de déséquilibre hydraulique ont été améliorées.*

35. *Amélioration de calcul de la qualité de l'eau sur la base d'une méthode lagrangienne. Les paramètres introduits par l'utilisateur sont l'intervalle de temps entre deux analyses de la qualité et la tolérance pour la variation de la qualité.*

36. *Amélioration du module de qualité. Augmentation du nombre d'options pour définir les caractéristiques du point d'injection de substance dans le réseau, soit comme une concentration, soit comme un débit massique de substance ou comme une augmentation de la concentration pour simuler les stations de rechloration.*

37. *Les réactions d'évolution de la qualité de l'eau dans la masse peuvent être modélisées avec une cinétique d'ordre n , et avec une cinétique de type Michaelis-Menton pour un accroissement bio moléculaire ou pour des enzymes.*

38. *Les réactions aux parois peuvent être modélisées avec une cinétique d'ordre 0 ou d'ordre un.*

39. *L'accroissement ou la diminution d'un composant qui change la qualité de l'eau peut être modélisé en prenant en compte une concentration limite.*

40. *Les coefficients de réaction aux parois des tuyaux peuvent dépendre de leur coefficients de rugosité ;*

41. *Le mélange dans les réservoirs peut être caractérisé selon plusieurs modèles.*

42. *Les résultats d'une simulation sur une longue durée peuvent être affichés comme un ensemble de valeurs moyennes, minimum, maximum ou amplitude sur un intervalle particulier pour chaque nœud et chaque arc.*

43. *Affichage des statistiques de calage en comparant les valeurs obtenues par la simulation avec les valeurs mesurées.*

CHAPITRE 2 - PRISE EN MAIN RAPIDE DU LOGICIEL

Ce chapitre présente l'utilisation d'EPANET. Si vous ne maîtrisez que peu les composants d'un système de distribution d'eau et la façon dont ceux-ci sont représentés dans les modèles sous pression, vous pouvez, dans un premier temps, vous reporter aux deux premières sections du chapitre 3.

2.1 Installation de la version française d'EPANET

La version 2 d'EPANET est conçue pour fonctionner sous les systèmes d'exploitation Microsoft® Windows 95/98/NT/2000/XP® d'un PC compatible IBM/Intel. Elle est distribuée sous la forme d'un unique fichier, **EN2inst_fr.exe**¹, contenant un programme d'autoinstallation. Pour installer EPANET:

1. Choisissez **Exécuter...** du Menu Démarrer de Windows.
2. Introduisez le chemin d'accès et le nom du fichier **EN2inst_fr.exe** ou cliquez sur le bouton **Parcourir** pour le localiser dans votre ordinateur.
3. Cliquez sur le bouton **Accepter** pour commencer le processus d'installation.

Le programme d'installation vous demandera de choisir un répertoire où les fichiers d'EPANET seront placés. Le répertoire par défaut est **C:\Program Files\EPANET2_Fr**. Après avoir installé les fichiers, votre Menu Démarrer aura un nouvel élément nommé EPANET 2.0 Fr. Pour démarrer EPANET, choisissez simplement cet élément du menu, puis sélectionnez **EPANET 2.0.Fr** à partir du sous-menu qui apparaît (Le nom du fichier exécutable qui exécute EPANET sous Windows est epanet2w_fr.exe).

Si vous souhaitez désinstaller la version française d'EPANET de votre ordinateur, vous pouvez utiliser la procédure suivante:

1. Choisissez **Paramètres...** du Menu Démarrer de Windows.
2. Choisissez **Panneau de Configuration** à partir du menu des paramètres.
3. Cliquez deux fois sur l'icône **Ajout/Suppression de programmes**.
4. Choisissez **EPANET 2.0 Fr** à partir de la liste de programmes qui apparaît.
5. Cliquez sur le bouton **Ajouter / Supprimer**.

Note. La version française d'EPANET est totalement compatible avec la version d'originel en anglais. Les deux peuvent coexister et peuvent utiliser les mêmes fichiers de données.

Dans la version française, le nom de tous les fichiers adaptés se terminent par **_fr**.

2.2 Réseau d'Exemple

Dans ce tutorial nous analyserons le réseau de distribution simple représenté dans la figure 2.1, ci-dessous. Il est composé d'une bache au sol (représentant par exemple, les réserves d'eau traitée d'une installation de traitement d'eau) dont l'eau est pompée et distribuée dans un réseau de tuyaux à deux mailles. A l'autre extrémité du réseau se trouve un réservoir tampon sur tour, qui est connecté au réseau par un seul tuyau. Les étiquettes d'identification pour les divers éléments sont indiquées dans la figure 2.1. Les caractéristiques des nœuds du réseau sont indiquées dans le tableau 2.1, ceux des tuyaux dans le tableau 2.2. En outre, on sait que la pompe (arc 9) peut débiter environ 42 l/s à 45 m.c.e. de hauteur manométrique, et que le réservoir a un diamètre de 20 m, un niveau d'eau de 1 m, et un niveau maximal de 6 m.

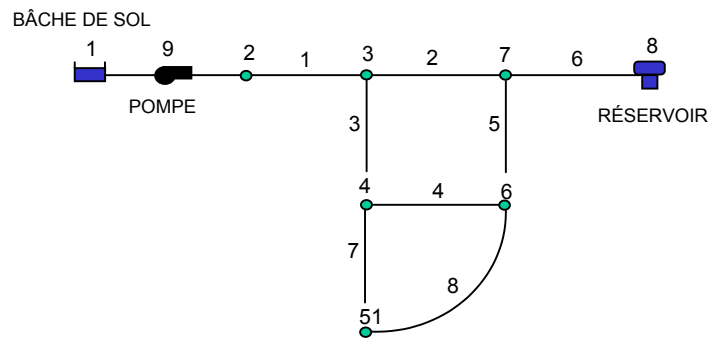


Figure 2.1 Exemple de Réseau

Tableau 2.1 Propriétés des nœuds de l'exemple

Nœud	Altitude (m)	Demande (l/s)
1	210	0
2	210	0
3	215	10
4	210	10
5	200	15
6	210	10
7	210	0
8	250	0

Tableau 2.2 Propriétés des Tuyaux du Réseau

Tuyau	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Rugosité (mm)
1	1000	350	0,01
2	1500	300	0,01
3	1500	200	0,01
4	1500	200	0,01
5	1500	200	0,01
6	2000	250	0,01
7	1500	150	0,01
8	2000	150	0,01

2.3 Configuration d'un Nouveau Projet

La première étape consiste à créer un nouveau projet dans EPANET et de s'assurer que les options sélectionnées par *défaut* sont correctes. Pour commencer, démarrez EPANET ou s'il est déjà ouvert choisissez **Fichier >> Nouveau** (de la Barre de Menu) pour créer un nouveau projet.

Puis choisissez **Projet >> Par Défaut** pour ouvrir la boîte de dialogue représentée dans la figure 2.2. Nous emploierons cette boîte de dialogue pour qu'EPANET numérote automatiquement les nouveaux objets avec des nombres consécutifs à partir de 1 au fur et à mesure qu'ils sont ajoutés au réseau.

Sous la rubrique ID (Étiquettes d'Identification) de la boîte de dialogue, effacez tous les champs de préfixe ID et choisissez 1 comme **Incrément ID**.

Ensuite, choisissez la rubrique Hydrauliques de la boîte de dialogue et sélectionnez comme Unités de Débit LPS (litres par seconde).

Ceci implique dans ce cas que les unités métriques SI seront utilisées pour toutes les autres quantités (longueurs en mètres, diamètres en millimètres, pressions en mètres, etc).

Sélectionnez aussi Darcy-Weisbach (D-W) comme Formule pour les Pertes de Charge. Si vous désirez sauvegarder cette configuration pour les projets futurs, vous pouvez cocher la case Utiliser ces valeurs par défaut dans les futurs projets en bas de la rubrique avant de valider en cliquant sur **Accepter**.

Ce *choix* d'unité de débit et de formule de perte de charge est réalisé par défaut dans la version française. Tout autre choix par défaut est possible selon les instructions mentionnées ci-dessus.

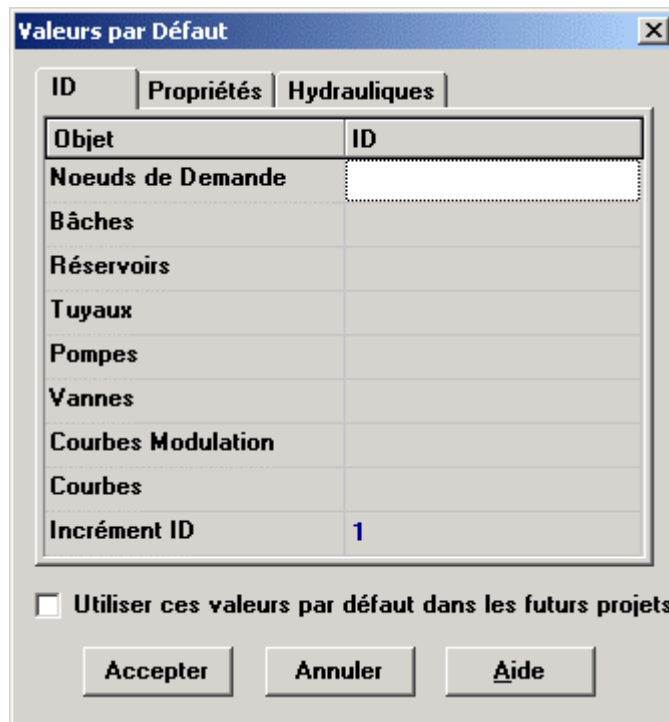


Figure 2.2 Boîte de Dialogue Valeurs par Défaut du Projet

Ensuite, nous choisirons les options d'affichage du schéma de sorte qu'en ajoutant des objets au schéma, leurs étiquettes d'identification et leurs symboles soient affichés. Choisissez **Affichage >> Options du Schéma** dans le menu principal pour atteindre la boîte de dialogue *Options du Schéma*. Choisissez la rubrique *Affichage* et cochez les cases comme représentées dans la figure 2.3 ci-dessous.

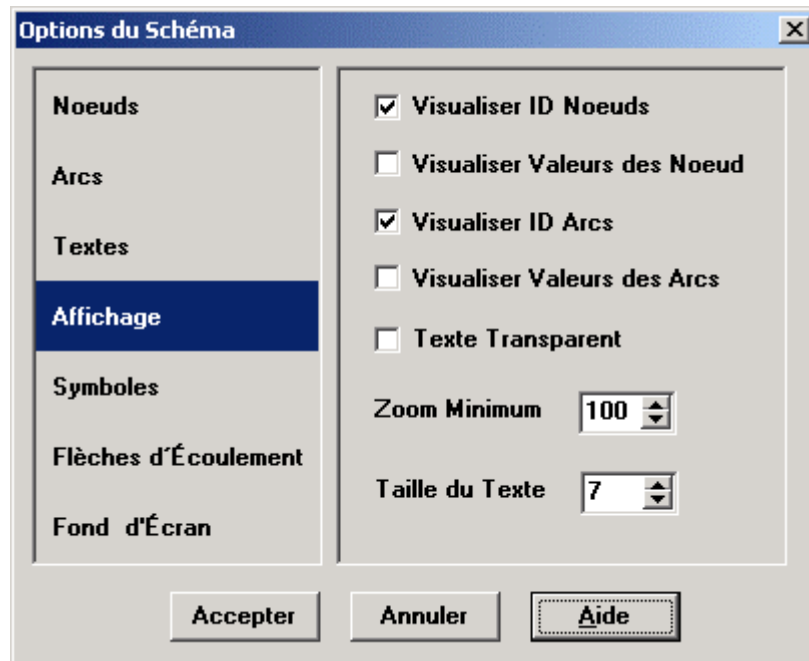


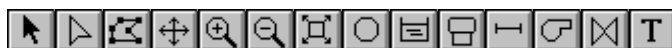
Figure 2.3 Boîte de Dialogue Options du Schéma

Ensuite cochez toutes les cases de la rubrique *Symboles*. Cliquez enfin sur le bouton **Accepter** pour confirmer votre choix et fermer la boîte de dialogue.


Pour terminer, nous devons nous assurer que l'échelle du schéma est acceptable avant de dessiner notre réseau. Choisissez **Affichage >> Dimensions...** dans le menu principal pour atteindre la boîte de dialogue *Dimensions du Schéma*, et observez les dimensions par défaut assignées au nouveau projet. Comme nous supposons que cette configuration est suffisante pour cet exemple, vous pouvez cliquer sur le bouton **Accepter**.


2.4 Tracé du Réseau


Nous sommes maintenant prêts à [dessiner le réseau](#) en nous servant de la souris et des boutons de la *Barre d'Outils du Schéma* affichée ci-dessous (si la barre d'outils n'est pas visible sélectionnez **Affichage >> Barres d'Outils >> Schéma**).



- Dans un premier temps, nous allons placer les nœuds du réseau. Tout d'abord, nous allons positionner la bache infinie. Cliquez sur le bouton

Ajouter Bâche , et indiquez ensuite l'emplacement de la bâche en cliquant dans le schéma avec la souris (sur la gauche du schéma, par exemple).

Ensuite, nous allons ajouter les nœuds de demande. Cliquez sur le bouton Ajouter Nœud de Demande  et indiquez ensuite la position des nœuds 2 à 7 en cliquant sur le schéma.

Ajoutez enfin le réservoir en cliquant sur le bouton Ajouter Réservoir  et en marquant son emplacement dans le schéma. Celui-ci pourrait alors ressembler à la figure 2.4. Notez que le programme génère automatiquement les étiquettes séquentielles, selon l'ordre dans lequel vous ajoutez les objets au réseau.

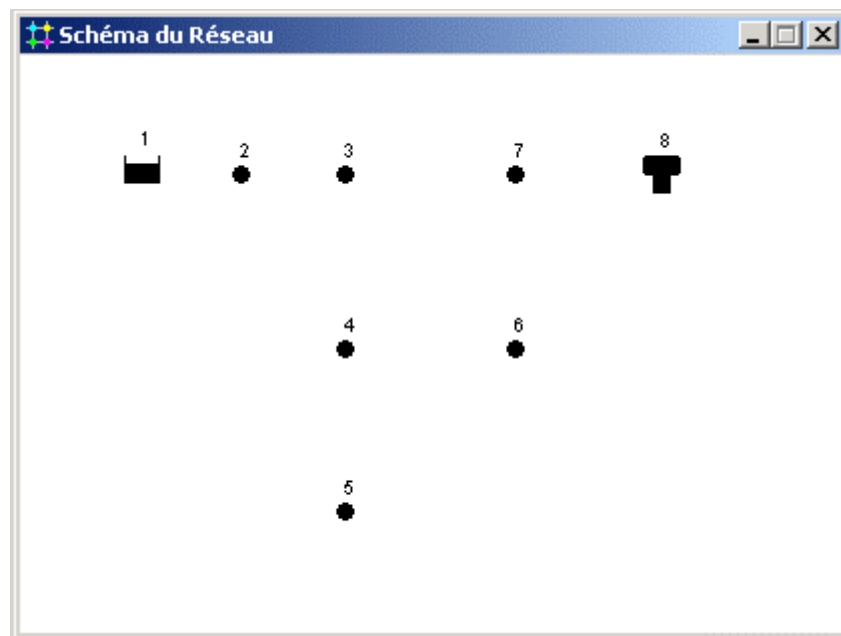






Figure 2.4 Schéma du Réseau après ajout des nœuds

- Dans un deuxième temps, nous allons ajouter les tuyaux. D'abord le tuyau 1, qui relie le nœud 2 au nœud 3. Cliquez sur le bouton Ajouter Tuyau  dans la Barre d'Outils, puis dans le schéma sur le nœud 2 avec la souris, ensuite sur le nœud 3. Notez la manière dont le tracé provisoire du tuyau est dessiné pendant que vous déplacez la souris du nœud 2 au nœud 3. Répétez l'opération pour les tuyaux 2 à 7.



Contrairement aux cas précédents, le tuyau 8 est courbé. Pour le dessiner, cliquez sur le nœud 5. En déplaçant la souris vers le nœud 6, cliquez sur les points où un changement de direction est nécessaire pour afficher la forme désirée.

Terminez le tracé en cliquant sur le nœud 6.

- En troisième temps, nous allons ajouter la pompe. Cliquez sur le bouton Ajouter Pompe , puis sur le nœud 1 et enfin sur le nœud 2.


- Dans un quatrième temps, nous allons étiqueter la bêche, la pompe et le réservoir. Sélectionnez le bouton Ajouter Texte  dans la barre des outils du Schéma et cliquez près de la bêche (nœud 1). Une zone de texte apparaît. Tapez le mot BÂCHE DE SOL, puis sur la touche **Entrée**. Cliquez à côté de la pompe et ajoutez-le texte, de même pour le réservoir.
- Pour terminer, cliquez sur le bouton Sélectionner Objet  de la Barre d'Outils pour remettre la carte dans le mode Sélection d'Objets et ne pas rester dans le mode Insertion de Texte.

Votre schéma du réseau devrait ressembler au schéma de la figure 2.1. Si les nœuds sont mal positionnés vous pouvez les déplacer en cliquant sur le nœud deux fois, et puis en le faisant glisser dans sa nouvelle position en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé. Notez que les tuyaux reliés au nœud sont déplacés avec lui. Les textes peuvent être déplacés de la même façon. Pour retracer le tuyau incurvé 8 vous devez suivre les instructions ci-dessous:

1. Cliquez d'abord sur le tuyau 8 pour le sélectionner, puis cliquez sur le bouton  de la barre d'outils du schéma pour mettre le schéma dans le mode de Sélection de Sommet.
2. Choisissez un point de sommet sur le tuyau en cliquant dessus deux fois, la première pour le sélectionner, puis faites-le glisser jusqu'à sa nouvelle position avec le bouton gauche de la souris maintenu enfoncé.
3. S'il y a lieu, des sommets intermédiaires du tuyau peuvent être ajoutés ou effacés en cliquant avec le bouton droit de la souris et en choisissant l'option appropriée à partir du menu contextuel.
4. Cliquez sur  pour retourner au mode Sélection d'Objet.

2.5 Saisie des Propriétés des Objets

A mesure qu'on ajoute des objets à un projet, EPANET leur assigne un ensemble de propriétés par défaut. Pour modifier la valeur d'une propriété particulière d'un objet, il faut sélectionner cet objet dans l'Éditeur de Propriétés (figure 2.5). Il y a plusieurs manières d'y parvenir. Si l'éditeur est déjà visible, vous pouvez simplement cliquer sur l'objet ou le sélectionner dans le *Navigateur des Données*. Si l'éditeur n'est pas visible, vous pouvez le faire apparaître d'une des manières suivantes:

- Double-cliquez sur l'objet dans le schéma.
- Cliquez sur l'objet avec le bouton droit de la souris et choisissez **Propriétés** dans le menu contextuel qui apparaît.
- Sélectionnez l'objet dans le *Navigateur des Données* et cliquez ensuite sur le bouton Édition  (ou double cliquez sur l'objet).

Lorsque l'éditeur de propriétés est sélectionné vous pouvez taper sur la touche **F1** pour obtenir une description plus complète des propriétés énumérées.

Propriété	Valeur
*ID Noeud	2
Coordonnée X	1184,28
Coordonnée Y	7908,28
Description	
Genre	
*Altitude	210
Demande de Base	0
Courbe Modul. Demande	
Catégories de Demande	1
Coeff. de l'Émetteur	
Qualité Initiale	
Qualité de Source	

Figure 2.5 L'Éditeur de Propriétés

Commençons à renseigner les propriétés en choisissant le nœud 2 dans l'éditeur des propriétés comme affiché ci-dessus.

Nous allons saisir l'Altitude et la Demande de Base pour ce nœud (voir Table 2.1) dans les champs appropriés.


Pour vous déplacer d'un champ à l'autre vous pouvez utiliser les touches de déplacement **Haut** et **Bas** du clavier ou bien la souris. Il suffit maintenant de cliquer sur un autre objet (nœud ou arc) pour faire apparaître ses propriétés dans l'éditeur de propriétés. (Nous pourrions également taper sur les touches **Page Suivante** ou **Page Précédente** pour nous déplacer au prochain objet ou au précédent de la même classe dans la base de données). De cette manière, nous pouvons uniquement nous déplacer d'objet en objet et compléter l'Altitude et la Demande de Base.

Pour la bêche (Nœud 1), vous saisissez son Altitude : 210 (m) dans le champ de Charge Totale. Pour le réservoir (Nœud 8), introduisez : 250 (m) pour l'Altitude du Radier : 1 (m) pour son Niveau Initial, 0 (m) pour son Niveau Minimal, 6 (m) pour son Niveau Maximal, et 20 (m) pour son Diamètre.

De la même façon, nous cliquons sur chacun des tuyaux pour faire apparaître ses propriétés dans l'Éditeur des Propriétés et introduisez la Longueur, le Diamètre, et la Rugosité (le coefficient ε de Darcy-Weisbach) (voir tableau 2.2).

Pour la pompe, nous devons lui donner une courbe caractéristique (la hauteur manométrique totale en fonction du débit).

Sélectionnez la pompe (Arc 9) dans l'éditeur des propriétés et introduisez l'étiquette d'identification 1 dans le champ de Courbe Caractéristique de la Pompe. Ensuite nous allons créer la courbe caractéristique de la pompe 1. Sélectionnez Courbes dans le menu déroulant du Navigateur des Données, et

cliquez sur le bouton Ajouter  Une nouvelle courbe est alors ajoutée à la base de données, avec l'Étiquette 1, et la fenêtre de l'Éditeur de Courbe apparaît (voir figure 2.6). Introduisez le Débit Nominal 42 (l/s) et la Hauteur Nominale 45

(m.c.e.) de la pompe. EPANET crée automatiquement une courbe caractéristique complète à partir de ce seul point. L'équation de la courbe caractéristique et sa forme graphique sont représentées dans la même fenêtre. Cliquez sur **Accepter** pour fermer l'éditeur.

Si la courbe complète est connue, plusieurs points de fonctionnement peuvent être saisis en ordre croissant.

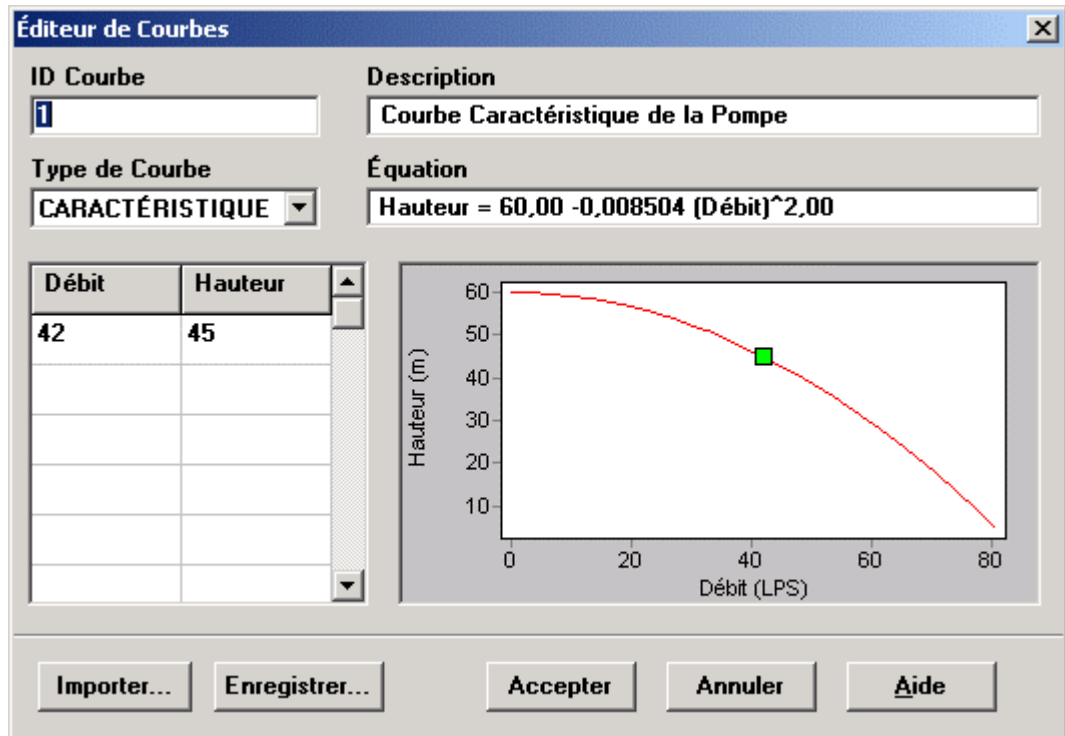


Figure 2.6 L'Éditeur de Courbes

2.6 Sauvegarder et Ouvrir des Projets


Après avoir complété le tracé initial de ce réseau, il est préférable de le sauvegarder dans un fichier.

1. Dans le menu **Fichier** choisissez **Enregistrer Sous**.
2. Il apparaît une boîte de dialogue avec le titre **Enregistrer le Projet Sous**, dans laquelle vous choisissez un répertoire et un nom de fichier sous lesquels vous souhaitez sauvegarder ce projet. Nous suggérons de nommer ce fichier **Mon_tutorial.net**. (L'extension **.net** sera ajoutée au nom de fichier par défaut.)
3. Cliquez sur **Accepter** pour enregistrer le projet.


Les données du projet sont enregistrées dans le fichier sous un format binaire spécial. Si vous voulez sauvegarder les données du réseau au format texte, utilisez **Fichier >> Exporter >> Réseau...**

Pour ouvrir votre projet ultérieurement, choisissez la commande **Ouvrir** à partir du menu **Fichier**.

2.7 Exécution d'une Simulation d'Écoulement Permanent

Maintenant nous avons maintenant assez d'information pour exécuter une simulation hydraulique d'écoulement permanent (ou bien pour un instant déterminée) sur notre exemple de réseau. Pour exécuter la simulation, choisissez **Projet >> Lancer la simulation** ou cliquez sur le bouton lancer la simulation  de la barre standard. (Si la barre standard n'est pas visible sélectionnez **Affichage >> Barres d'Outils >> Standard de la Barre de Menu**).

Si le calcul n'a pas réussi un rapport d'état apparaît indiquant le problème. Si le calcul a été effectué avec succès vous pouvez visualiser les résultats de différentes manières :

- Dans le Navigateur du Schéma, sélectionnez **Pression** du menu déroulant **Nœuds**. Observez que les valeurs de pression aux nœuds sont représentées par des codes couleur différents. Pour visualiser la légende avec le code couleur (si elle n'est pas encore visible), sélectionnez **Affichage >> Légendes >> Nœud** (ou cliquez sur n'importe quelle zone vide de la carte avec le bouton droit de la souris et sélectionnez **Légende de Nœud** dans le menu contextuel). Pour changer les intervalles et les couleurs de la légende, cliquez sur la légende avec le bouton droit de la souris pour faire apparaître l'Éditeur de Légende.
- Ouvrez l'Éditeur de Propriétés (double-cliquez sur un nœud ou un arc) et notez que les résultats calculés sont affichés à la fin de la liste des propriétés.
- Créez un tableau de résultats en sélectionnant **Rapport >> Tableau** (ou en cliquant sur le bouton de **Tableau**  dans la Barre d'Outils Standard). La figure 2.7 affiche le tableau obtenu pour les résultats de ce calcul dans les arcs. Notez que les écoulements ayant des signes négatifs sont dans la direction opposée à la direction dans laquelle le tuyau a été dessiné initialement.

ID Arc	Débit LPS	Vitesse m/s	Pert.Charge Unit. m/km	État
Tuyau 1	43,95	0,46	0,50	Ouvert
Tuyau 2	27,64	0,39	0,46	Ouvert
Tuyau 3	11,30	0,36	0,64	Ouvert
Tuyau 4	2,16	0,07	0,03	Ouvert
Tuyau 5	-6,20	0,20	0,22	Ouvert
Tuyau 6	21,45	0,44	0,70	Ouvert
Tuyau 7	4,14	0,23	0,43	Ouvert
Tuyau 8	-3,36	0,19	0,29	Ouvert
Pompe 9	43,95	0,00	-43,58	Marche

Figure 2.7 Exemple de Tableau avec des Résultats aux Arcs

2.8 Exécution d'une Simulation de longue durée

Pour rendre notre étude plus réaliste et pour simuler le comportement du système sur une longue durée nous allons créer une Courbe de Modulation dans laquelle les demandes aux nœuds changent périodiquement pendant la journée. Le terme « longue durée » indique une succession d'écoulement permanents, pendant lesquels les niveaux d'eau des réservoirs sont mis à jour périodiquement.

Pour cet exemple simple nous allons prendre un intervalle de temps de 6 heures et une demande en eau changeant 4 fois dans une même journée. (Un intervalle d'une heure est plus classique et est assigné aux nouveaux projets par défaut.) Pour fixer la durée de l'intervalle sélectionnez Options – Temps dans le Navigateur des Données, et cliquez sur le bouton Édition du navigateur (ou double-cliquez sur la sélection) pour faire apparaître l'Éditeur des Propriétés (s'il n'est pas encore visible). Saisissez ensuite 6 comme valeur d'Intervalle des Courbes de Modulation (comme représenté dans la figure 2.8 ci-dessous). Pendant que l'éditeur des Options Temps est ouvert nous pouvons également fixer la durée totale de la période de la simulation. Nous allons choisir une durée de trois jours (72 heures) ; saisissez alors 72 dans le champ Durée Totale.

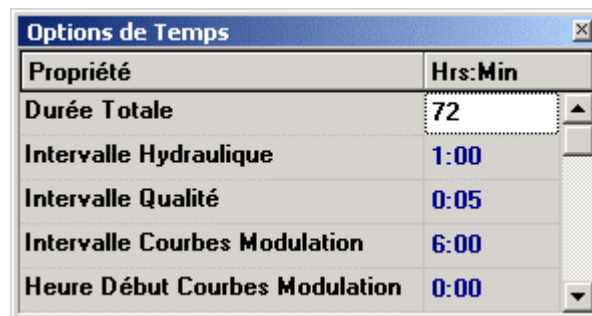



Figure 2.8 Ajustement des Paramètres Temporels

Pour créer la courbe de modulation, sélectionnez Courbes Modul. dans le navigateur et cliquez sur le bouton Ajouter  (ou tapez sur la touche **Insertion**). Une nouvelle courbe de modulation, portant l'Identification (ID) 1, est créée et la boîte de dialogue de l'Éditeur de Courbe de Modulation s'ouvre (voir la figure 2.9). Introduisez les multiplicateurs 0,5 – 1,3 – 1,0 – 1,2 (par exemple) pour les périodes 1 à 4, pour donner à notre courbe de modulation une durée de 24 heures. Cliquez **Accepter** pour fermer l'éditeur. Les multiplicateurs sont les valeurs avec lesquelles il faut multiplier la demande de base pour obtenir la demande dans chaque période. Puisque nous faisons un calcul pour une durée totale de 72 heures, la courbe de modulation va être répétée automatiquement toutes les 24 heures.

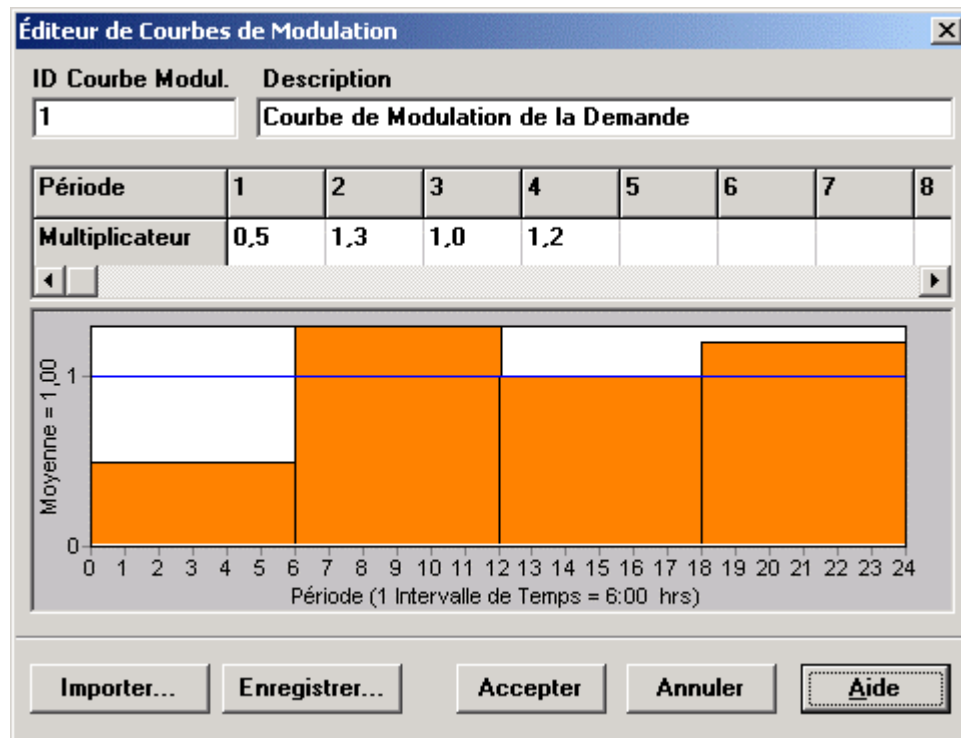






Figure 2.9 L'Éditeur de Courbes de Modulation

Nous devons maintenant assigner la courbe de modulation 1 à tous les nœuds de demande de notre réseau. Nous pouvons utiliser une option hydraulique d'EPANET pour éviter d'avoir à éditer chaque nœud de demande individuellement. Si vous ouvrez les Options Hydrauliques dans l'éditeur des propriétés, il apparaît un champ appelé Courbe de Modulation par Défaut. Mettre sa valeur égale à 1 entraîne que la courbe de modulation de la demande à chaque nœud de demande sera la courbe de modulation 1, (s'il n'y a aucune autre courbe de modulation assignée au nœud de demande).

Ensuite, exécutez la simulation (sélectionnez **Projet >> Lancer la Simulation** ou cliquez sur le bouton  de la barre d'outils standard). Pour une simulation sur une longue durée vous pouvez visualiser les résultats de plusieurs manières:

- La barre de défilement dans le Navigateur sert à afficher les résultats sur le schéma aux différents instants de la simulation. Essayez en sélectionnant la Pression comme paramètre des nœuds et le Débit comme paramètre des arcs (options par défaut).
- Les boutons du type vidéo dans le Navigateur permettent de voir les résultats dans le schéma au moyen d'animation. Cliquez sur le bouton Avance  pour mettre en marche l'animation et le bouton Arrêt  pour l'arrêter.
- Ajoutez des flèches de sens d'écoulement sur la carte (sélectionnez **Affichage >> Options du Schéma**, choisissez la rubrique Flèches d'Écoulement dans la boîte de dialogue Options du Schéma, et sélectionnez le style de flèche que vous souhaitez utiliser). Recommencez alors l'animation et notez que le sens de l'écoulement à travers le tuyau relié au réservoir change, au fur et à mesure que le réservoir se remplit et se vide.

- Créez une représentation graphique des variations d'une variable en fonction du temps pour n'importe quel nœud ou arc. Par exemple, pour voir comment le niveau de l'eau dans le réservoir varie au cours du temps:
 1. Cliquez sur le réservoir.
 2. Sélectionnez **Rapport >> Graphique...** (ou cliquez sur le bouton de Graphique  sur la barre d'outils standard). La boîte de dialogue de Sélection Graphique s'affiche.
 3. Sélectionnez le bouton Graphe d'Évolution dans cette boîte de dialogue.
 4. Sélectionnez Charge comme paramètre à représenter graphiquement.
 5. Cliquez sur **Accepter** pour confirmer votre choix.

Notez le comportement périodique du niveau de l'eau dans le réservoir (Figure 2.10).

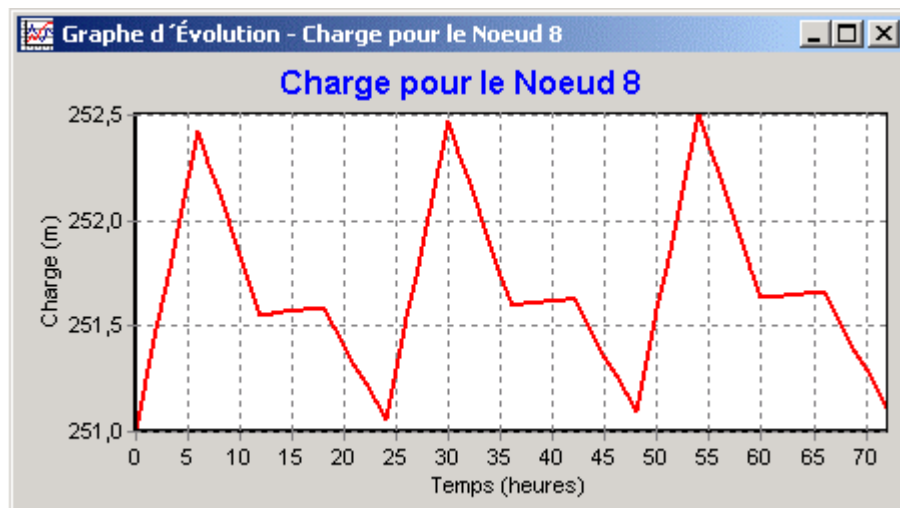


Figure 2.10 Exemple de Graphique d'Évolution du niveau d'eau

2.9 Exécution d'une Simulation de la Qualité

Nous allons voir ensuite comment étendre le calcul à la qualité de l'eau sur notre exemple. Le cas le plus simple serait de calculer le temps de séjour de l'eau en chaque point du réseau. Pour faire cette simulation, il suffit de choisir Séjour comme paramètre dans les Options Qualité (sélectionnez Options - Qualité dans le Navigateur des Données et cliquez sur le bouton Édition pour faire apparaître l'Éditeur des Propriétés). Exécutez l'analyse et choisissez le Séjour comme paramètre dans le menu déroulant du Navigateur du Schéma pour visualiser les résultats sur le schéma.

Créez maintenant un graphique représentant le temps de séjour dans le réservoir. Notez que, contrairement au niveau de l'eau, le temps de séjour n'atteint pas de comportement périodique en 72 heures. (Par défaut, le temps de séjour dans les nœuds au début de la simulation est égal à 0 h.) Essayez de répéter la simulation en utilisant une durée de 240 heures ou en assignant un

temps de séjour initial au réservoir de 60 heures (introduisez 60 comme valeur de Qualité Initiale dans l'Éditeur des Propriétés pour le réservoir).

Pour finir, nous allons simuler le transport et la disparition du chlore dans le réseau. Effectuez les changements suivants dans la base de données:

1. *Sélectionnez Options - Qualité dans le Navigateur des Données et ouvrez l'éditeur des propriétés correspondant. Dans le champ Paramètre tapez le mot Chlore.*
2. *Passez maintenant à Options - Réactions dans le Navigateur des Données. Pour le Coeff. Global de Réact. dans la Masse introduisez une valeur de $-1,0$. Ce coefficient reflète la vitesse à laquelle le chlore va réagir suite aux réactions dans la masse d'eau seule. Cette vitesse sera la même dans tous les tuyaux du réseau. Vous pouvez entrer cette valeur pour des tuyaux individuels si c'est nécessaire.*
3. *Cliquez maintenant sur le nœud de la bâche et introduisez 1,0 (1 mg/l) comme Qualité Initiale. Ceci représente la concentration de chlore qui entre dans le réseau de manière continue. (Remettez à 0 la qualité initiale dans le réservoir si vous l'avez changé.)*

Exécutez maintenant la simulation. Utilisez la barre de défilement dans le *Navigateur du Schéma* pour voir comment le taux de chlore évolue dans l'espace et dans le temps. Notez que pour ce réseau relativement simple, seuls les nœuds de demande 5, 6, et 7 affichent des taux de chlore plus faibles car ils sont alimentés avec de l'eau provenant du réservoir, pauvre en chlore. Créez un rapport de réaction pour cette simulation en choisissant **Rapport >> Réaction** dans le menu principal. Le rapport doit ressembler à la figure 2.11. Il affiche la répartition moyenne des pertes en chlore dans les tuyaux et dans les réservoirs. Le terme "masse" se rapporte aux réactions qui se produisent dans la masse du fluide tandis que le terme "paroi" se rapporte aux réactions avec les parois des tuyaux. La dernière réaction est nulle car nous n'avons pas indiqué de coefficient de réaction aux parois dans cet exemple.

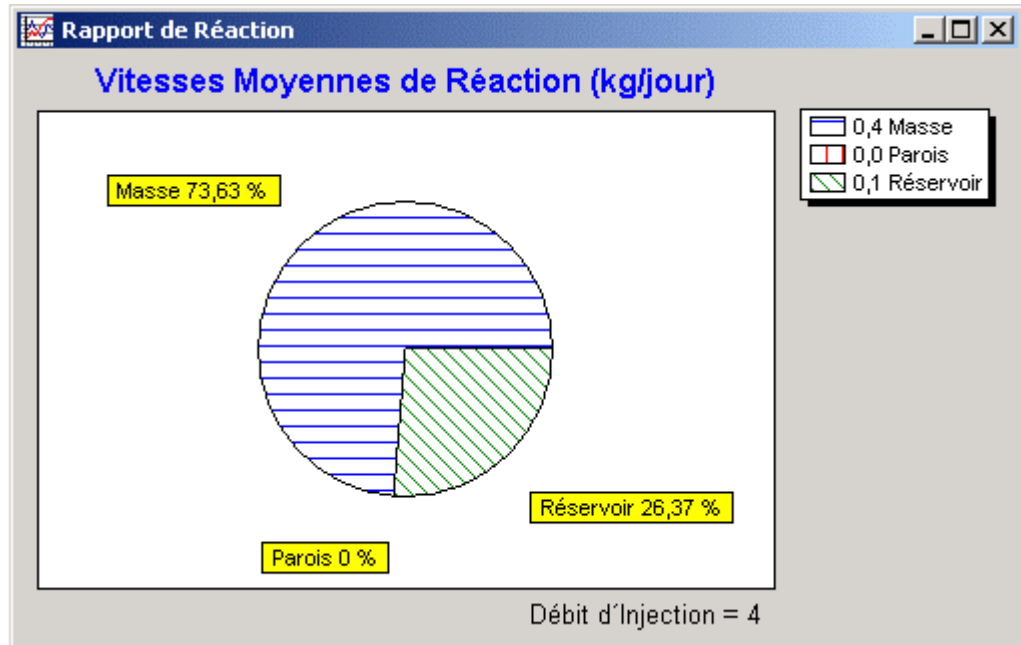


Figure 2.11 Cinétique de disparition pour l'exemple traité

Dans cet exemple, nous avons seulement eu un aperçu rapide de quelques possibilités offertes par EPANET. Vous pouvez expérimenter les autres fonctions du programme, notamment:

- Saisir les différentes propriétés d'un Groupe d'Objets qui se trouvent dans une zone définie par l'utilisateur.
- Utiliser des Commandes de Contrôle pour asservir le fonctionnement d'une pompe au niveau d'eau dans le réservoir ou à l'heure de la journée.
- Essayer les différentes Options du Schéma; par exemple la taille des nœuds sur le schéma en fonction de leur valeur.
- Ajouter un Fond d'Écran (tel qu'un plan de ville) au schéma du réseau.
- Créer des Graphiques différents, tels que des Profils Longitudinaux de tuyaux et des Courbes de Niveau.
- Ajouter des Données de Calage au projet et afficher un rapport de calage.
- Copier un schéma, un graphique ou un rapport dans le presse-papiers ou dans un fichier.
- Enregistrer et récupérer un Scénario (c'est-à-dire, les demandes actuelles dans les nœuds, les valeurs de rugosité des tuyaux, etc.).

CHAPITRE 3 - LA MODELISATION DU RESEAU

Ce chapitre expose les principes de base du travail du logiciel Epanet, au niveau des objets physiques constituant le réseau et les méthodes de calcul utilisés. Les chapitres suivants présentent en détail chaque point.

3.1 Composants physiques

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

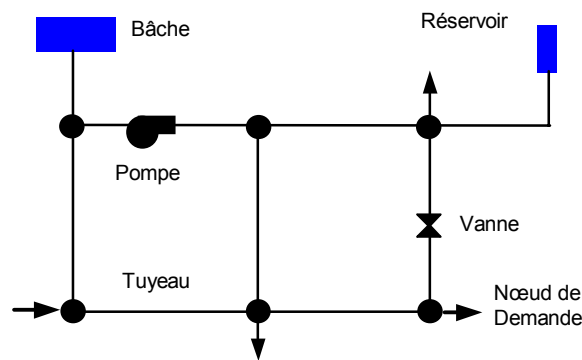


Figure 3.1 Composants Physiques d'un Système de Distribution d'Eau

3.1.1. Nœuds de demande

Les **Nœuds 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 nœuds 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 nœuds 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 nœuds 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.*

3.1.2. Bâches infinies

Les Bâches infinies sont des nœuds 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 (voir Courbes de Modulation ci-dessous).

3.1.3. Réservoirs

Les Réservoirs sont des nœuds 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 maximal 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.

3.1.4. Emetteurs

Les émetteurs sont des dispositifs liés aux nœuds 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 nœud (si on peut estimer un coefficient de décharge et un exposant de pression pour la fuite) ou pour calculer le débit d'incendie au nœud (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 nœud et non comme un élément indépendant.

Le débit de l'émetteur s'exprime en fonction de la pression au nœud selon la formule :

$$q = C p^\gamma$$

dans laquelle q est le débit, p la pression, C le coefficient de décharge, et γ l'exposant de pression. Pour les buses d'arrosage, γ est égal à 0,5. C'est habituellement le constructeur qui fournit la valeur du coefficient de décharge, exprimé dans les unités $\text{lps/m}^{0,5}$ (ou en unités américaines $\text{gpm/psi}^{0,5}$). Il est égal au débit dans le dispositif correspondant à une chute de pression de 1 m (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 nœud en lui ajoutant la pression minimale nécessaire, en m.

Si on attribue tant un émetteur qu'une demande normale à un nœud, la demande qui figure dans la présentation des résultats est la somme du débit de la demande normale et celui de l'émetteur.

3.1.5. 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 nœuds 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.*

Ces coefficients sont expliqués plus précisément dans la section 3.4 ci-dessous.

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 nœuds 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 3.1 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 3.2 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 ($2000 < Re < 4000$).

Consultez l'annexe D pour voir quelles équations sont utilisées dans les différents cas particuliers.

Tableau 3.1 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^3/s)

Formule	Perte de charge totale (A)	Exposant du débit (B)
Hazen-Williams	$10,674 C^{-1.852} d^{-4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$10,294 n^2 d^{-5.33} L$	2
Explication des symboles: C = coefficient de rugosité de Hazen-Williams ϵ = coefficient de rugosité de Darcy-Weisbach (m) f = facteur de friction (dépend de ϵ , d, et q) n = coefficient de rugosité de Manning d = diamètre du tuyau (m) L = longueur du tuyau (m) q = débit (m^3/s)		

Nota :

En unités américaines, la formule de Hazen Williams est : $4,727 C^{-1.852} d^{-4.871} L$. Le coefficient de résistance change pour que des valeurs du coefficient C restent universelles.

En unités américaines, la formule de Darcy-Weisbach est : $0,0252 f(\epsilon, d, q) d^{-5}$, dans laquelle les valeurs de ϵ 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 3.2 Coefficients de Rugosité pour les tuyaux neufs

Matériau	Coeff. Hazen-Williams (universel)	ϵ 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-William	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 nœud passe au-dessus ou au-dessous d'une certaine valeur. Voir aussi le paragraphe 3.2, Commandes de Contrôle.

3.1.6 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/temps²). Le tableau 3.3 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 3.3 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

3.1.7 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 nœuds 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 (voir la section sur des courbes de pompe ci-dessous).

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.

3.1.8 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 nœuds 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 (voir appendice C, Exécution d'EPANET en mode commande).

Une **vanne stabilisatrice** aval limite la pression au nœud 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 nœud 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 nœuds 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 nœud en aval ou être mise en série avec une autre vanne stabilisatrice aval;
- une vanne stabilisatrice amont ne peut pas partager le même nœud en amont ou être mise en série avec une autre vanne stabilisatrice amont;
- une vanne stabilisatrice amont ne peut pas être reliée au nœud en aval d'une vanne stabilisatrice aval.

3.2 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.

3.2.1 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.

3.2.1.1. 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 (voir la figure 3.2):

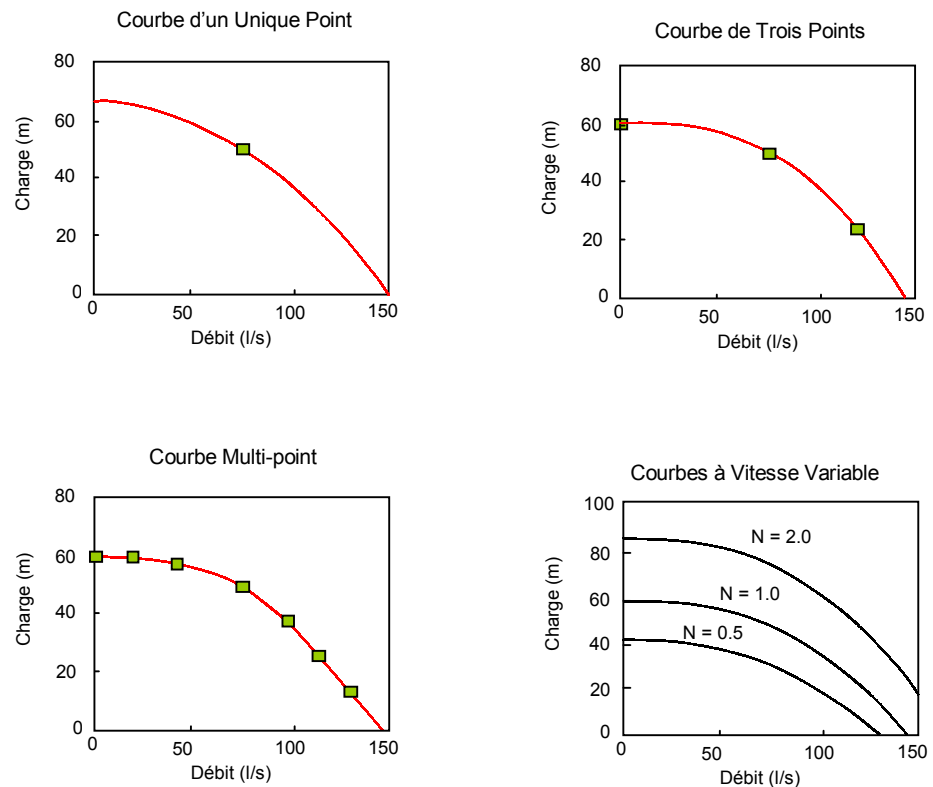


Figure 3.2 Quelques exemples de courbes caractéristiques

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:

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

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

3.2.1.2. 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 3.3 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.

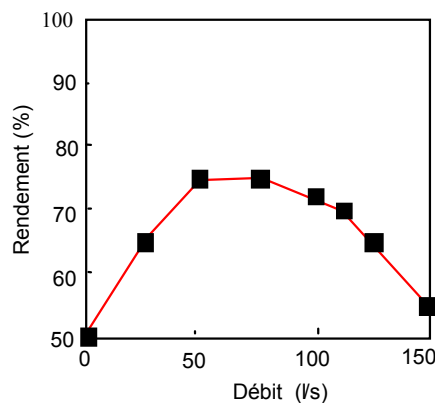


Figure 3.3 Courbe de Rendement d'une Pompe

3.2.1.3 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.

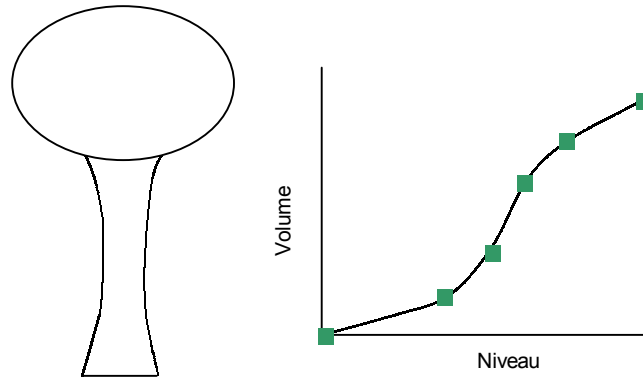


Figure 3.4 Courbe de volume d'un réservoir

3.2.1.4. 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.

3.2.2 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 nœud, au niveau d'une bâche, 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 (voir la section 8.1). 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 nœud 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 nœud sera alors comme suit:

Heures	0-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28
Demande	5	8	10	12	9	7	5

3.2.3 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.

3.2.3.1. 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 nœud
- 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 nœud
 Valeur = la pression d'un nœud ou le niveau d'un réservoir
 Temps = le temps depuis le début du calcul, en heures ou en notation heures:minutes

Heure = l'heure de la journée en format américain (AM = jusqu'à midi, PM de midi à minuit, midi et demi = 12 : 30PM, minuit et demi = 12 : 30 AM)

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 nœud 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	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
LINK 12 OPEN AT CLOCKTIME 8 PM	

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 nœud 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.

3.2.3.2 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 l'Appendice C sous le titre [RULES] ; les notes des commandes simples s'appliquent aux commandes élaborées.

3.3 Le modèle de simulation hydraulique

Le modèle hydraulique de simulation d'EPANET calcule l'évolution des charges hydrauliques dans les nœuds 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 nœuds de demande.

D'un intervalle à l'autre, les niveaux des bâches et les demandes dans les nœuds 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 nœuds 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 » à cette fin. Consultez l'annexe D pour plus des détails.

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

3.4 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 nœuds 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.

3.4.1. 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.

À 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 nœud 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 nœuds 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 nœud, si la différence entre la nouvelle qualité dans le nœud 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 nœud en amont. Dans le cas où il se produirait une inversion de l'écoulement, les volumes élémentaires seront réordonnés dans le nouveau sens.

3.4.2. Mélange dans les réservoirs

EPANET peut utiliser quatre modèles différents pour caractériser le *mélange* dans les réservoirs de stockage, comme le montre la Figure 3.5:

- 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.

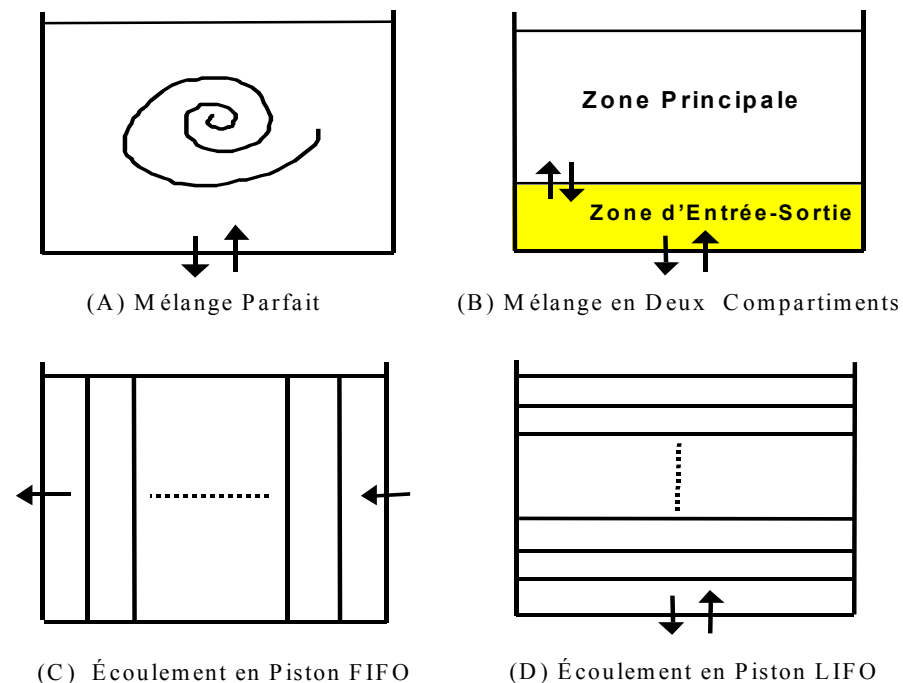


Figure 3.5 Modèles de mélange dans un réservoir

Le Modèle de Mélange Parfait (figure 3.5 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 3.5 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 3.5 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 équipés 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 3.5 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.

3.4.3. 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 3.6. 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.

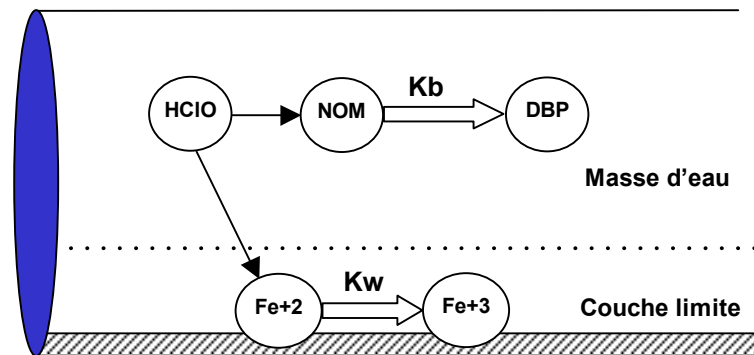


Figure 3.6 Zones de réactions à l'intérieur d'un tuyau

3.4.3.1 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 (Voir Appendice D pour plus d'exemples):

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

3.4.3.2. 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:

$$R = (A/V)K_w C^n$$

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. Voir Appendice D pour plus de détails. (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 :

<u>Formule de Perte de Charge</u>	<u>Formule de Réaction aux Parois</u>
Hazen-Williams	$K_w = F / C$
Darcy-Weisbach	$K_w = -F / \log(\epsilon/d)$
Chezy-Manning	$K_w = F n$

dans lesquelles C est le facteur C de Hazen-Williams, ϵ 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.

3.4.4. 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").

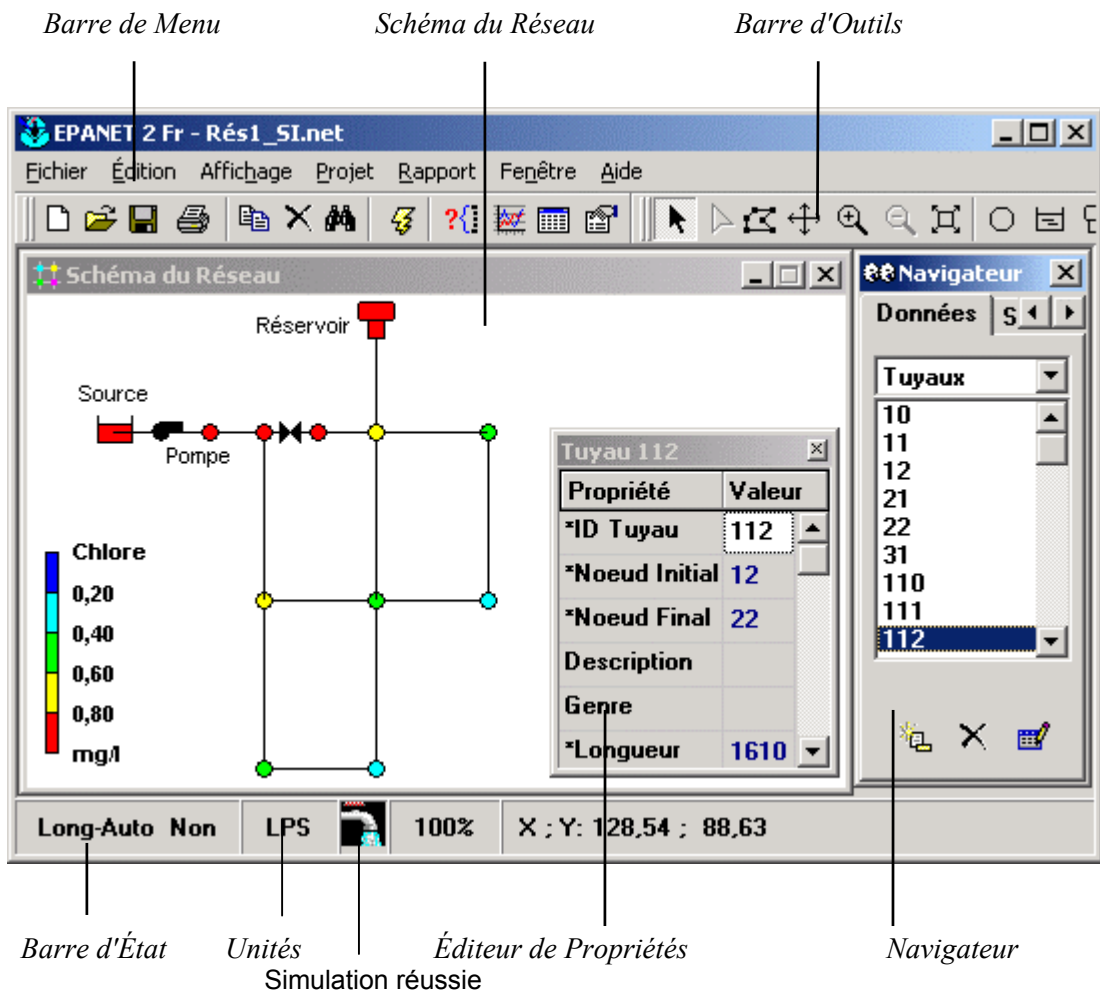
EPANET peut également effectuer un dépistage des sources : pour cela EPANET calcule pour l'instant « t » le pourcentage d'eau arrivant à un nœud donné du réseau, en fonction de différentes origines d'eau. Le nœud de source peut être tout nœud du réseau, y compris les bâches et les réservoirs. EPANET considère ce nœud 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.

CHAPITRE 4 - ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL EPANET

Ce chapitre présente les principaux éléments de l'environnement de travail EPANET. Il décrit la Barre principale de Menu, les Barres d'Outils, la Barre d'État, et les trois fenêtres les plus utilisées: le Schéma du Réseau, le Navigateur, et l'Éditeur des Propriétés. Il explique également l'utilisation des préférences du programme.

4.1 Vue d'ensemble

L'environnement de travail de base d'EPANET est affiché dans la figure ci-dessous. Les éléments d'interface sont: une Barre de Menu, deux Barres d'Outils, une Barre d'État, une fenêtre du Schéma du Réseau, une fenêtre de Navigateur, et une fenêtre d'Éditeur des Propriétés. La description de chacun de ces éléments est réalisée dans les sections suivantes.



4.2 Barre de menu

La Barre de Menu est située dans la partie supérieure de l'environnement de travail d'EPANET et contient un ensemble de menus utilisés pour contrôler le programme. Elle propose :

- Menu Fichier
- Menu Édition
- Menu Affichage
- Menu Projet
- Menu Rapport
- Menu Fenêtre
- Menu Aide

4.2.1. Menu fichier

Le **Menu Fichier** contient les commandes pour ouvrir et enregistrer les fichiers et pour imprimer:

Commande	Description
Nouveau	Crée un nouveau projet d'EPANET
Ouvrir...	Ouvre un projet existant
Enregistrer	Sauvegarde le projet actuel
Enregistrer sous...	Sauvegarde le projet actuel en lui attribuant un nouveau nom
Importer	Importe les données ou le schéma du réseau d'un autre fichier
Exporter	Exporte les données ou le schéma du réseau dans un autre fichier
Mise en Page...	Accède aux paramètres de mise en page (marges, en-tête et pieds de page) du document courant pour l'impression
Aperçu	Affiche un aperçu de la fenêtre actuelle
Imprimer	Imprime la fenêtre active
Préférences...	Établit les préférences pour l'environnement de travail du programme
Quitter	Quitte EPANET

4.2.2. Menu édition

Le **Menu Édition** contient les commandes pour éditer et copier:

<i>Commande</i>	<i>Description</i>
Copier dans...	Copie le contenu de la fenêtre actuellement active (schéma, rapport, graphique ou tableau) dans le presse-papiers ou dans un fichier
Sélectionner Objet	Permet la sélection d'un objet sur le schéma
Sélectionner Sommet	Permet la sélection des sommets intermédiaires d'un tuyau du schéma
Sélectionner Région	Permet la sélection d'une région bornée sur le schéma
Sélectionner Tout	Sélectionne le réseau entier
Éditer Groupe...	Permet l'édition d'une propriété de tous les objets qui se trouvent dans la région bornée du schéma

4.2.3. Menu affichage

Les commandes du **Menu Affichage** contrôlent la manière dont le schéma du réseau est visualisé:

<i>Commande</i>	<i>Description</i>
Dimensions...	Permet la modification des dimensions du schéma et des unités
Fond d'Écran	Permet l'affichage d'un fond derrière le schéma
Déplacer	Déplace le schéma du réseau
Approcher	Permet de voir le schéma de plus près à l'aide du zoom
Éloigner	Permet de voir le schéma de plus loin à l'aide du zoom
Pleine Échelle	Redessine la carte à pleine échelle
Rechercher...	Localise un objet spécifique dans le réseau et le met au milieu de la fenêtre
Requête...	Cherche des éléments dans le réseau qui correspondent à des critères spécifiques
Vue d'Ensemble	Active/Désactive la visualisation de la vue d'ensemble
Légendes	Active/Désactive la visualisation des légendes et permet leur édition
Barre d'Outils	Active/Désactive la visualisation des Barres d'Outils
Options du Schéma...	Définit les options pour la visualisation du schéma

4.2.4. Menu projet

Le **Menu Projet** inclut des commandes qui s'appliquent sur le projet en cours de simulation:

<i>Commande</i>	<i>Description</i>
Résumé...	Fournit une description récapitulative des caractéristiques du projet
Par Défaut...	Édite les propriétés par défaut d'un projet
Données de Calage...	Déclare les fichiers contenant des données de calage
Options de Simulation...	Permet d'éditer les différentes options de simulation
Lancer la Simulation	Exécute une simulation

4.2.5. Menu rapport

Le **Menu Rapport** contient les commandes pour visualiser les résultats de l'analyse dans le format choisit:

<i>Commande</i>	<i>Description</i>
État	Rapport d'état de la simulation, s'il n'y a pas d'erreur, son contenu est vide
Énergie	Affiche l'énergie consommée par chaque pompe
Calage	Compare les résultats obtenus lors du calcul avec les valeurs mesurées
Réaction	Affiche le taux de réaction moyen à travers le réseau
Complet...	Affiche un rapport complet des valeurs calculées en chaque point du réseau à chaque instant de la simulation, et l'enregistre dans un fichier texte
Graphique...	Crée différents graphiques de différents types permettant de visualiser les résultats.
Tableau...	Crée un tableau reprenant les valeurs numériques des paramètres choisis, pour des nœuds et des arcs sélectionnés.
Options...	Contrôle le style de présentation des rapports, des graphiques et des tableaux

4.2.6. Menu fenêtre

Le **Menu Fenêtre** inclut les commandes suivantes:

<i>Commande</i>	<i>Description</i>
Réorganiser	Réorganise toutes les fenêtres filles sur la fenêtre principale
Fermer Tout	Ferme toutes les fenêtres ouvertes (sauf le schéma et le navigateur)
Liste de fenêtres	Présente une liste de toutes les fenêtres ouvertes actuellement, et indique la fenêtre active

4.2.7. Menu aide

Le **Menu Aide** contient l'aide qu'offre EPANET:

<i>Commande</i>	<i>Description</i>
Sujets de l'Aide	Propose une sélection de sujets de l'aide
Unités	Présente une liste de toutes les unités des paramètres qu'utilise EPANET
Nouveautés	Informe sur les évolutions du logiciel EPANET
Prise en Main Rapide	Propose une prise en main rapide du logiciel EPANET
À propos...	Affiche des informations sur la version d'EPANET utilisée

L'aide en ligne sur le contexte actuel est accessible en tapant **F1**.

4.3 Les barres d'outils













Les Barres d'Outils fournissent un accès rapide aux commandes les plus utilisées. Il y a deux barres d'outils:

- La barre d'outils standard
- La barre d'outils du schéma

Les barres d'outils peuvent se fixer sous la barre de menu principal ou bien peuvent être déplacées dans l'environnement de travail d'EPANET. Quand elles ne sont pas attachées à la barre de menu, elles peuvent être redimensionnées. Les barres d'outils peuvent être rendues invisibles en sélectionnant **Barres d'Outils** dans le menu **Affichage**.















4.3.1. La barre d'outils standard

La Barre d'Outils Standard contient des boutons pour l'accès par raccourci aux commandes les plus utilisées.

-  Crée un nouveau projet d'EPANET (**Fichier >> Nouveau**)
-  Ouvre un projet existant (**Fichier >> Ouvrir...**)
-  Enregistre le projet actuel (**Fichier >> Enregistrer**)
-  Imprime la fenêtre actuelle (**Fichier >> Imprimer**)
-  Copie le contenu de la fenêtre actuellement active dans le presse-papiers ou dans un fichier (**Edition >> Copier dans...**)
-  Efface l'objet sélectionné
-  Localise un objet dans le réseau (**Affichage >> Rechercher...**)
-  Exécute une simulation (**Projet >> Lancer la Simulation**)
-  Recherche des éléments dans le réseau qui répondent à des critères spécifiques (**Affichage >> Requête...**)
-  Visualise graphiquement les résultats dans une nouvelle fenêtre (**Rapport >> Graphique...**)
-  Montre un nouveau tableau des valeurs numériques des résultats (**Rapport >> Tableau...**)
-  Définit les options pour la visualisation du schéma, du rapport, du graphique ou du tableau actuellement actif (**Affichage >> Options du Schéma...** ou **Rapport >> Options...**)

4.3.2. La barre d'outils du schéma

La Barre d'Outils du Schéma contient des boutons pour manipuler et modifier le schéma du réseau.

-  Permet la sélection d'un objet dans le schéma (**Édition >> Sélectionner Objet**)
-  Permet la sélection des sommets du tracé sur le schéma (**Édition >> Sélectionner Sommet**)
-  Permet la sélection d'une région limitée dans le schéma (**Édition >> Sélectionner Région**)
-  Déplace le schéma du réseau (**Affichage >> Déplacer**)
-  Permet de voir le schéma de plus près (zoom avant) (**Affichage >> Approcher**)
-  Permet de voir le schéma de plus loin (zoom arrière) (**Affichage >> Éloigner**)
-  Redessine la carte en pleine échelle (**Affichage >> Pleine Échelle**)
-  Ajoute un Nœud de Demande au schéma
-  Ajoute une Bâche au schéma du réseau
-  Ajoute un Réservoir au schéma du réseau
-  Ajoute un Tuyau au schéma du réseau
-  Ajoute une Pompe au schéma du réseau
-  Ajoute une Vanne au schéma du réseau
-  Ajoute un Texte au schéma du réseau

4.4 La barre d'état

La Barre d'Etat se situe en bas de l'environnement de travail d'EPANET et est divisée en cinq sections, qui offrent les informations suivantes:

- **Long-Auto:** indique si le calcul automatique de la longueur des tuyaux est activé ou non
- **Unités de débit:** affiche les unités actuelles de débit
- **Niveau du Zoom:** affiche le niveau actuel du zoom (100% correspond à la pleine échelle)
- **État de la simulation:** une icône représentant un robinet indique:
 - s'il n'y a pas d'eau qui coule, il n'y a pas de résultats de calcul disponibles;
 - s'il y a de l'eau qui coule, il y a des résultats de calcul disponibles et valables;

- *si le robinet apparaît cassé, il y a des résultats de calcul disponibles mais les données du réseau ont été modifiées, les résultats peuvent donc ne pas être valables.*
- **Position XY:** *Donne les coordonnées de la souris*

4.5 Le schéma du réseau

Le Schéma du Réseau fournit un diagramme schématique en deux dimensions des objets composant un réseau de distribution d'eau. La position des objets et les distances entre eux ne correspondent pas nécessairement à leur échelle physique réelle. Les propriétés sélectionnées de ces objets, telles que la qualité de l'eau aux nœuds ou le débit dans les tuyaux, peuvent être affichées en utilisant différentes couleurs. Les codes couleur sont décrits dans une légende, ils peuvent être modifiés. De nouveaux objets peuvent être ajoutés directement au schéma et les objets existants peuvent être modifiés, effacés ou repositionnés en cliquant dessus.

Un fond d'écran (tel qu'une carte ou un plan ou une photo extérieure) peut être placé derrière le schéma du réseau comme référence.

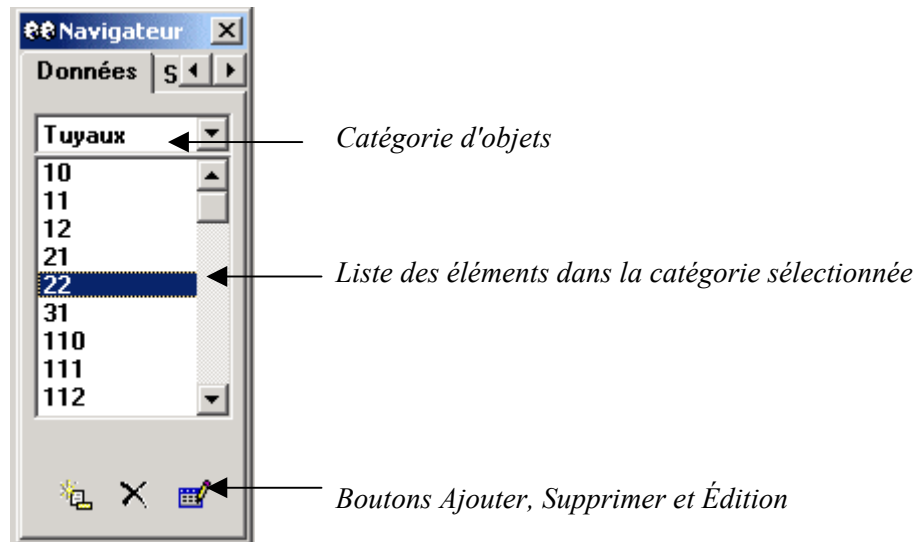
Le zoom permet de changer l'échelle et de se déplacer dans le schéma.

La taille des nœuds et des tuyaux peut être modifiée, des flèches de sens d'écoulement peuvent être créées, ainsi que des symboles représentant des objets, des étiquettes d'identification et des valeurs numériques caractérisant l'objet.

Le schéma peut être imprimé, peut être copié dans le presse-papiers de Windows, et peut être exporté comme fichier DXF ou méta-fichier de Windows.

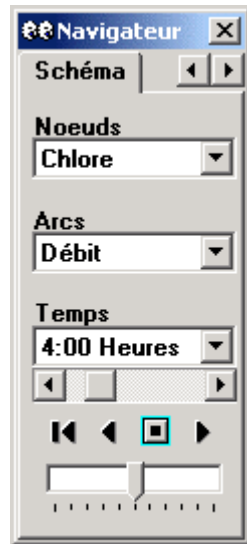
4.6 Le navigateur des données

La rubrique *Navigateur des Données* permet l'accès aux différents objets du réseau classifiés par catégorie (nœuds de demande, tuyaux, etc.). Les boutons du bas de la fenêtre sont utilisés pour ajouter, supprimer ou modifier ces objets.







4.7 Le navigateur du schéma

La rubrique *Navigateur de Schéma* (ci-dessous) permet de *sélectionner* les paramètres représentés et l'instant auquel ils sont calculés, visibles au moyen de codes couleur dans le schéma du réseau. Il contient aussi les boutons de contrôle pour afficher les résultats sur le schéma au moyen d'animation.



- *Paramètre* des nœuds qui sera représenté
- *Paramètre* des arcs qui sera représenté
- *Heure* à laquelle les paramètres sont représentés depuis le début de la simulation
- *Boutons* pour contrôler l'animation
- *Barre* pour définir la vitesse de l'animation

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

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

4.8 L'éditeur des propriétés

Propriété	Valeur
*ID Tuyau	21
*Noeud Initial	21
*Noeud Final	22
Description	
Genre	1965
*Longueur	1610
*Diamètre	250
*Rugosité	1

L'*Editeur des Propriétés* (voir à gauche) est utilisé pour éditer les propriétés des nœuds, des arcs, des textes et des modalités de calcul. Il s'active automatiquement avec un double-clic sur un des objets (du schéma ou du *Navigateur des Données*) ou bien sur l'icône *Editer* du navigateur.

Utilisation de l'éditeur :

- *L'Éditeur est un tableau à deux colonnes - une pour le nom de la propriété et l'autre pour sa valeur.*
- *La largeur des colonnes peut être modifiée en élargissant ou en rétrécissant l'en-tête de l'éditeur avec la souris.*
- *La fenêtre de l'éditeur peut être déplacée et redimensionnée comme toute fenêtre de Windows.*
- *Un astérisque devant le nom d'une propriété signifie qu'il est obligatoire de donner une valeur à cette propriété, et qu'elle ne peut pas être laissée vide.*
- *Selon la propriété, le champ de valeurs peut être un des suivants:*
 - *une zone de texte où vous tapez une valeur*
 - *une liste déroulante où vous choisissez une valeur*
 - *un bouton points de suspension sur lequel vous cliquez pour entrer dans un éditeur spécialisé*
 - *un champ protégé qui affiche des résultats calculés.*
- *La propriété active de l'éditeur ressort sur un fond blanc.*
- *On peut naviguer entre les propriétés en utilisant la souris ou les touches de déplacement du curseur sur le clavier.*
- *Pour éditer une propriété dont le fond est blanc, commencez par taper une valeur ou taper sur la touche Entrée.*
- *Pour que EPANET accepte la valeur introduite, tapez sur la touche Entrée ou déplacez-vous sur une autre propriété. Pour annuler, tapez sur la touche Echap.*
- *Cliquez sur le bouton Fermer dans le coin supérieur droit de la barre de titre pour fermer l'Éditeur.*

4.9 Préférences du programme

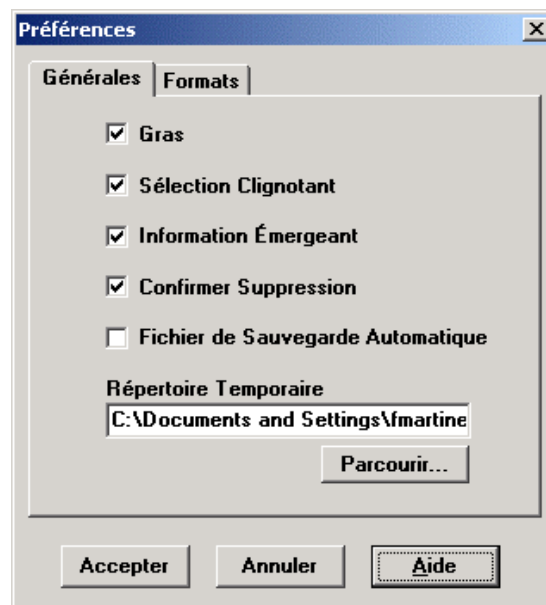
*Les Préférences du Programme vous permettent de personnaliser certaines caractéristiques du programme. Pour établir ces préférences choisissez **Préférences** dans le menu **Fichier**. Il apparaît une boîte de dialogue Préférences avec deux rubriques: une pour les Préférences Générales et une pour les Préférences de Format.*

4.9.1. Préférences générales

Les *préférences* suivantes peuvent être établies sous la rubrique Générale de la boîte de dialogue des Préférences:

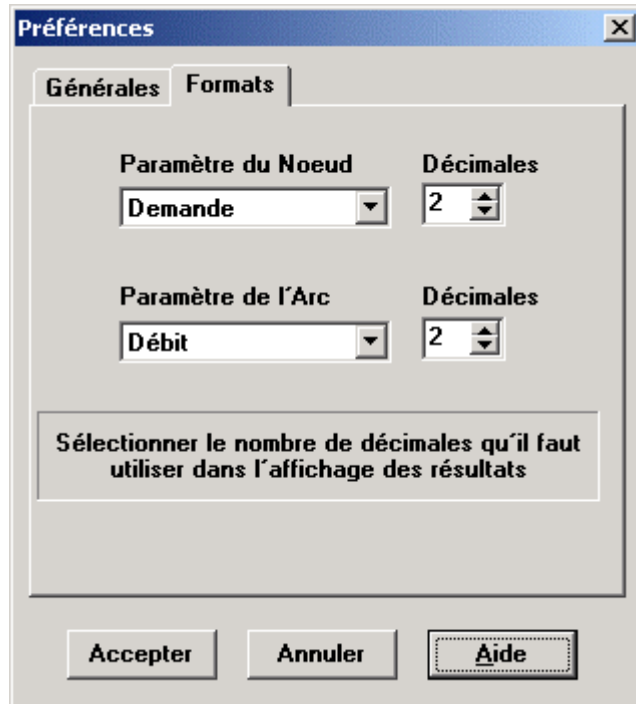
Préférence	Description
Gras	Active ou désactive l'application du style gras dans toutes les fenêtres nouvellement créées.
Sélection Clignotant	Active ou désactive le clignotement du nœud, de l'arc ou du texte sélectionné dans le schéma.
Information Émergeante	Active ou désactive l'apparition d'un message de type avertissement, chaque fois qu'on passe le curseur de la souris au-dessus d'un nœud ou d'un arc. L'information fournie dans la fenêtre présente l'identification et la valeur du paramètre.
Confirmer Suppression	Active ou désactive l'apparition d'un message de confirmation avant de supprimer n'importe quel tout objet
Fichier de Sauvegarde Automatique	Active ou désactive l'enregistrement d'une copie de sécurité d'un projet nouvellement ouvert, sur le disque. L'extension du fichier sera .bak.
Répertoire Temporaire	Nom du répertoire dans lequel EPANET écrit ses fichiers temporaires.

Note: Le Répertoire Temporaire doit être un répertoire pour lequel l'utilisateur a l'autorisation d'écriture. Il doit avoir suffisamment d'espace pour enregistrer les fichiers, qui peuvent facilement atteindre plusieurs dizaines de méga bytes pour la simulation de grands réseaux. Le répertoire par défaut est le répertoire TEMP de Windows (habituellement C:\Windows\Temp) ; à défaut, un répertoire non protégé en écriture.



4.9.2. Options de format

La rubrique **Format** de la boîte de dialogue Préférences permet de choisir le nombre de décimal à afficher pour les résultats du calcul. Utilisez les menus déroulants pour choisir le paramètre du nœud ou de l'arc dont vous voulez fixer le nombre de décimales. Utilisez les flèches pour choisir le nombre de décimales qui seront affichées pour ce paramètre ou bien tapez directement le nombre dans le champ correspondant. Les paramètres introduits par l'utilisateur (par exemple la longueur ou le diamètre d'un tuyau) seront affichés, avec la précision fixée à la saisie des données.




CHAPITRE 5 - ELABORER UN PROJET

Ce chapitre explique l'utilisation pour EPANET des fichiers projet pour enregistrer les données d'un réseau. Il indique les modifications de certaines options par défaut du projet et l'ajout au projet des données de calage (mesures réalisées).

5.1 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 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 Project sous apparaît dans laquelle vous pouvez sélectionner le répertoire et le nouveau nom du fichier que vous souhaitez.

Nota: 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**.

5.2 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 nœuds et les arcs à l'instant de leur création)
- Les *Propriétés des nœuds et des arcs* par défaut (par exemple l'altitude d'un nœud ; 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 m³/h et non en 360 m³/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.

5.2.1 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 5.1, 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 nœuds de demande, avec un incrément de 5, les nouveaux nœuds 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.

Objet	ID
Noeuds de Demande	
Bâches	
Réservoirs	
Tuyaux	
Pompes	
Vannes	
Courbes Modulation	
Courbes	
Incrément ID	1

Utiliser ces valeurs par défaut dans les futurs projets

Accepter Annuler Aide

Figure 5.1 Rubrique Étiquettes d'Identification ID de la boîte de dialogue Valeurs par Défaut

5.2.2. Propriétés des nœuds et des arcs par défaut

La rubrique des **Propriétés** de la boîte de dialogue des **Valeurs Par Défaut** est représentée dans la figure 5.2. Elle attribue les valeurs des propriétés par défaut aux nouveaux nœuds et arcs. Ces propriétés sont:

- l'Altitude des nœuds
- 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 nœud ou un arc créé avec ces propriétés par défaut peut toujours être modifié dans l'Éditeur des Propriétés.

Propriété	Valeur par Défaut
Altitude des Nœuds	0
Diamètre des Réservoirs	20
Niveau Max. Réservoirs	4
Longueur des Tuyaux	100
Longueur Automatique	Non
Diamètre des Tuyaux	200
Rugosité des Tuyaux	0,1

Utiliser ces valeurs par défaut dans les futurs projets

Accepter Annuler Aide

Figure 5.2 Rubrique Propriétés de la boîte de dialogue Valeurs par Défaut

5.2.3. 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 (voir Section 8.1). 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 nœuds, sauf si on leur a attribué une courbe de modulation individuelle.

5.3 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.

5.3.1. 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

```

5.3.2. 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 5.3) 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.

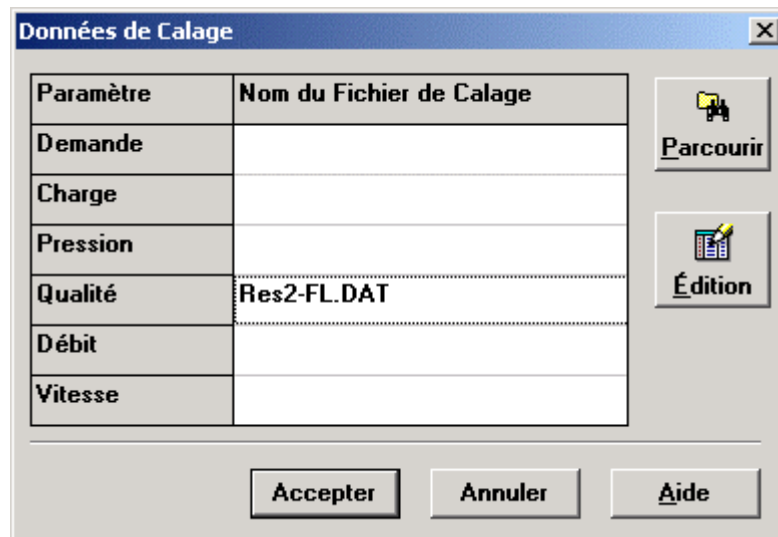


Figure 5.3 Boîte de dialogue des Données de Calage

5.4 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 nœuds, de tuyaux, de pompes, etc.*

CHAPITRE 6 - MANIPULATION DES OBJETS

EPANET utilise différents types d'objets pour modéliser un réseau de distribution. Ces objets peuvent être manipulés soit dans le schéma du réseau soit dans la rubrique de données du Navigateur. Ce chapitre décrit ces objets ainsi que leur mode de création, de sélection, d'édition, de suppression et de repositionnement.

6.1 Types d'objets

Les réseaux d'EPANET sont composés d'objets physiques, visualisés sur le schéma et d'objets non-physiques contenant des informations sur l'organisation et le fonctionnement du réseau. Ils peuvent être classés selon les catégories suivantes:

(1) Nœuds

- (a) Nœuds de Demande
- (b) Bâches
- (c) Réservoirs

(2) Arcs

- (a) Tuyaux
- (b) Pompes
- (c) Vannes

(3) Textes

(4) Courbes

(5) Courbes de Modulation

(6) Commandes




- (a) Simples
- (b) Élaborées

Tous ces objets, à l'exception des Textes, ont été décrit aux paragraphes 3.1 et 3.2. Les Textes sont des notes placées à tout endroit du schéma du réseau, pour identifier certaines zones ou pour donner des informations. On peut les déclarer comme Observants des Résultats, ancrés à certains nœuds ou arcs pour afficher la valeur du paramètre actif sélectionné dans le Navigateur du Schéma

6.2 Ajouter des objets


6.2.1 Ajouter un nœud

Vous pouvez *ajouter un Nœud* en utilisant la Barre d'Outils du Schéma:

1. Cliquez sur le bouton dans la Barre d'Outils du Schéma qui correspond au type de nœud que vous voulez ajouter (Nœud de Demande , Bâche  ou Réservoir ) , s'il n'est pas déjà enfoncé.




2. Cliquez sur l'endroit où vous voulez placer le nœud dans l'espace de travail

Pour ajouter un Nœud en utilisant le Navigateur:

1. Sélectionnez le type de nœud (Nœud de Demande, Bâche ou Réservoir) dans la liste des objets du Navigateur des Données.
2. Cliquez sur le bouton Ajouter 
3. Introduisez les coordonnées du point dans l'Éditeur des Propriétés (optionnel).


6.2.2. Ajouter un arc

Vous pouvez *ajouter un Arc* Rectiligne ou Courbé en utilisant la Barre d'Outils du Schéma:

1. Cliquez sur le bouton pour le type d'arc que vous voulez ajouter (Tuyau , Pompe  ou Vanne ) dans la Barre d'Outils du Schéma, s'il n'est pas déjà enfoncé.
2. Cliquez sur le nœud déjà défini au début de l'arc dans le schéma.
3. Dirigez la souris vers le nœud final, en cliquant sur tous les points intermédiaires du tracé où il y a un changement de direction.
4. Cliquez sur le nœud final, lui aussi, préalablement défini (sauf le nœud initial).


Pour annuler l'opération, vous pouvez cliquer avec le bouton droit de la souris ou taper Echap.

Pour ajouter un Arc Rectiligne en utilisant le Navigateur:

1. Sélectionnez le type d'arc que vous voulez ajouter (Tuyau, Pompe ou Vanne) dans la liste des Objets du Navigateur des Données.
2. Cliquez sur le bouton Ajouter 
3. Introduisez les Étiquettes d'Identification du nœud initial et du nœud final dans l'Éditeur des Propriétés.


6.2.3. Ajouter un texte

Pour ajouter un Texte:

1. Cliquez sur le bouton Texte  dans la Barre d'Outils du Schéma.
2. Cliquez sur le point dans l'espace de travail où vous voulez mettre le texte.
3. Introduisez le contenu du texte.
4. Tapez sur la touche **Entrée**.


6.2.4. Ajouter une courbe

Pour ajouter une Courbe dans la base de données du réseau:

1. Sélectionnez Courbe dans la liste des Catégories d'Objets dans le Navigateur des Données;
2. Cliquez sur le bouton Ajouter  de la fenêtre du Navigateur;
3. Éditez la courbe en utilisant l'Éditeur de Courbe (voir ensuite).

6.2.5. Ajouter une courbe de modulation

Vous pouvez ajouter une Courbe de Modulation dans la base de données du réseau:


1. Sélectionnez Courbe de Modulation dans la liste des catégories d'objets dans le navigateur des données;
2. Cliquez sur le bouton Ajouter  de la fenêtre du navigateur ;
3. Éditez la courbe de modulation en utilisant l'Éditeur de Courbes de Modulation (voir ensuite).

6.2.6. Utiliser des fichiers texte

Ajouter des objets individuellement n'est pas la seule manière pour construire un réseau; vous pouvez aussi importer un fichier contenant une liste de nœuds avec leur étiquette d'identification et leurs coordonnées, et une liste d'arcs avec leur étiquette d'identification comportant également les nœuds initiaux et finaux (voir Section 11.4 - Importation d'une Partie d'un Réseau).

6.3 Sélection des objets

Pour sélectionner un objet dans le schéma:


1. Vérifier que le schéma est mis dans le mode Sélection (le pointeur de la souris doit avoir la forme d'une flèche). Pour mettre le schéma dans ce mode, cliquez sur le bouton Sélectionner Objet  dans la Barre d'Outils du Schéma ou sélectionnez **Sélectionner Objet** dans le menu **Édition**.
2. Cliquez sur l'objet désiré dans le schéma.

Pour sélectionner un objet à l'aide du Navigateur:

1. Sélectionnez la catégorie de l'objet dans le menu déroulant du Navigateur des Données.
2. Sélectionnez l'objet désiré dans la liste au-dessous de la catégorie.

6.4 Édition des objets visibles

L'Éditeur des Propriétés (voir Section 4.8) s'utilise pour éditer les propriétés des objets présents dans le schéma (Nœuds, Réservoirs, Bâches, Tuyaux, Pompes, Vannes ou Textes). Pour éditer un de ces objets, sélectionnez l'objet dans le schéma ou dans le navigateur des données, et cliquez ensuite sur le bouton

Éditer  dans le navigateur des données (ou double-cliquez sur l'objet dans le schéma). Vous trouverez une description des propriétés de chacun de ces objets dans les Tableaux 6.1 à 6.7.

Note: Le système d'unités dans lequel les propriétés seront affichées dépend de l'unité de débit choisie. Si le débit est exprimé en pieds cubes, en gallons ou en acre pieds, les unités américaines seront utilisées pour toutes les autres quantités. L'utilisation des litres ou des mètres cube pour le débit entraîne l'affichage de toutes les valeurs en unités SI. Le choix des unités de débit s'effectue dans les Options Hydrauliques en sélectionnant le menu **Projet >> Par Défaut**. Un résumé de toutes les unités utilisées pour les différents paramètres est donné dans l'appendice A.

Tableau 6.1 Propriétés des *Nœuds de Demande*

<i>PROPRIETE</i>	<i>DESCRIPTION</i>
ID Nœud	Étiquette d'identification unique utilisée pour identifier le Nœud de Demande. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères et doit être différente de l'étiquette des autres nœuds. Ce champ est obligatoire.
Coordonnée X	Position horizontale du nœud de demande, exprimée en unités du schéma. Si on laisse le champ vide, le nœud de demande n'apparaît pas dans le schéma.
Coordonnée Y	Position verticale du nœud de demande, exprimée en unités du schéma. Si on laisse le champ vide, le nœud de demande n'apparaît pas dans le schéma.
Description	Texte optionnel d'informations supplémentaires sur le nœud de demande.
Genre	Texte optionnel (sans espace), de rattachement du nœud 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 nœud 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 nœud 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 nœud 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 Courbe de Modulation Par Défaut des <i>Options Hydrauliques</i> (voir Section 8.1).
Catégories de Demande	Nombre de catégories différentes de consommateurs d'eau définies à ce nœud. Cliquez sur le bouton points de suspension (...) ou tapez sur la touche Entrée pour activer un <i>Éditeur de Demande</i> qui vous permette d'afficher plusieurs demandes de base et courbes de modulation de demande aux différentes catégories de consommateurs à ce nœud particulier. Laissez vide s'il n'y a qu'une seule catégorie de demande.
Coeff. de l'émetteur	Coefficient de décharge pour les buses (arrosage ou orifice calibré) qui se trouvent sur le nœud 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. Voir le sujet dans le chapitre 3.1.
Qualité Initiale	Niveau de la qualité de l'eau au nœud 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' <i>Éditeur de Qualité de Source</i> , (voir Section 6.5 ensuite).

Tableau 6.2 Propriétés des *Bâches*

<i>PROPRIETE</i>	<i>DESCRIPTION</i>
ID Bâche	Etiquette d'identification unique utilisée pour identifier la Bâche. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères, et doit être différente de l'étiquette des autres nœuds. Ce champ est obligatoire.
Coordonnée X	Position horizontale de la bâche, exprimée en unités du schéma. Si on laisse le champ vide, la bâche infinie ne sera pas affichée dans le schéma.
Coordonnée Y	Position verticale de la bâche, exprimée en unités du schéma. Si on le laisse vide, la bâche ne sera pas affichée dans le schéma.
Description	Texte optionnel qui donne des informations supplémentaires sur la bâche.
Genre	Texte optionnel (sans espace), pour affecter la bâche à une catégorie particulière (par exemple une zone de pression).
Charge	Charge hydraulique (altitude + niveau) de l'eau dans la bâche 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 bâche 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 bâche 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 bâche 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' <i>Éditeur de Qualité de Source</i> , (voir Section 6.5 ensuite).

Tableau 6.3 Propriétés des Réservoirs

PROPRIETE	DESCRIPTION
ID Réservoir	Etiquette d'identification unique utilisée pour identifier le Réservoir. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères, et doit être différente de l'étiquette des autres nœuds. Ce champ est obligatoire.
Coordonnée X	Position horizontale du réservoir, exprimée en unités du schéma. Si on laisse le champ vide, le réservoir ne sera pas affiché dans le schéma.
Coordonnée Y	Position verticale du réservoir, exprimée en unités du schéma. Si on laisse la propriété vide, le réservoir ne sera pas affiché dans le schéma.
Description	Texte optionnel d'information supplémentaire sur le réservoir.
Genre	Texte optionnel (sans espace), pour rattacher le réservoir à une catégorie particulière (par exemple une zone de pression).
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 (voir ci-dessous).
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"> • <i>PARFAIT (mélange homogène)</i> • <i>2COMP (mélange en deux compartiments),</i> • <i>FIFO (écoulement en piston type FIFO),</i> Voir le paragraphe " <i>Mélange dans les Réservoirs</i> " du chapitre 3.4.
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 <i>Options Réactions</i> s'applique. Voir la partie " <i>Réactions modifiant la Qualité de l'Eau</i> " du chapitre 3.4.
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' <i>Éditeur de Qualité de Source</i> , (voir Section 6.5 ensuite)

Tableau 6.4 Propriétés des Tuyaux

<i>PROPRIETE</i>	<i>DESCRIPTION</i>
ID Tuyau	Étiquette d'identification unique utilisée pour identifier le tuyau. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères et doit être différente de l'étiquette des autres arcs. Ce champ est obligatoire.
Nœud Initial	Étiquette d'identification du nœud d'où le tuyau part. Ce champ est obligatoire.
Nœud Final	Étiquette d'identification du nœud d'où le tuyau arrive. Ce champ est obligatoire.
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 (millipieds) 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 est considéré comme nul s'il n'est pas renseigné.
État Initial	Ce paramètre spécifie si le tuyau est ouvert , fermé au début de la simulation ou s'il contient un clapet anti-retour (clapet A-R) ; dans ce cas, l'écoulement s'effectue toujours du nœud initial vers le nœud 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. Voir la partie <i>Réactions changeant la Qualité de l'Eau</i> du chapitre 3.4.
Coef. Réact. aux Parois	Coefficient de réaction pour les réactions chimiques aux parois du tuyau. Les unités sont masse/m ² /jour (masse/ft ² /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. Voir la partie <i>Réactions qui modifient la Qualité de l'Eau</i> du chapitre 3.4.

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* (voir chapitre 7.2).

Tableau 6.5 Propriétés des Pompes

<i>PROPRIETE</i>	<i>DESCRIPTION</i>
ID Pompe	Etiquette d'identification unique utilisée pour identifier la pompe. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères et doit être différente de l'étiquette des autres arcs. Ce champ est obligatoire.
Nœud d'Aspiration	Etiquette d'identification du nœud du côté de l'aspiration de la pompe. Ce champ est obligatoire.
Nœud de Décharge	Etiquette d'identification du nœud du côté du refoulement de la pompe. Ce champ est obligatoire.
Description	Texte optionnel pour des informations supplémentaires sur la pompe.
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 (voir ensuite).
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 (voir Section 8.1).
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 (voir Section 8.1).
Courbe de Modul. Prix	Etiquette 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 (voir champ antérieur). Laissez vide si elle n'est pas utilisée ou si on utilise la valeur globale des Options de l'Énergie du projet (voir Section 8.1).

Tableau 6.6 Propriétés des Vannes

<i>PROPRIETE</i>	<i>DESCRIPTION</i>														
ID Vanne	Étiquette d'identification unique utilisée pour identifier la Vanne. Elle consiste en un maximum de 15 chiffres ou caractères et doit être différente de l'étiquette des autres arcs. Ce champ est obligatoire.														
Nœud Initial	Étiquette d'identification du nœud amont (les Vannes Stabilisatrices Aval et Vannes Stabilisatrices Amont permettent un écoulement en sens unique). Ce champ est obligatoire.														
Nœud Final	Étiquette d'identification du nœud aval. Ce champ est obligatoire.														
Description	Texte optionnel donnant des informations supplémentaires sur la vanne.														
Genre	Texte optionnel (sans espace), pour classer la vanne dans une catégorie prédéfinie (par exemple son âge ou localisation).														
Diamètre	Diamètre de la vanne en mm (pouces). Ce champ est obligatoire.														
Type	Type de vanne (Stabilisatrice Aval, Stabilisatrice Amont, Réducteur de pression, Régulatrice de Débit, Diaphragme ou d'Usage Général). Voir les descriptions des différents types de vannes dans la Section 3.1. L'utilisation du menu dérouleur est obligatoire.														
Consigne	Paramètre obligatoire qui décrit la consigne opérationnelle de la vanne. <table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Type de Vanne</u></th> <th><u>Consigne</u></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>	<u>Type de Vanne</u>	<u>Consigne</u>	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
<u>Type de Vanne</u>	<u>Consigne</u>														
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 Ouvert ou Fermé , la consigne de la vanne est ignorée et la vanne se comporte comme un arc ouvert ou fermé. Si on le met à En régulation , 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 6.7 Propriétés des *Textes*


<i>PROPRIETE</i>	<i>DESCRIPTION</i>
Texte	Contenu du texte.
Coordonnée X	Position horizontale du coin supérieure gauche du texte, exprimée en unités du schéma. Ce champ est obligatoire.
Coordonnée Y	Position verticale du coin supérieure gauche du texte, exprimée en unités du schéma. Ce champ est obligatoire.
Nœud d'Ancrage	Etiquette d'identification du nœud qui sert de point d'ancrage (voir Note 1, ci-dessous). Laissez vide si le texte n'est pas ancré.
Type d'Élément Observé	Type d'objet auquel le texte s'applique (voir Note 2 ci-dessous). On a le choix entre Aucun , Nœud et Arc .
ID de l'Élément Observé	Etiquette d'identification de l'objet (Nœud 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 nœud 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 nœud existant, seul le contenu du texte est affiché.*

6.5 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 nœuds 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 Nœuds de Demande, Bâches et Réservoirs contient le même bouton activant aussi un Éditeur de Qualité de Sources particulier.

6.5.1. Éditeur de courbes

L'Éditeur de Courbes est une boîte de dialogue, représentée Figure 6.1. Pour utiliser l'éditeur de courbe, il faut entrer les paramètres suivants:

Paramètre	Description
ID Courbe	Etiquette 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**.

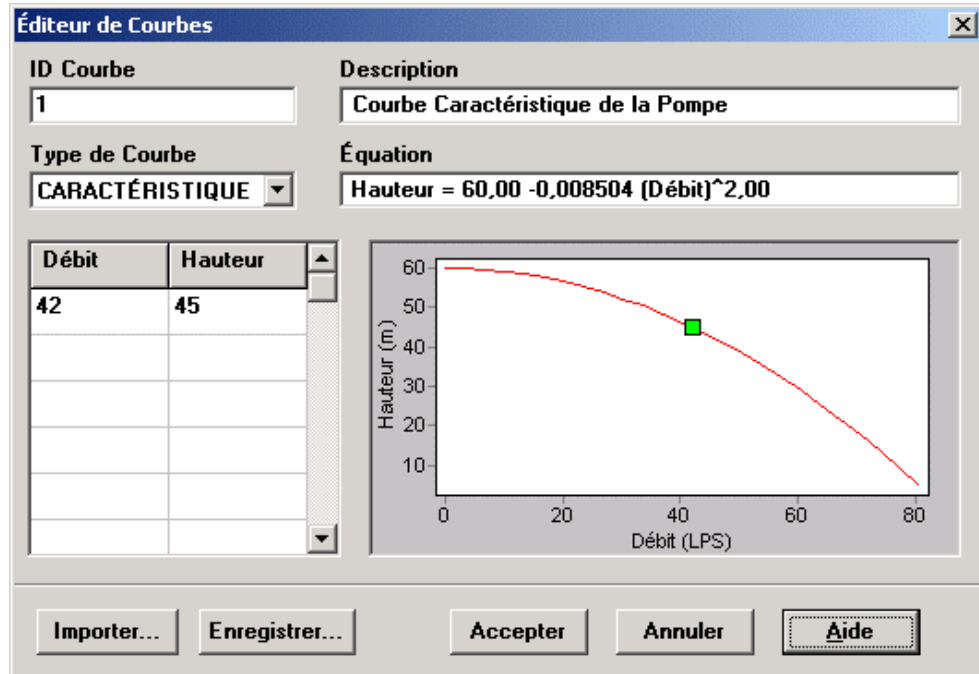


Figure 6.1a Éditeur de Courbe : courbe caractéristique de pompe

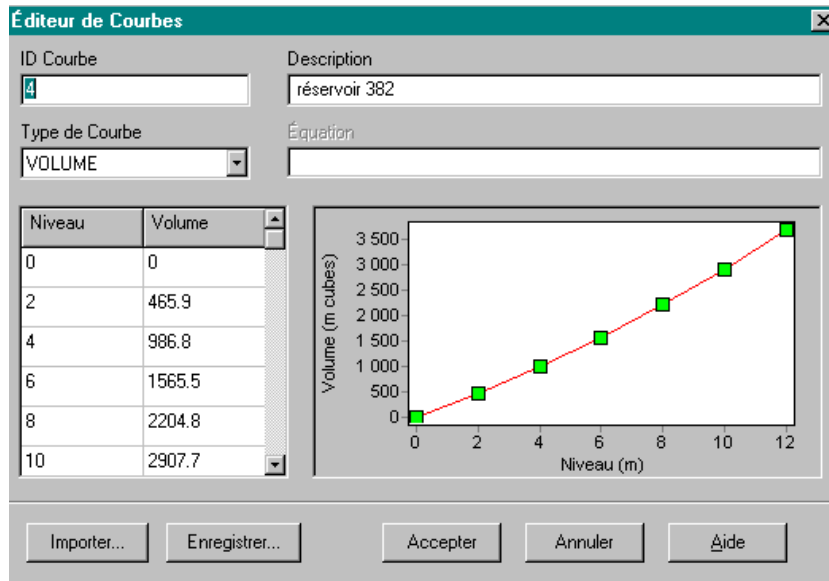


Figure 6.1b Editeur de courbe : courbe de volume de réservoir

6.5.2. 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. Voir figure 6.2. Pour utiliser cet éditeur, vous devez introduire les paramètres suivants:

Paramètre	Description
ID Modulation	Etiquette 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**.

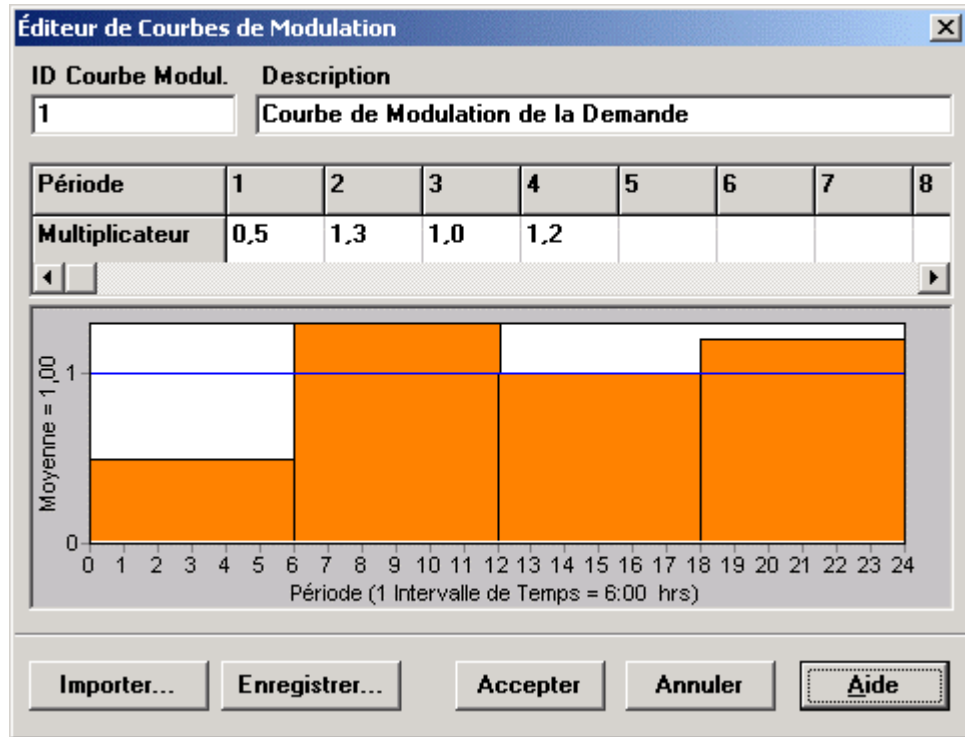


Figure 6.2 Éditeur de Courbe de Modulation

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

6.5.3. Éditeur de commandes

L'Éditeur de Commandes (Figure 6.3) 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 (.).

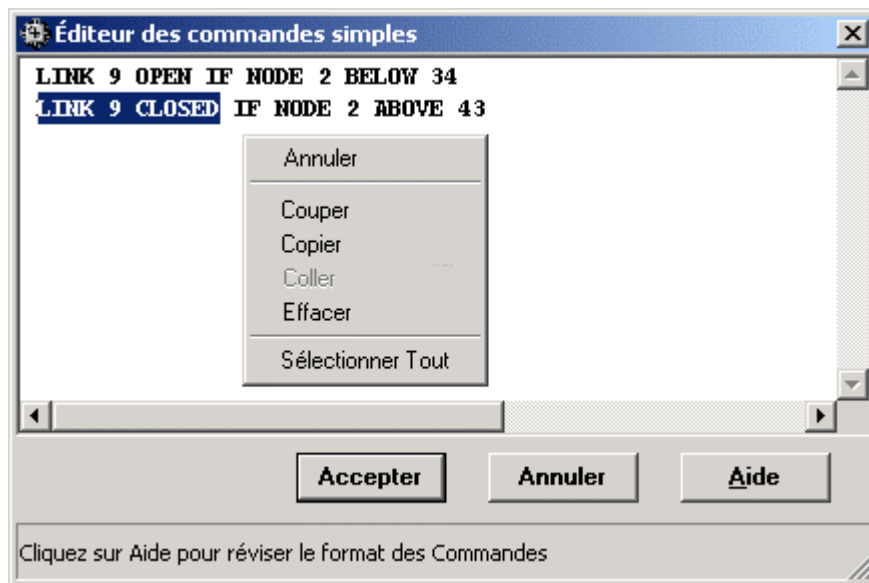


Figure 6.3 Éditeur de Commandes

6.5.4. Éditeur de demandes

L'Éditeur de Demandes est représenté dans la Figure 6.4. Il est utilisé pour attribuer des demandes de base et des courbes de modulation à plusieurs catégories de consommateurs d'eau au nœud 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 6.4 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 nœud de demande et sera visible dans le champ de Demande de Base de l'Éditeur des Propriétés.

6.5.5. 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 nœud. 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 6.5, vous trouvez les champs suivants:

Figure 6.5 Éditeur de Qualité de Source

<i>Champ</i>	<i>Description</i>
Type de Source	Choisissez entre: <ul style="list-style-type: none"> - Concentration en Entrée - Injection d'un Débit Massique - Concentration en Sortie - Augmentation Fixe
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 nœud 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 nœud.*
- *Une source à **Concentration en Sortie** fixe la concentration du flux qui sort du nœud à une certaine valeur (sauf si la concentration moyenne qui entre dans le nœud ne dépasse pas cette valeur).*
- *Une source à **Augmentation Fixe** augmente la concentration initiale (résultat du mélange de tous les flux arrivant au nœud) d'une certaine valeur.*

Une source de type concentration en entrée est le meilleur choix pour modéliser des nœuds où existent des installations de traitement (par exemple des réservoirs et des nœuds 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.

6.6 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.*

6.7 Dessiner et changer le sens des arcs

Un arc peut être dessiné sous forme de ligne brisée (ensemble continu de segments droits) ce qui permet de tracer des arcs non-rectilignes. Une fois que vous avez dessiné l'arc dans le schéma, vous pouvez ajouter, supprimer et déplacer les points intérieurs qui définissent ces segments (voir la Figure 6.6). Pour modifier les Sommets (points intérieurs) d'un arc :

1. Sélectionnez l'arc que vous voulez modifier dans le schéma et cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils du schéma (ou sélectionnez **Édition** >> **Sélectionner Sommet** de la barre de menu ou cliquez sur l'arc avec le bouton droit de la souris et sélectionnez **Sommets** du menu contextuel).
2. Le pointeur se transforme en flèche, et tous les sommets des arcs sont enveloppés dans un petit carré. Cliquez sur un sommet particulier pour le sélectionner.
3. Pour ajouter un nouveau sommet à l'arc, cliquez avec le bouton droit de la souris et sélectionnez **Ajouter Sommet** du menu contextuel (ou tapez sur la touche **Insertion** du clavier).
4. Pour supprimer le sommet sélectionné, cliquez avec le bouton droit de la souris et sélectionnez **Supprimer Sommet** du menu contextuel (ou taper sur la touche **Supprimer** du clavier).
5. Pour déplacer le sommet, glissez-le dans sa nouvelle position, en maintenant toujours le bouton gauche de la souris enfoncé.
6. Lorsque le mode de sélection des sommets est actif, on peut saisir les autres sommets en cliquant sur un arc. Pour quitter le mode de sélection des sommets, cliquez dans le schéma avec le bouton droit de la souris et sélectionnez **Quitter Édition** du menu contextuel ou cliquez sur un bouton de la barre d'outils du schéma.

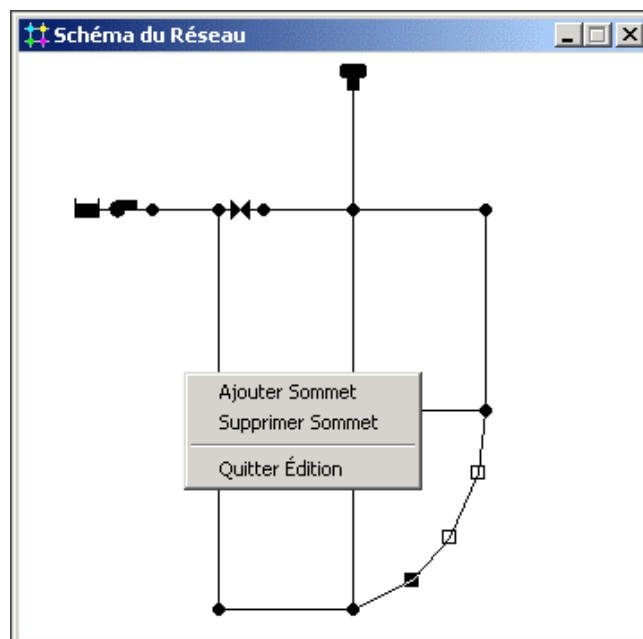



Figure 6.6 Redessiner un Arc

On peut aussi changer le sens d'un arc (c'est à dire changer les nœuds finaux) en cliquant sur l'arc avec le bouton droit de la souris et sélectionner **Inverser** du menu contextuel. Ceci est utile, dans le cas où il faudrait réorienter des pompes et des vannes installées dans le mauvais sens.

6.8 Supprimer un objet

Pour *Supprimer un objet*:

1. Sélectionnez l'objet dans le schéma ou dans le navigateur des données.
2. Ensuite, vous avez le choix entre:
 - cliquer sur  dans la barre d'outils standard,
 - cliquer sur le même bouton dans le navigateur des données,
 - taper sur la touche **Supprimer** du clavier.

Nota: Vous pouvez demander à ce que la suppression d'un objet ne s'effectue pas avant d'avoir répondu affirmativement à la boîte de dialogue de confirmation. Voir la page sur les Préférences Générales de la boîte de dialogue des Préférences du Programme décrites dans la Section 4.9.

6.9 Déplacer un Objet


Pour *déplacer un nœud* ou un texte dans le schéma:

1. Sélectionnez le nœud ou le texte.
2. Cliquez sur l'objet et déplacez l'objet dans sa nouvelle position, en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé.
3. Lâchez le bouton gauche.


Vous pouvez aussi taper les nouvelles coordonnées X et Y de l'objet dans l'Éditeur des Propriétés. Quand un nœud est déplacé, les arcs reliés au nœud sont déplacés également.

6.10 Sélectionner un groupe d'objets

Pour sélectionner un groupe d'objets d'une région de forme irrégulière sur le schéma:

1. Sélectionnez **Édition** >> **Sélectionner Région** ou cliquez sur le bouton  dans la Barre d'Outils du Schéma.
2. Dessinez un polygone autour de la région désirée du schéma en cliquant sur chaque sommet du polygone avec le bouton gauche de la souris.
3. Fermez le polygone en cliquant avec le bouton droit de la souris ou en tapant sur la touche **Entrée** du clavier; annulez la sélection en tapant sur la touche **Echap**.

Pour sélectionner tous les objets visibles actuellement dans le schéma, sélectionnez **Édition** >> **Sélectionner Tous** (Les objets qui se trouvent hors de la zone visible du schéma ne seront pas sélectionnés)

Une fois que vous avez sélectionné un groupe d'objets, vous pouvez éditer une propriété commune (voir la section suivante) ou supprimer les objets sélectionnés. Pour effectuer la suppression, cliquez sur  ou tapez sur la touche **Supprimer**.

6.11 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 6.6, s'utilise pour modifier une propriété dans un groupe d'objets. Pour cela :

1. Sélectionnez une catégorie d'objets (Nœuds 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.

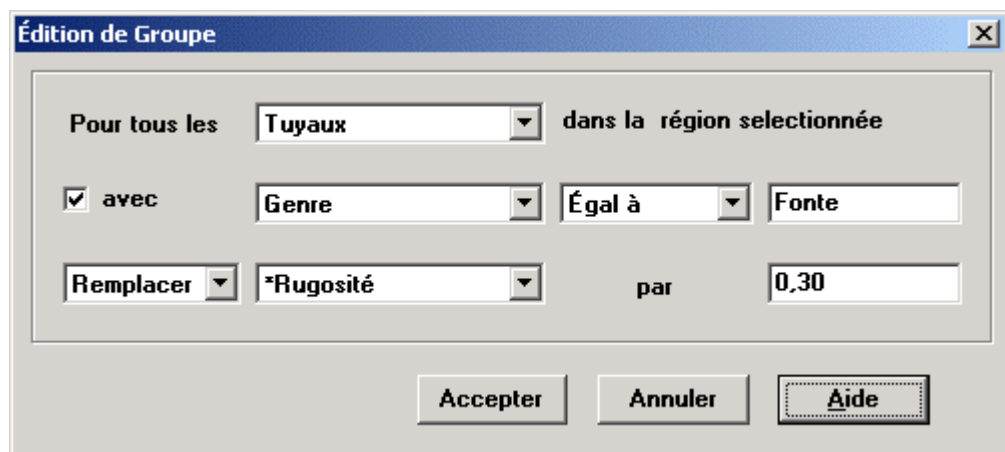


Figure 6.7 Boîte de Dialogue d'Édition de Groupe

CHAPITRE 7 - MANIPULATION DU SCHEMA

EPANET permet de visualiser le Schéma d'un réseau en cours de modélisation. Ce chapitre décrit les améliorations des vues d'écran. .

7.1 Sélection de l'affichage du schéma

Le navigateur du schéma (Section 4.7) est utilisé pour sélectionner les *paramètres des nœuds* et des arcs qui seront visualisés dans le schéma. Les paramètres sont représentés dans le schéma à l'aide de couleurs, spécifiées dans la légende du schéma (voir § 7.7), pour visualiser les différents intervalles de valeurs. Les unités affichées sont en rapport avec les valeurs par défaut sélectionnées pour ce projet.

Les paramètres des nœuds qui peuvent être visualisés sont:

- *Altitude*
- *Demande de base (demande nominale ou moyenne)*
- *Qualité initiale (qualité de l'eau au début de la simulation)*
- **Demande (la demande totale au moment présent)*
- **Charge (altitude + hauteur de pression)*
- **Pression*
- **Qualité de l'Eau*

Les paramètres des arcs qui peuvent être visualisés sont:

- *Longueur*
- *Diamètre*
- *Coefficient de rugosité*
- *Coefficient de réaction de Masse*
- *Coefficient de réaction aux Parois*
- **Débit*
- **Vitesse*
- **Perte de charge unitaire (pour 1000 mètres (ou pieds) de tuyau) en m/km*
- **Facteur de friction (de la formule de perte de charge de Darcy-Weisbach)*
- **Vitesse de réaction (moyenne de la longueur du tuyau)*
- **Qualité de l'eau (moyenne de la longueur du tuyau)*

Les paramètres indiqués avec un astérisque sont des quantités calculées, dont les valeurs ne seront disponibles qu'après une simulation réussie (voir Chapitre 8 – Lancer une simulation).

7.2 Établir les dimensions du schéma

Les *dimensions physiques du schéma* doivent être définies pour le voir en intégralité sur l'écran. Pour cela :

1. Sélectionnez **Affichage >> Dimensions...** de la Barre de Menu.
2. Introduisez les informations de dimensions dans la boîte de dialogue des Dimensions du Schéma (voir la Figure 7.1) ou cliquez sur le bouton **Ajustage Automatique** pour faire qu'EPANET calcule les dimensions à partir des coordonnées des objets qui sont déjà mis dans le réseau.
3. Sélectionnez les unités de distance adéquates pour les coordonnées introduites.
4. Cliquez sur **Accepter** pour redimensionner le schéma.

Figure 7.1 Boîte de Dialogue Dimensions du Schéma

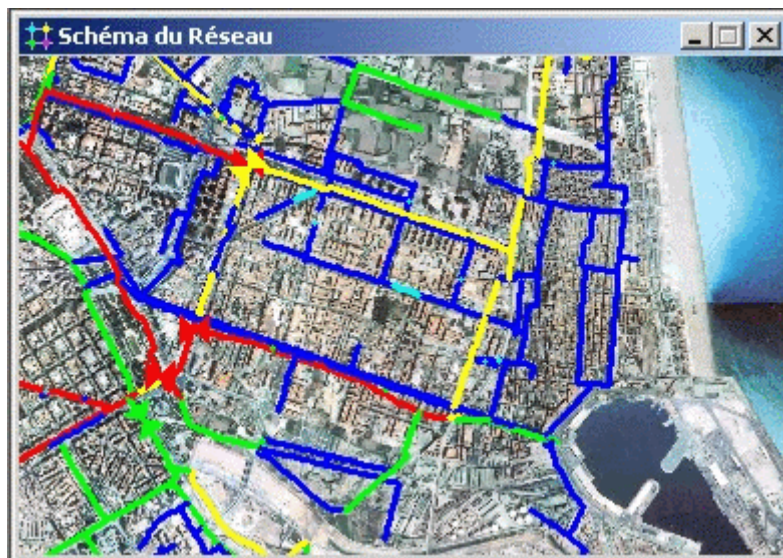
Dans la boîte de dialogue des dimensions du schéma vous trouvez les informations suivantes:

Paramètre	Description
Coin inférieur gauche	Les coordonnées X et Y du coin inférieur gauche du schéma.
Coin supérieur droit	Les coordonnées X et Y du coin supérieur droit du schéma.
Unités du schéma	Unités dans lesquelles les distances du schéma sont exprimées. On a le choix entre pieds, mètres, degrés, et aucune (c'est à dire, des unités arbitraires).
Ajustage automatique	Calcule les dimensions à partir des coordonnées des objets qui sont déjà mis dans le réseau.

Note: Si vous voulez utiliser en même temps un fond d'écran et le calcul automatique des longueurs des tuyaux, il est recommandé d'entrer les dimensions du schéma immédiatement après avoir créé un nouveau projet; les unités de distance dans le schéma peuvent être différentes des unités de longueur de tuyaux (mètres ou pieds), qui dépendent du choix des unités de débit que vous avez fait (unités métriques et unités américaines). EPANET convertit automatiquement les unités si nécessaire.

7.3 Utiliser un fond d'écran

EPANET peut afficher un Fond d'Écran derrière le schéma du réseau. Le fond d'écran peut être une carte routière, un plan de services publics, une carte topographique, un plan d'aménagement du territoire ou n'importe quel autre dessin. En utilisant une carte routière vous simplifiez le processus d'ajout des tuyaux au réseau. En effet, vous pouvez ajouter de cette manière les nœuds et le tracé des arcs directement sur le plan.



Le fond d'écran doit être un méta-fichier amélioré de Windows ou un bitmap créé hors EPANET. Une fois le plan importé, il ne peut être modifié, bien que son échelle et son contenu changent lorsqu'on zoome ou qu'on se déplace dans le schéma. Les méta-fichiers sont préférables aux bitmaps : il n'y a pas de perte de résolution lorsque vous vous rapprochez dans le plan. La majorité des programmes CAO et SIG (système d'information géographique) disposent d'une fonction pour sauvegarder les dessins comme méta-fichiers (metafiles).

Si vous sélectionnez **Affichage >> Fond d'Écran** de la barre de menu, vous verrez un sous-menu avec les commandes suivantes:

- **Importer...** (importe un fichier avec un fond d'écran dans le projet)
- **Éliminer** (élimine le fond d'écran du projet)
- **Aligner** (aligne le réseau avec le fond d'écran)
- **Cacher/Afficher** (désactive ou active l'affichage du fond d'écran)


À l'importation, le coin supérieur gauche du fond d'écran coïncide avec le même coin de l'encadrement du schéma. Vous pouvez repositionner le plan vis à vis du schéma du réseau en sélectionnant **Affichage >> Fond d'écran >> Aligner**. Ainsi, vous pouvez déplacer le schéma complet du réseau sur le fond d'écran à l'endroit désiré (toujours en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé). Le nom du fichier de fond d'écran et l'alignement sont sauvegardés au moment où vous enregistrez le projet.

Pour obtenir les meilleurs résultats en utilisant un fond d'écran:


- Utilisez un meta-fichier et non un bitmap.
- Dimensionnez le réseau de manière à ce que le rectangle qui délimite le schéma du réseau ait le même rapport entre sa largeur et sa longueur que le fond d'écran.


7.4 Approcher ou éloigner le schéma

Pour **Approcher** dans le schéma:

1. Sélectionnez **Affichage >> Approcher** de la barre de menu ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils du schéma.
2. Pour rapprocher le schéma à une échelle égale à deux fois l'échelle actuelle, (100%), mettez le pointeur de la souris au milieu du schéma et cliquez avec le bouton gauche.
3. Pour rapprocher une zone déterminée, mettez le pointeur de la souris au coin supérieur gauche de cette zone, et glissez-le au coin inférieur droit de la zone désirée, en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé. Quand le rectangle dessiné délimite la zone entièrement, lâchez le bouton gauche de la souris.


Pour **Éloigner** dans le schéma:

1. Sélectionnez **Affichage >> Éloigner** de la barre de menu ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils du Schéma.
2. Mettez le pointeur de la souris au milieu du schéma et cliquez avec le bouton gauche.
3. Le schéma sera remis au niveau de zoom initial, avec le point sélectionné au milieu..

Pour redessiner la carte en Pleine Échelle (100 %) cliquez sur **Affichage >> Pleine Échelle** de la barre de menu ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils du schéma.

7.5 Se déplacer dans le schéma

Pour **Déplacer** le schéma dans la fenêtre:


1. Sélectionnez **Affichage >> Déplacer** de la barre de menu ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils du schéma.
2. Glissez le schéma dans la direction désirée, en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé.
3. Lâchez le bouton gauche de la souris.

Pour vous déplacer en utilisant la Vue d'Ensemble (voir la Section 7.8):

1. Si la fenêtre de la vue d'ensemble n'est pas visible, sélectionnez **Affichage >> Vue d'Ensemble** de la barre de menu.
2. Mettez le pointeur de la souris dans le viseur du zoom que vous voyez dans la vue d'ensemble (encadré en rouge).
3. Glissez le viseur jusqu'à la position désirée, en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé.
4. Lorsque vous lâchez le bouton gauche de la souris, le schéma du réseau se déplace dans la zone que vous avez indiquée avec le viseur dans la vue d'ensemble.


7.6 Rechercher un objet

Pour chercher un Nœud ou un Arc dont vous connaissez l'étiquette d'identification dans le schéma:

1. Sélectionnez **Affichage >> Rechercher** de la barre de menu ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils standard.
2. Dans la boîte de dialogue de Recherche sur le Schéma, sélectionnez **Nœud** ou **Arc** et introduisez l'étiquette d'identification.
3. Cliquez sur **Rechercher**.

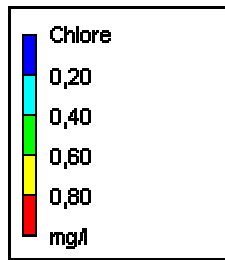
Si le nœud ou l'arc existe, il sera indiqué dans le schéma et dans le navigateur. Si nécessaire, le schéma sera automatiquement déplacé pour rendre visible l'objet dans la fenêtre du schéma. La boîte de dialogue de Recherche sur le Schéma affiche également les étiquettes d'identification des arcs qui sont liés au nœud recherché ou les nœuds liés à l'arc recherché.

Pour lister toutes les qualités de sources d'eau:

1. Sélectionnez **Affichage >> Rechercher** de la barre de menu ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils standard.
2. Dans la boîte de dialogue de Recherche sur le Schéma, sélectionnez **Source**.
3. Cliquez sur le bouton **Rechercher**.

Les étiquettes d'identification de tous les nœuds représentant une source seront listées dans la boîte de dialogue de Recherche sur le Schéma. Lorsque vous cliquez sur l'étiquette d'identification d'un nœud, celui-ci est indiqué dans le schéma.

7.7 Les légendes du schéma



Trois types de légendes peuvent être visualisés. Les légendes des nœuds et des arcs associent une couleur à un intervalle de valeurs du paramètre actif dans le schéma. La Légende « heure de la journée » horodate la simulation. Pour afficher ou cacher ces légendes cliquez sur **Affichage >> Légendes >> Nœuds/Arcs/Heure de la Journée** ou cliquez sur le schéma avec le bouton droit de la souris et sélectionnez **Légendes de Nœuds/Arcs** ou **Heure de la Journée** dans le menu contextuel. On peut aussi cacher chacune de ces légendes en double cliquant dessus.

Les unités affichées correspondent aux « valeurs par défaut » sélectionnées pour ce projet.

Pour changer la position d'une légende:

1. Cliquez sur la légende avec le bouton gauche de la souris.
2. Glissez la légende jusqu'à la position désirée, en maintenant le bouton gauche de la souris enfoncé.

Pour éditer la légende des Nœuds:

1. Sélectionnez **Affichage >> Légendes >> Modifier >> Nœud** ou cliquez avec le bouton droit de la souris sur la légende quand celle-ci est visible.
2. Utilisez la boîte de dialogue de l'Éditeur de Légendes (voir la Figure 7.2) pour modifier les couleurs et les intervalles de la légende.

Vous pouvez éditer la légende des Arcs de la même façon.

L'Éditeur de Légendes (Figure 7.2) s'utilise pour établir les intervalles auxquels les différentes couleurs sont assignées pour visualiser certains paramètres dans le schéma du réseau. Vous l'utilisez de la manière suivante:

- Introduisez les intervalles successifs dans les champs, en ordre croissant. Il n'est pas nécessaire que tous les champs aient des valeurs.
- Pour changer la couleur d'un segment de la barre, cliquez dessus et sélectionnez une nouvelle couleur dans la boîte de dialogue des Couleurs.
- Cliquez sur le bouton **Intervalles Égaux** pour créer cinq intervalles égaux sur la gamme totale de variation du paramètre.
- Cliquez sur le bouton **Quantiles Égaux** pour créer cinq intervalles de même nombre de valeurs.
- Le bouton **Liste des Couleurs** s'utilise pour choisir une couleur d'une gamme de couleurs prédéterminée.

- Le bouton **Permuter Couleurs** permute l'ordre actuel des couleurs (la couleur de l'intervalle inférieur devient celle de l'intervalle supérieur et vice versa).
- Cochez **Encadrer** si vous voulez encadrer la légende.

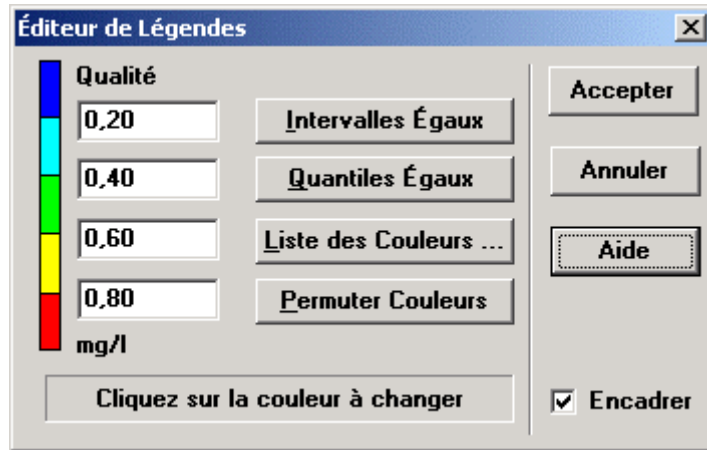
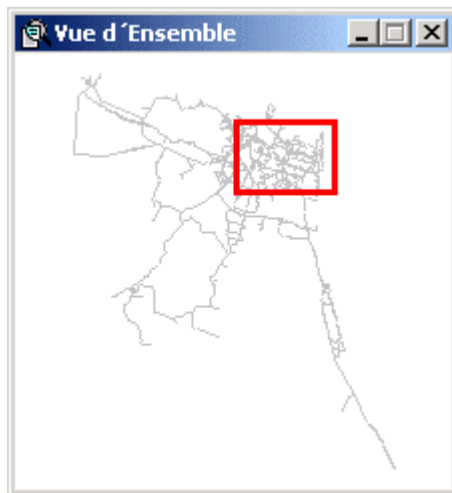


Figure 7.2 Boîte de Dialogue de l'Éditeur de Légendes

Nota: Ces nouveaux paramètres deviendront effectifs après une nouvelle simulation.


7.8 Vue d'ensemble



La *Vue d'Ensemble* délimite par un encadrement rouge, dans une fenêtre superposée, la zone du réseau visible à l'écran, dans la totalité du réseau. Le déplacement de ce cadre entraîne un glissement de la zone du réseau à l'écran, un zoom sur l'écran, modifie la taille de cet encadrement. Vous pouvez activer et désactiver la vue d'ensemble en sélectionnant **Affichage >> Vue d'Ensemble** de la barre de menu.

7.9 Options de visualisation du schéma

Il y a plusieurs façons d'activer la boîte de dialogue Options du Schéma (Figure 7.3) utilisée pour changer l'aspect du schéma de réseau:

- Sélectionnez **Affichage >> Options du Schéma** de la barre de menu ; ou
- cliquez sur le bouton Définir Options  de la barre d'outils standard quand la fenêtre du schéma est sélectionnée; ou
- cliquez sur un endroit vide du schéma avec le bouton droit de la souris et sélectionnez **Options du Schéma** du menu contextuel.

À gauche de la boîte de dialogue des Options du Schéma se trouvent les objets dont vous pouvez modifier la visualisation:

- Nœuds (contrôle la taille des nœuds; taille proportionnelle à la valeur du paramètre actif)

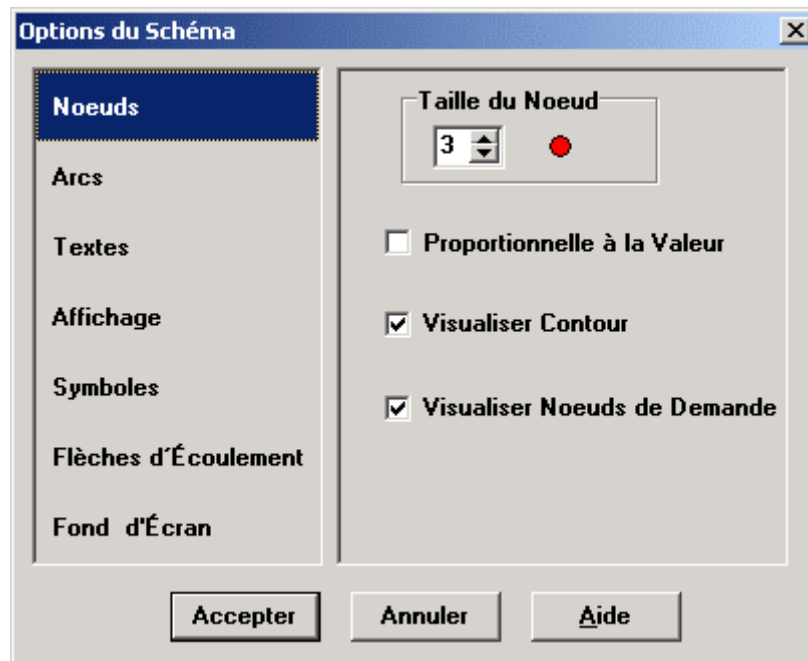


Figure 7.3 Boîte de Dialogue des Options du Schéma

- Arcs (contrôle la largeur des arcs ; largeur proportionnelle à la valeur du paramètre actif)
- Textes (active ou désactive la visualisation des textes du schéma)
- Affichage (active ou désactive la visualisation des étiquettes d'identification et des valeurs des paramètres)
- Symboles (active ou désactive la visualisation des symboles représentant les pompes, les vannes, les réservoirs)
- Flèches d'Écoulement (active ou désactive la visualisation des flèches de sens d'écoulement de l'eau, et choix de leur taille)
- Fond (change la couleur du fond du schéma)

7.9.1. Options nœuds

La rubrique Nœuds dans la boîte de dialogue des Options du Schéma vous permet de choisir la manière dont les nœuds sont visualisés dans le schéma.

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Taille du Nœud	Permet de sélectionner le diamètre du nœud.
Proportionnelle à la Valeur	Permet de rendre la taille proportionnelle à la valeur du paramètre actif.
Visualiser Contour	Création d'une bordure aux nœuds (recommandé quand vous utilisez un fond clair)
Visualiser Nœuds de Demande	Rend visible / invisible les nœuds de demande.

7.9.2. Options arcs

La rubrique Arcs dans la boîte de dialogue des Options du Schéma vous permet de modifier la *visualisation* des arcs dans le schéma..

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Largeur de l'Arc	Détermine la largeur de l'arc
Proportionnelle à la Valeur	Rend la largeur proportionnelle à la valeur du paramètre actif.

7.9.3. Options textes

La rubrique Textes de la boîte de dialogue des Options du Schéma vous permet de choisir le mode de *visualisation* des éléments textuels dans le schéma.

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Visualiser Textes	Visualise ou non les textes sur le schéma.
Texte Transparent	Visualise les textes avec un fond transparent (sinon le fond sera de couleur opaque).
Zoom Minimum	Détermine l'échelle minimum du zoom (en %) pour laquelle les textes restent visibles ; les textes seront cachés pour les zooms faibles, à des textes d'Observants de Résultats.

7.9.4 Options affichage

La rubrique **Affichage** de la boîte de dialogue Options du Schéma vous permet de choisir le type d'annotation pour les nœuds et les arcs.

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Visualiser ID Nœuds	Visualise les étiquettes d'identification des nœuds
Visualiser Valeurs des Nœuds	Visualise les valeurs du paramètre de nœud actuellement actif
Visualiser ID Arcs	Visualise les étiquettes d'identification des arcs
Visualiser Valeurs des Arcs	Visualise les valeurs du paramètre d'arc actuellement actif
Texte Transparent	Visualise l'information avec un fond transparent (sinon le fond sera de couleur opaque)
Zoom Minimum	Détermine l'échelle minimale du zoom (en %) pour laquelle les informations restent visibles; les informations seront cachées pour les zooms faibles
Taille du Texte	Détermine la taille de la police à appliquer pour tous les textes visibles.

Nota: Vous pouvez visualiser les valeurs du paramètre actif d'un nombre limité de nœuds ou d'arcs en créant des textes d'observants pour ces objets spécifiques. Voir les chapitres 6.2 et 6.4 et le tableau 6.7.

7.9.5 Options symboles

La rubrique **Symboles** de la boîte de dialogue des Options du Schéma permet de choisir les objets représentés dans le schéma à l'aide de symboles.

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Visualiser Réservoirs	Visualise les symboles des réservoirs
Visualiser Pompes	Visualise les symboles des pompes
Visualiser Vannes	Visualise les symboles des vannes
Visualiser Buses	Visualise les symboles des buses
Visualiser Sources	Visualise les sources d'eau d'une certaine qualité avec le symbole +
Zoom Minimum	Détermine l'échelle minimum du zoom (en %) pour laquelle les symboles restent visibles ; les symboles seront cachés pour les zooms faibles.

7.9.6 Options flèches d'écoulement

La rubrique Flèches d'Écoulement de la boîte de dialogue des Options du Schéma permet de choisir le rendu visuel des flèches d'écoulement de l'eau.

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Style de la Flèche	Détermine le style (forme) de la flèche (sélectionnez <i>Aucun</i> pour ne plus les faire apparaître)
Taille de la Flèche	Détermine la taille de la flèche
Zoom Minimum	Détermine l'échelle minimale du zoom pour laquelle les flèches restent visibles ; les flèches seront cachées pour les zooms faibles.

Nota : *Les flèches seront visualisées seulement après une simulation réussie (voir le chapitre 8.2: Lancer une Simulation).*

7.9.7. Options fond d'écran


La rubrique Fond d'Écran de la boîte de dialogue des Options du Schéma propose une gamme de couleurs d'arrière-plan du réseau.

CHAPITRE 8 - LA SIMULATION

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

8.1 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**.*

8.1.1. Options hydrauliques

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

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Unités de Débit	Sont les Unités appliquées aux demandes dans les nœuds 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. (Voir Appendice A, Unités de Mesures). Les valeurs numériques restent identiques si vous changez d'unités en cours de calcul, elles ne sont pas converties dans la deuxième unité.

Formule de Perte de Charge	<p>La formule utilisée pour calculer la perte de charge en fonction du débit dans le tuyau. Vous avez le choix entre:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hazen-Williams • Darcy-Weisbach • Chezy-Manning <p>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.</p>
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 ² /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 Arrêter pour arrêter la simulation à cet instant et Continuer 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 nœuds 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 nœuds 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 doubles 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. Consultez la saisie des Émetteurs dans la Section 3.1 si vous désirez des informations plus détaillées.

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">• Aucun (Il n'y aura pas de rapport)• Normal (Rapport d'État normal – Fait une liste de tous les changements d'état des arcs)• Détaillé (Rapport d'État détaillé – Rapport normal avec en plus l'erreur de convergence de chaque itération de l'analyse hydraulique)
----------------	---

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 (voir la Section 5.2).*

8.1.2. 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 suivantes:

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"> • Aucun (pas d'analyse de qualité); • Chimique (calcule la concentration d'une substance chimique, réactive ou non); • Dépistage (calcule le pourcentage d'eau provenant d'un nœud déterminé). • Séjour (calcule le temps de séjour de l'eau); Vous pouvez remplacer le nom de la substance que vous modélisez (Par exemple Chlore).
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 ² /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.
Nœud de Dépistage	Étiquette d'identification du nœud 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.

8.1.3. 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 Un (1) pour les réactions d'ordre un, Zéro (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 (K_b). 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 (K_w). 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 ² /jour (SI) ou masse/pieds ² /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. Voir dans le chapitre 3.4 "Réactions dans la Masse d'Eau" pour des informations plus détaillées. 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. Voir dans la partie "Les Réactions aux Parois" chapitre 3.4 pour des informations plus détaillées. Mettez à 0 si cette option n'est pas applicable.

8.1.4. 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"> • Aucune (rapport des résultats à chaque pas de temps entre deux rapports) • Moyennes (rapport des moyennes des résultats) • Minimum (valeur minimale des résultats) • Maximum (valeur maximale des résultats) • Amplitude (différence entre les résultats maximaux et minimaux) <p>Le programme calcule les informations statistiques de tous les résultats des nœuds et des arcs entre l'Heure de Début du Rapport et l'heure finale de la simulation.</p>

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.

Nota : 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.


8.1.5. 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).

8.2 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.

8.3 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 (voir Appendice B, qui offre une liste complète). 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 nœuds de demande. C'est le cas s'il n'y a pas de connexion ouverte entre ce nœud de demande et une bêche, un réservoir ou un nœud 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 nœuds 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 nœuds 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 une 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.

CHAPITRE 9 - PRESENTATION DES RESULTATS

Ce chapitre décrit les différents modes d'affichages des résultats d'une simulation et des données d'entrée du réseau, sous forme de schémas, de graphiques, de tableaux et de rapports.

9.1 Affichage des résultats sur le schéma

Il y a plusieurs façons d'afficher les valeurs initiales des données et les résultats d'une simulation sur le schéma du réseau:

- *Les nœuds et les arcs du schéma peuvent être colorés (voir Légendes du Schéma (§ 7.7) pour les paramètres sélectionnés dans le Navigateur du Schéma (voir § 4.7). Ces couleurs évoluent avec la période de calcul affichée dans le navigateur.*
- *L'option Information Émergeante active ou désactive l'apparition de la fenêtre d'information au passage de la flèche de la souris. Cette fenêtre contient l'identification et la valeur du paramètre.*
- *Vous pouvez aussi visualiser de manière continue les étiquettes d'identification et les valeurs des paramètres associées aux nœuds et aux arcs en sélectionnant les options adéquates dans la rubrique Affichage de la boîte de dialogue Options du Schéma (voir § 7.9).*
- *La recherche de nœuds et d'arcs remplissant certaines conditions s'effectue avec Requête dans le Schéma (voir ci-dessous).*
- *Vous pouvez voir les résultats dans le schéma au moyen d'Animation, soit en mode lecture normale soit en mode lecture arrière, en cliquant sur les boutons d'Animation des Résultats dans le navigateur du schéma. L'animation est disponible uniquement si le paramètre sélectionné des nœuds et des arcs est une valeur calculée (par exemple, le débit mais pas le diamètre d'un tuyau).*
- *Le schéma peut être imprimé, copié dans le presse-papiers de Windows ou enregistré comme fichier DXF ou méta-fichier de Windows.*

9.1.1. 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 nœuds avec une pression inférieure à 20 m, arcs avec une vitesse supérieure à 1 m/s, etc.). Voir l'exemple dans la Figure 9.1. Pour effectuer une requête dans le schéma:

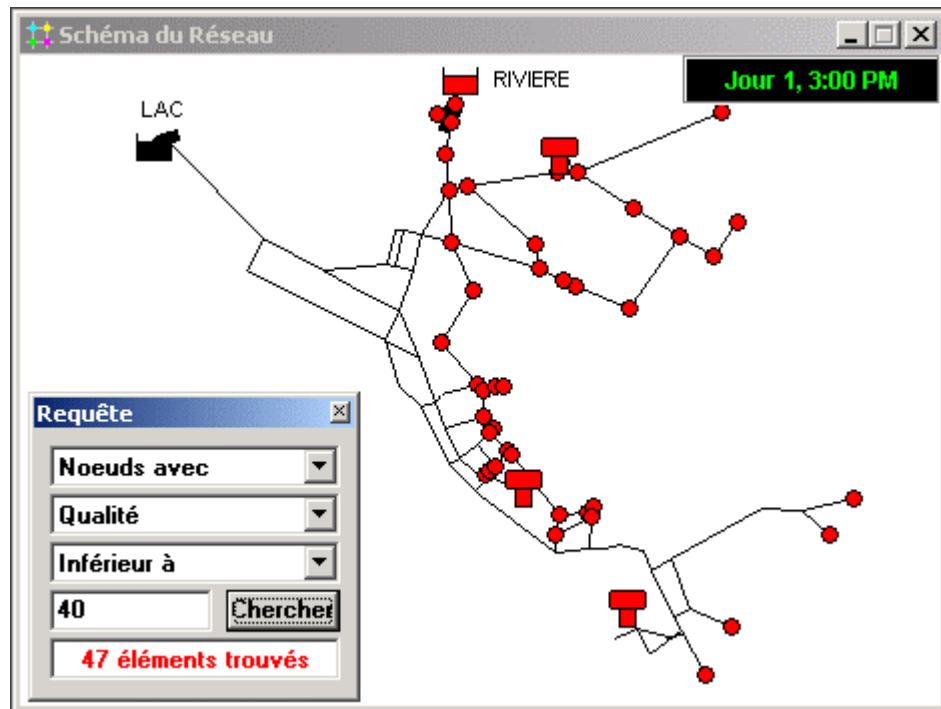



Figure 9.1 Résultat d'une Requête dans le Schéma

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 nœuds 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.

9.2 Affichage des résultats à l'aide d'un graphique

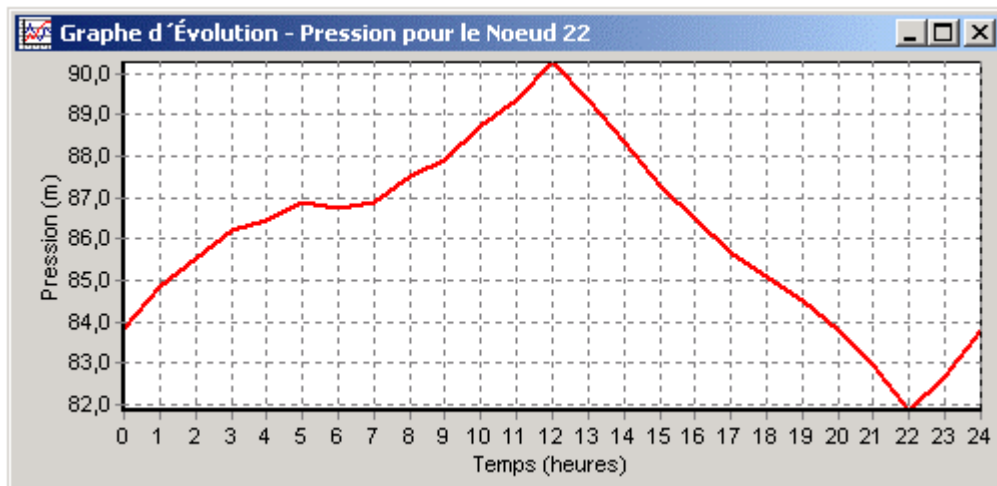
Les résultats d'une *simulation*, ainsi que certains paramètres d'entrée, peuvent être visualisés en utilisant différents types de *graphiques*. Les graphiques peuvent être imprimés, copiés dans le presse-papiers ou enregistrés dans un fichier de données ou dans un méta-fichier de Windows. Pour visualiser un paramètre sélectionné, vous avez le choix entre les types de graphiques suivants (voir la Figure 9.2 pour des exemples de chaque type):

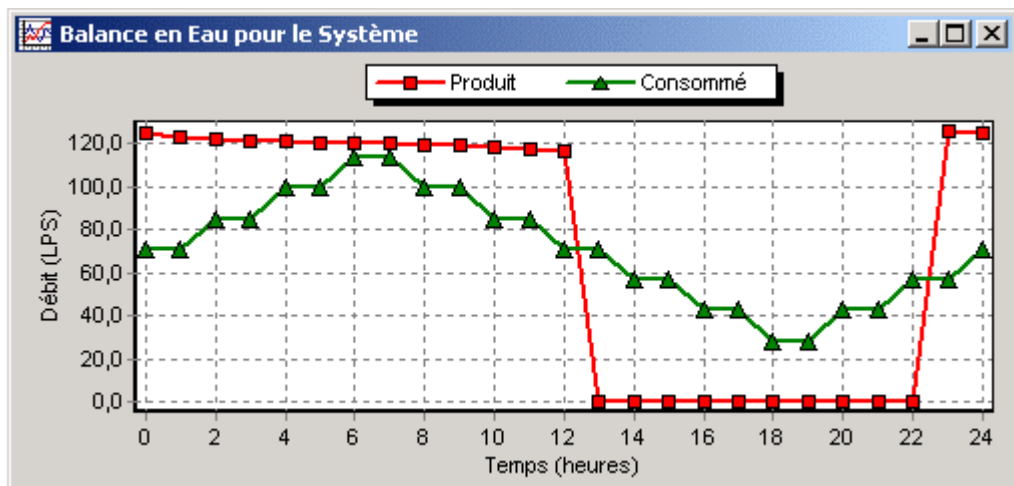
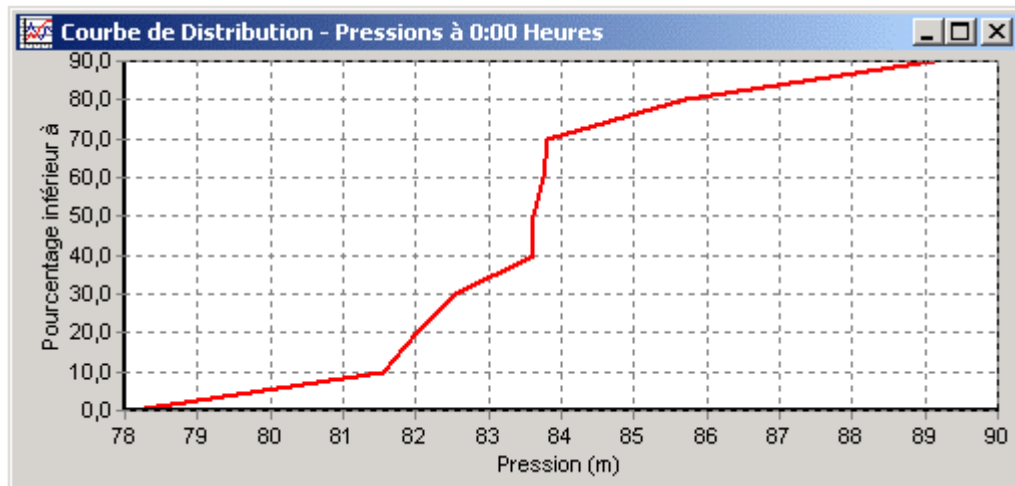
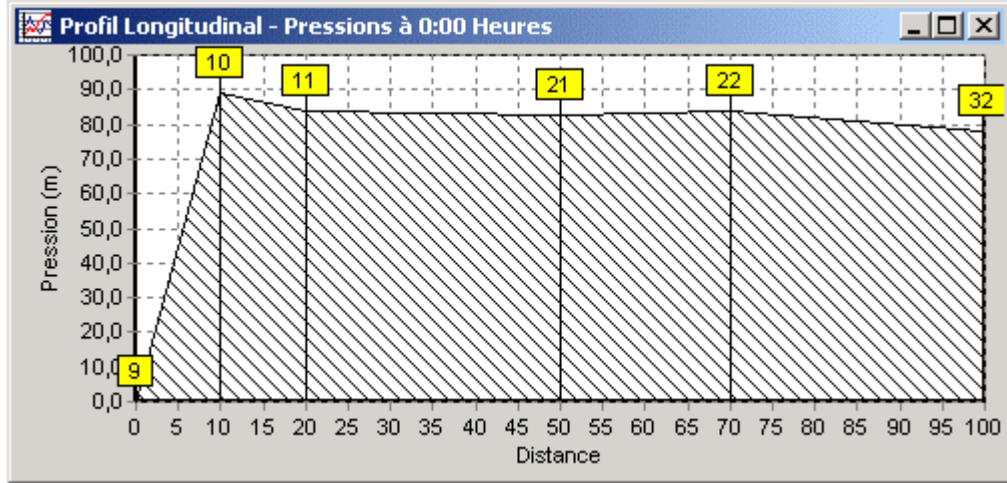
Type de Graphique	Description	S'applique à
Graphe d'Évolution	Affiche l'évolution dans le temps d'une valeur	Des nœuds ou des arcs spécifiques, pour la durée entière de la simulation
Profil Longitudinal	Affiche l'évolution d'une valeur en fonction de la distance euclidienne entre les points	Une série de nœuds (consécutifs ou non) à un instant donné
Courbe de Niveau	Affiche les régions du schéma où les valeurs sont comprises entre certains intervalles	Tous les nœuds à un instant donné
Courbe de Distribution	Représente sur l'axe Y la fraction d'objets de valeur inférieure à la valeur de l'axe X	Tous les nœuds ou tous les arcs à un instant donné
Balance en Eau	Montre l'évolution de la quantité totale d'eau qui est produite et qui est demandée dans le temps	La demande en eau de tous les nœuds, pour la durée entière de la simulation

Nota : Si vous faites un Graphe d'Évolution pour un seul nœud ou pour un seul arc, toutes les données mesurées sont affichées en parallèle dans le graphique, si celles-ci sont enregistrées dans un Fichier de Calage et le fichier de calage est déclaré dans le projet. (voir la Section 5.3)

Nota : Les distances affichées dans les profils en long ne représentent pas la longueur des canalisations entre les points sélectionnés, mais la distance euclidienne entre ces points.

Figure 9.2 Exemples des différents Types de Graphes





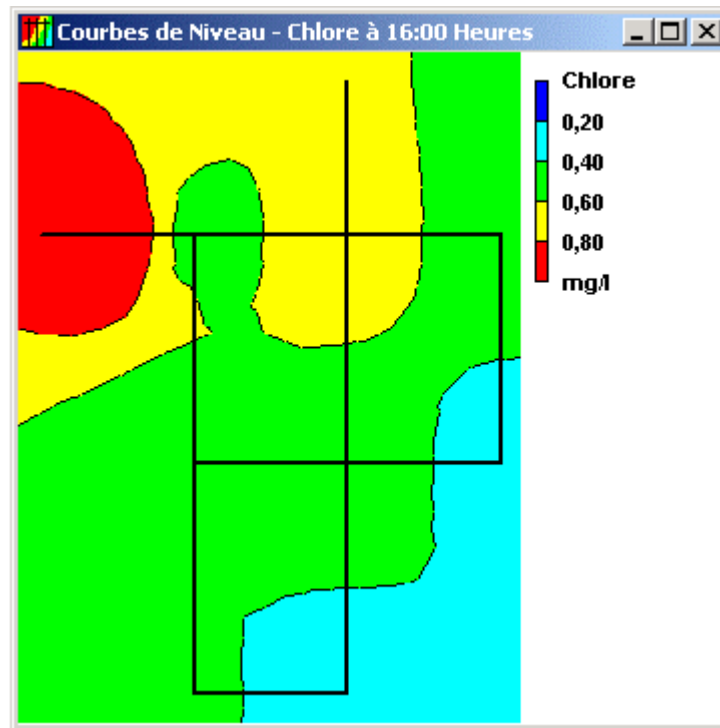



Figure 9.2 Exemples des différents *Types de Graphes*

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 9.3, s'utilise pour sélectionner le type de graphique et son contenu. Les sélections à faire sont:

<i>Champ</i>	<i>Description</i>
Type de Graphique	Sélectionner le type de graphique
Paramètre	Sélectionner le paramètre à visualiser dans le graphique
Période	Sélectionner la période de visualisation (sans objets pour les graphes d'évolution et la balance d'eau)
Classe d'Objet	Sélectionner <i>Nœuds</i> ou <i>Arcs</i> (les profils longitudinaux et les courbes de niveau ne permettent que la visualisation des nœuds)
Éléments à Visualiser	Sélectionner les éléments à visualiser (s'applique seulement aux graphes d'évolution et aux profils longitudinaux)

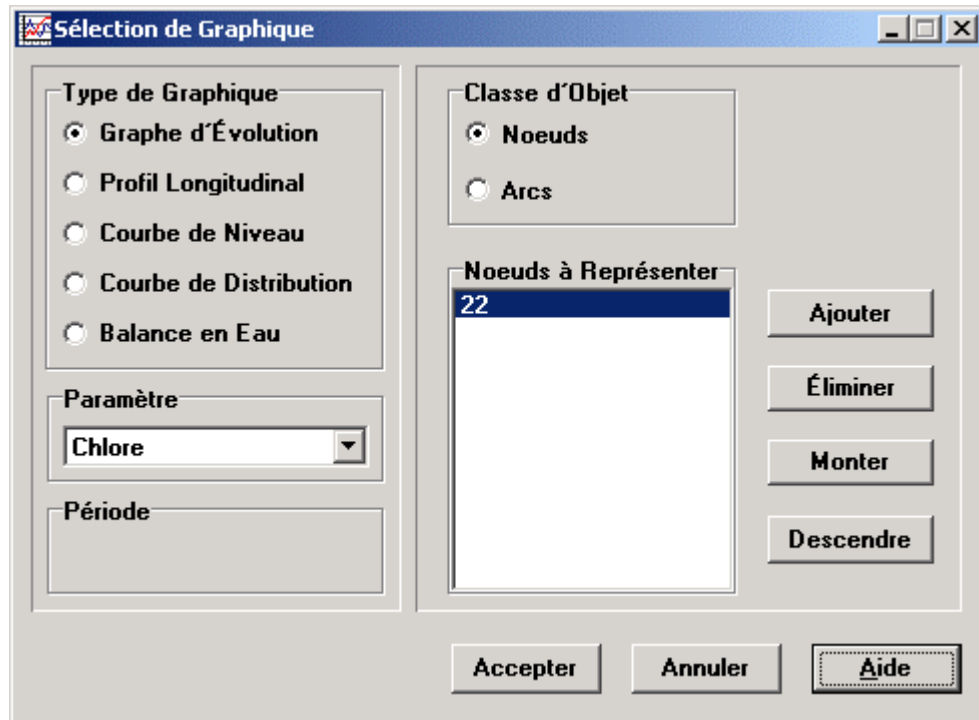


Figure 9.3 Boîte de Dialogue Sélection du Graphique

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


1. Sélectionnez l'objet (nœud 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.

Les autres boutons de la boîte de dialogue Sélection du Graphique ont les fonctions suivantes:

Bouton	Fonction
Importer (seulement profils)	Importe une liste de nœuds, sauvegardée auparavant
Enregistrer (seulement profils)	Sauvegarde la liste actuelle dans un fichier
Éliminer	Élimine un élément sélectionné de la liste
Monter	Déplace vers le haut l'objet sélectionné d'une position dans la liste
Descendre	Déplace vers le bas l'objet sélectionné d'une position dans la liste

Pour personnaliser l'aspect du graphique:

1. Cliquez sur la barre de titre du graphe pour que la fenêtre soit active.
2. Sélectionnez **Rapport >> Options...** de la barre de menu, ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils standard ou cliquez sur le graphique avec le bouton droit de la souris.
3. Pour personnaliser la visualisation d'un graphe d'évolution, d'un profil longitudinal, d'une courbe de distribution ou d'une balance en eau, utilisez la boîte de dialogue d'Options Graphiques (voir la Figure 9.4).
4. Pour personnaliser la visualisation d'une courbe de niveau, utilisez la boîte de dialogue d'Options des Courbes de Niveau.

Nota: Vous pouvez zoomer sur les graphes d'évolution, les profils longitudinaux, les courbes de distribution et la balance en eau en maintenant la touche **Ctrl** enfoncée et en encadrant la zone désirée avec le bouton gauche de la souris enfoncée. Si le cadre est dessiné de droite à gauche la zone sera approchée et si le cadre est dessiné de gauche à droite elle sera éloignée. Vous pouvez vous déplacer dans ces graphes en maintenant la touche **Ctrl** enfoncée et en déplaçant la souris avec son bouton droit enfoncé.

La boîte de dialogue d'Options Graphiques (voir la Figure 9.4) s'utilise pour personnaliser la visualisation des graphiques X-Y. Utilisez-la de la façon suivante:

1. Sélectionnez une des cinq rubriques suivantes:
 - Général
 - Axe Horizontal
 - Axe Vertical
 - Légende
 - Séries
2. Cochez la case **Par Défaut** si vous voulez sauvegarder les valeurs présentes pour tous les graphiques futurs.
3. Sélectionnez **Accepter** pour confirmer votre choix.

Les éléments de toutes les rubriques de la boîte de dialogue d'Options Graphiques sont les suivants:

- Page Générale

Option	Description
Couleur du Cadre	Couleur du cadre autour du graphe
Couleur du Fond	Couleur du fond du graphe
Visualisation 3D	Cocher si vous voulez visualiser le graphe en trois dimensions
Pourcentage d'effet 3D	Pourcentage de relief pour les courbes en trois dimensions
Titre Principal	Texte du titre principal du graphique
Police...	Type de police, taille et couleur pour le titre principal

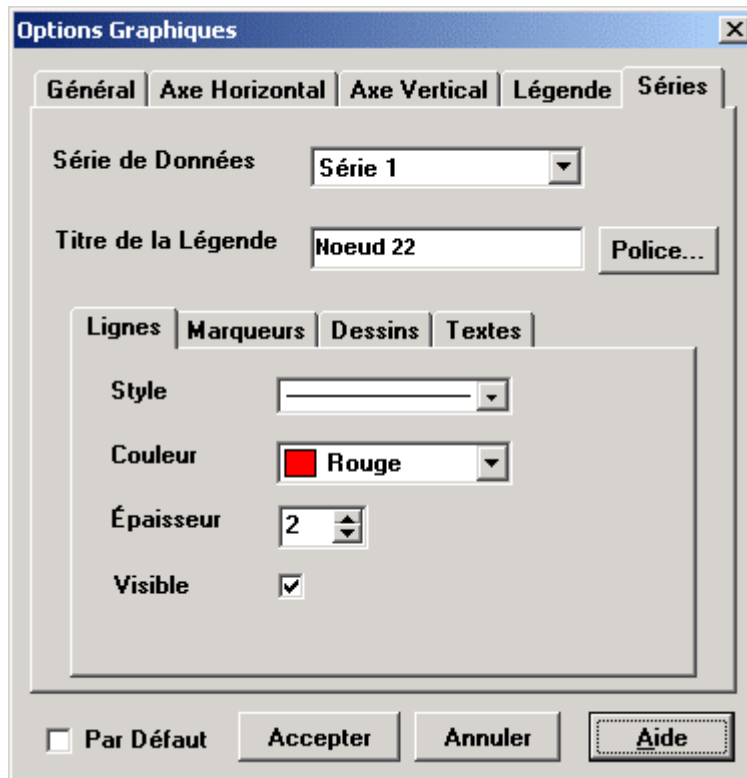


Figure 9.4 Boîte de Dialogue d'Options Graphiques

- Rubriques axes horizontal et vertical

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Minimum	Valeur minimum de l'axe (la valeur minimum du paramètre est affichée entre parenthèses). Peut être laissé vide.
Maximum	Valeur maximum de l'axe (la valeur maximum du paramètre s'affiche entre parenthèses). Peut être laissé vide.
Intervalle	Intervalle de l'échelle de l'axe. Peut être laissé vide.
Auto Échelle	Si vous cochez cette case, les choix de minimum, maximum et intervalle seront ignorés.
Grille	Type de grille dessinée sur le graphique.
Titre de l'Axe	Texte du titre de l'axe.
Police...	Police du titre de l'axe.

- Rubrique légende

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Position	Positionne la légende dans le graphique.
Couleur	Colorie le fond de la légende.
Taille des Symboles	Fixe la taille (en pixels) des symboles dans la légende.
Encadrer	Encadre la légende ou non.
Visible	Rend la légende visible ou non.

▪ Rubrique séries de données

La rubrique *Séries de Données* (voir la Figure 9.4) de la boîte de dialogue d'Options Graphiques contrôle la représentation des séries de données individuelles (ou les courbes). Vous l'utilisez de la manière suivante:

- Sélectionnez la *Série de Données* que vous souhaitez visualiser dans le menu déroulant.
- Saisissez le *Titre* pour identifier cette série dans la légende.
- Cliquez sur le bouton **Police...** pour changer la police de la légende (la même pour toutes les séries). (Les autres propriétés de la légende peuvent être modifiées sous la rubrique *Légende* de la boîte de dialogue)
- Sélectionnez la *propriété* de la série de données que vous voulez modifier. Vous avez le choix entre:
 - *Lignes*
 - *Marqueurs*
 - *Dessin*
 - *Textes*

(Pour certains types de graphiques, toutes ces propriétés ne sont pas disponibles)

Les propriétés des séries de données modifiables sont les suivantes:

Catégorie	Option	Description
<i>Lignes</i>	Style	Style de la ligne.
	Couleur	Couleur de la ligne.
	Épaisseur	Épaisseur de la ligne (uniquement pour les lignes continues).
	Visible	Détermine si la ligne est visible ou non.
<i>Marqueurs</i>	Style	Style du marqueur.
	Couleur	Couleur du marqueur.
	Taille	Taille du marqueur.
	Visible	Détermine si le marqueur est visible ou non.
<i>Dessins</i>	Style	Style du dessin (en 3D).
	Couleur	Couleur du dessin (en 3D).
	Empilage	N'est pas utilisé dans EPANET.
<i>Textes</i>	Style	Type d'information affichée dans le texte.
	Couleur	Couleur du fond du texte.
	Transparent	Détermine si le graphique est visible à travers le texte.
	Afficher flèches	Détermine si les textes sont connectés aux différents secteurs des diagrammes circulaires par des flèches.
	Visible	Détermine si les textes sont visibles ou non.

La boîte de dialogue d'Options des Courbes de Niveau (Figure 9.5) s'utilise pour personnaliser la visualisation des courbes de niveau selon les options suivantes :

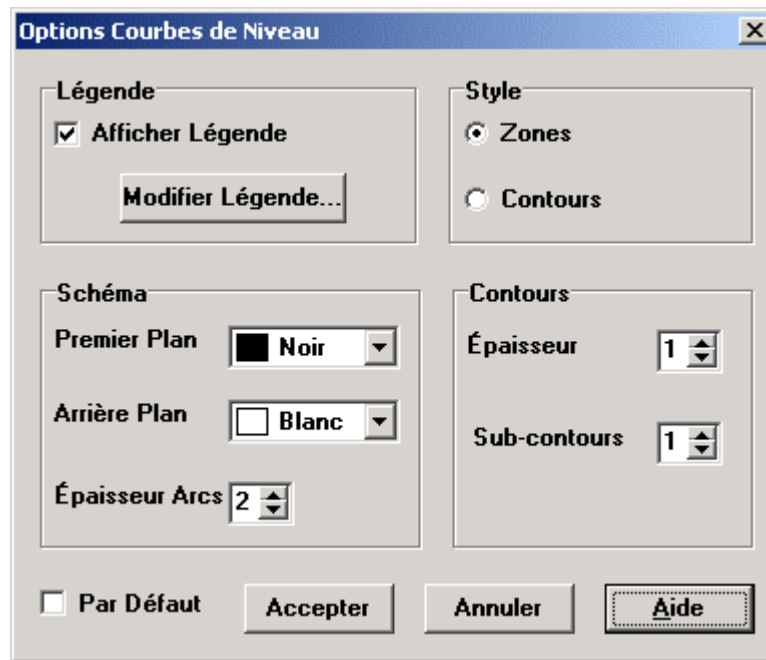


Figure 9.5 Boîte de Dialogue d'Options des Courbes de Niveau

Catégorie	Option	Description
Légende	Afficher Légende	Active ou désactive la visualisation de la légende
	Modifier Légende...	Modifie les couleurs et les intervalles pour les contours
Schéma	Premier Plan	Couleur du réseau dans le schéma
	Arrière-Plan	Couleur de l'arrière plan
	Épaisseur des Arcs	Épaisseur des lignes représentant les arcs
Style	Zones	Les zones qui correspondent à un certain intervalle de valeurs sont colorées de la même façon
	Contours	Les zones qui correspondent à un certain intervalle de valeurs sont entourées de la même façon
Contours	Épaisseur	Épaisseur des lignes de contour
	Sub-contours	Nombre de sous-contours pour un intervalle de valeur donné
Par Défaut		Sauvegarde les choix comme valeurs par défaut pour les futures courbes de niveau


9.3 Affichage des résultats dans un tableau

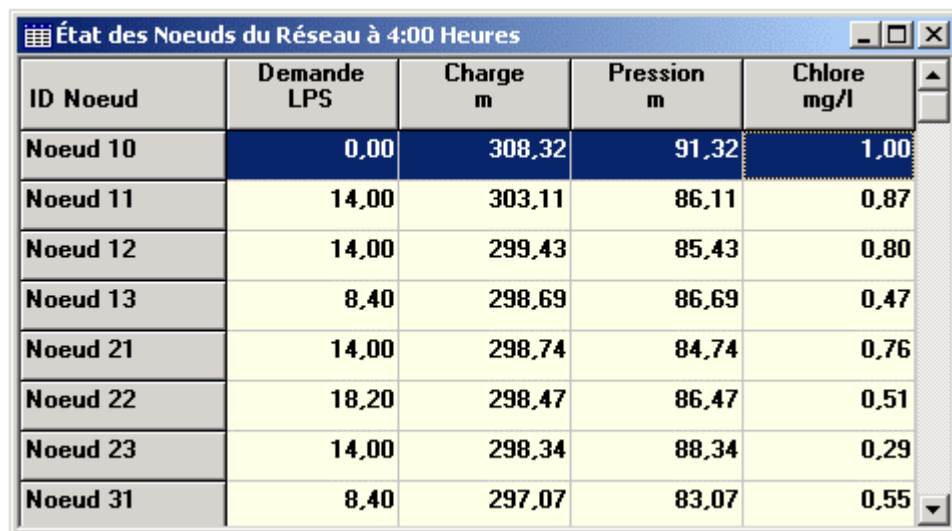
L'affichage des données de base et des résultats d'une simulation se fait en tableau sous deux formes :

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

Les tableaux peuvent être imprimés, copiés dans le presse-papiers de Windows ou enregistrés dans un fichier. Voir figure 9.6.

Pour créer un tableau:

1. Sélectionnez **Affichage >> Tableau...** de la Barre de Menu ou cliquez sur le bouton  dans la Barre d'Outils Standard.
2. Dans la boîte de dialogue de Sélection du Tableau, choisissez:
 - un type de tableau
 - les paramètres qui seront affichés dans le tableau
 - des filtres pour faire une sélection des données affichées.



ID Nœud	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 9.6 Exemple de Tableau de Nœuds d'un Réseau

Dans la boîte de dialogue de Sélection/Options du Tableau il y a trois rubriques (voir figure 9.7). Au moment de la création d'un tableau, les trois rubriques sont disponibles. Après la création, seules les rubriques Colonnes et Filtres sont visibles. Les options disponibles sous chaque rubrique sont les suivantes:

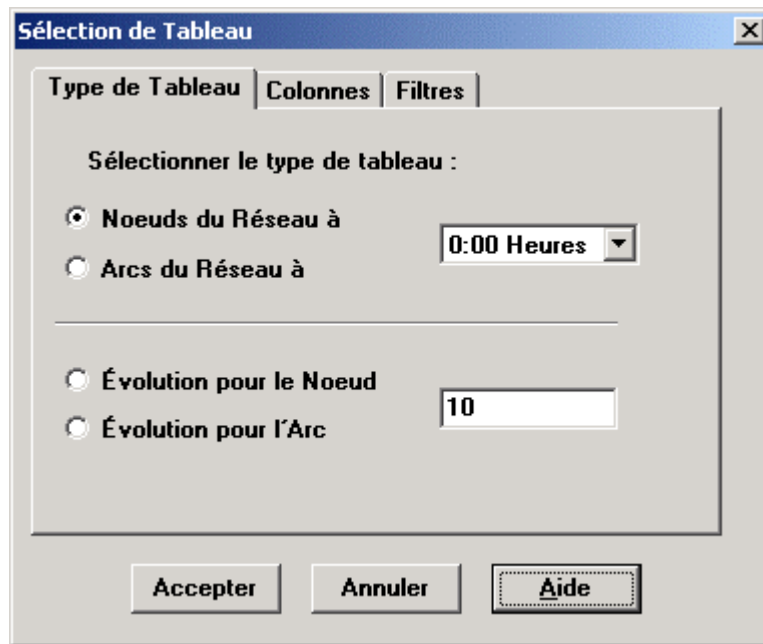


Figure 9.7 Boîte de Dialogue de Sélection/Options du Tableau

▪ Rubrique type de tableau

La rubrique Type de Tableau de la boîte de dialogue de Sélection de Tableau s'utilise pour sélectionner le type de tableau que vous voulez créer. Vous avez le choix entre:

- Tous les nœuds du réseau à un moment donné de la simulation
- Tous les arcs du réseau à un moment donné de la simulation
- Toutes les périodes de la simulation pour un nœud spécifique
- Toutes les périodes de la simulation pour un arc spécifique

Vous pouvez sélectionner la période et le nœud ou l'arc, qui sera ajoutée à la barre du titre dans le tableau.

▪ Rubrique colonnes

La rubrique Colonnes de la boîte de dialogue de Sélection/Options du Tableau (Figure 9.8) vous permet de sélectionner les paramètres affichés dans les colonnes. Pour les sélectionner:

- Cochez les cases des paramètres que vous voulez mettre dans le tableau. (Vous pouvez également vous déplacer entre les paramètres avec les touches de déplacement, et vous pouvez sélectionner ou supprimer des éléments en tapant sur la barre espace).
- Pour classer les éléments du tableau par rapport aux valeurs d'un paramètre particulier, sélectionnez le paramètre dans la liste proposée parmi ceux sélectionnés et cocher la case **Classer**. Dans les Tableaux d'Évolution, les éléments ne peuvent pas être classés.

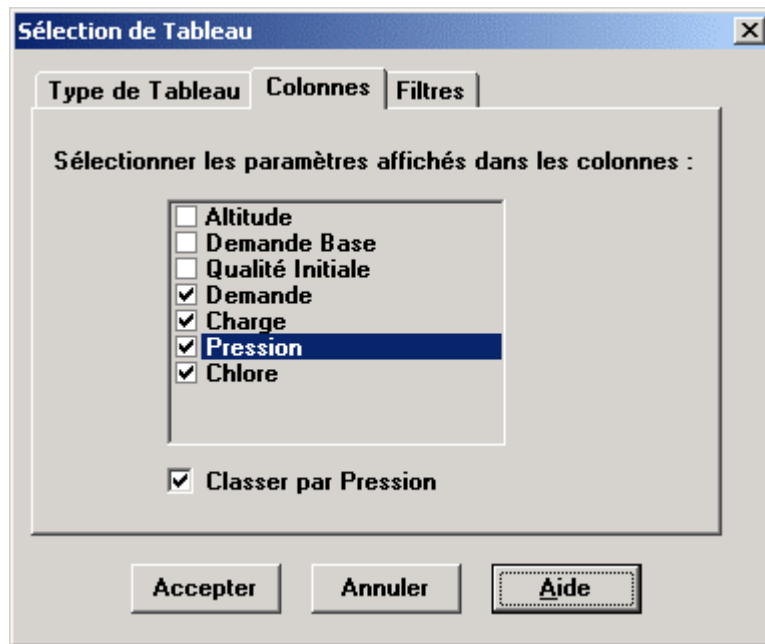


Figure 9.8 Rubrique Colonnes de la boîte de dialogue Sélection/Options du Tableau

▪ Rubrique filtres

La rubrique Filtres de la boîte de dialogue de Sélection/Options du Tableau (voir la Figure 9.9) sert à définir les conditions d'affichage des valeurs dans le tableau. Pour appliquer un filtre sur un tableau:

- Sélectionnez vos critères à l'aide des champs au-dessus de la rubrique (par exemple, Pression Inférieure à 20).
- Cliquez sur le bouton **Ajouter** pour ajouter la condition à la liste.
- Cliquez sur **Eliminer** pour supprimer une condition sélectionnée de la liste.

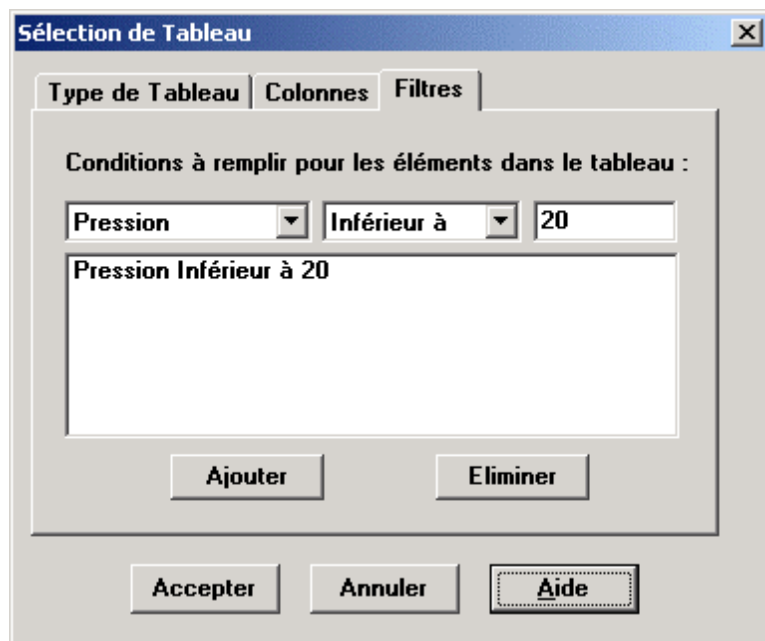



Figure 9.9 Rubrique Filtres de la boîte de Dialogue de Sélection/Options du Tableau
Les résultats du filtre sont affichés en bas de la fenêtre

Après la création d'un tableau vous pouvez ajouter ou éliminer des colonnes, reclasser les éléments ou appliquer un nouveau filtre. Pour ceci :

- Sélectionnez **Rapport >> Options...** de la Barre de Menu, ou cliquez sur le bouton  dans la Barre d'Outils Standard quand la fenêtre active est le tableau, ou cliquez sur le tableau avec le bouton droit de la souris.
- Utilisez les rubriques Colonnes et Filtres de la boîte de dialogue d'Options du Tableau pour modifier le tableau.

9.4 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.)

9.4.1 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 9.10). 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.

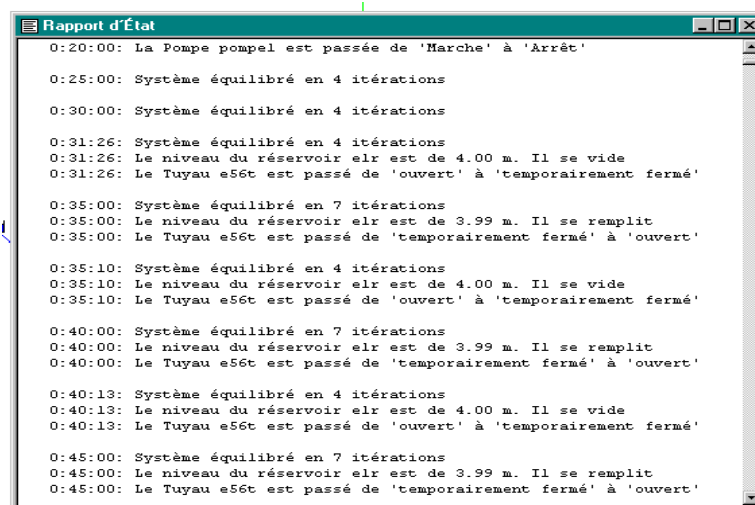
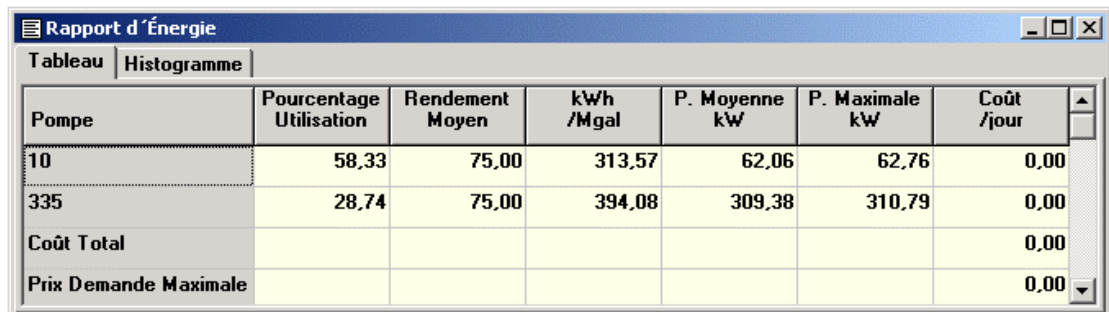


Figure 9.10 Extrait d'un Rapport d'État

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 9.11). 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 9.11 Exemple de Rapport d'Énergie


9.4.3. 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 (voir la Section 5.3).
2. Sélectionnez **Rapport >> Calage** du menu principal.
3. Dans la boîte de dialogue Options du Rapport de Calage qui apparaît (voir la Figure 9.12):
 - 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 9.12 Boîte de Dialogue Options du Rapport de Calage

Après la création du rapport, vous pouvez réactiver la boîte de dialogue des Options du Rapport de Calage pour changer ses options. Sélectionnez le rapport pour que ce soit la fenêtre active d'EPANET, et sélectionnez **Rapport >> Options...** ou cliquez sur le bouton  dans la Barre d'Outils Standard.

La Figure 9.13 montre un exemple de rapport de calage avec les trois rubriques suivantes : Statistiques, Diagramme de Corrélation et Comparaisons.

Point-Mesure	Nombre Obs	Moyen Obs	Moyen Sim	Erreur Moy	Dév Stand
11	19	0,49	0,44	0,064	0,103
19	20	0,75	0,54	0,254	0,378
25	20	0,75	0,68	0,085	0,147
34	19	0,92	0,95	0,103	0,179
Réseau	78	0,73	0,65	0,128	0,229

Corrélation entre Valeurs Moyennes: 0,895

Figure 9.13 Exemple de Rapport de Calage

- Index Statistiques

La rubrique Statistiques du rapport de calage présente une liste d'écart entre les valeurs simulées et les valeurs mesurées, en chaque point et pour le réseau entier. Si une mesure a été effectuée à une date située au milieu d'un intervalle de calcul, le programme vous propose une valeur simulée qu'il calcule par interpolation entre les deux valeurs calculées.

Les statistiques données pour chaque point sont les suivantes:

- Nombre d'observations
- Moyenne des valeurs observées
- Moyenne des valeurs simulées
- Moyenne des écarts absolus entre les valeurs observées et la valeur calculée correspondante
- Erreur carré moyen (Racine carrée de la moyenne des erreurs au carré entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées)

Ces statistiques sont également disponibles pour l'ensemble du réseau (c'est-à-dire tous les écarts entre mesures et simulations mis ensemble). Les statistiques affichent aussi le coefficient de corrélation entre les moyennes (exactement la corrélation entre la moyenne des valeurs observées et la moyenne des valeurs simulées en chaque point).

▪ Index Diagramme de corrélation

Le Diagramme de Corrélation d'un Rapport de Calage affiche un graphique de type nuage de points des valeurs observées et simulées pour chacune des mesures en chaque point. Chaque point dans le graphe est indiqué d'une couleur différente. Plus les points se trouvent proche de la bissectrice du graphe, plus les mesures correspondent aux valeurs simulées.

▪ Index Comparaisons

La rubrique Comparaisons du rapport de calage présente un histogramme qui représente la moyenne des mesures et la moyenne des valeurs calculées d'un paramètre en chaque point de mesure.


9.4.4. 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.

Vous pouvez modifier l'affichage des secteurs en lançant la boîte de dialogue des Options Graphiques. Sélectionnez **Rapport >> Options...**, cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils standard quand la fenêtre active est le rapport des réactions, ou cliquez sur le diagramme avec le bouton droit de la souris.

9.4.5. Rapport complet

Quand l'icône  apparaît dans la Barre d'État, vous pouvez enregistrer un rapport des résultats calculés pour chaque nœud, 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 nœuds 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 nœud (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.

CHAPITRE 10 - IMPRIMER ET COPIER

Ce chapitre explique le mode d'impression et de copie du contenu de la fenêtre active dans l'environnement de travail d'EPANET (schéma du réseau, graphique, tableau, rapport ou propriétés d'un objet sélectionné dans le navigateur).

10.1 Sélection de l'imprimante

Pour Sélectionner une Imprimante installée, et saisir ses propriétés:

1. Sélectionnez **Fichier >> Mise en Page...** dans le menu principal.
2. Cliquez sur le bouton **Imprimante...** dans la boîte de dialogue de Mise en Page (voir la Figure 10.1).
3. Sélectionnez une des imprimantes installées dans l'environnement de Windows, qui sont offertes au menu déroulant dans la boîte de dialogue suivante.
4. Cliquez sur le bouton **Propriétés** pour sélectionner les propriétés de l'imprimante (qui dépendent de l'imprimante choisie).
5. Cliquez sur **Accepter** dans chaque boîte de dialogue pour confirmer les sélections.

10.2 Mise en forme de la page

Pour Mettre en Forme la Page à imprimer:

1. Sélectionnez **Fichier >> Mise en Page...** dans le menu principal.
2. Utilisez la rubrique **Marges** de la boîte de dialogue de Mise en Page (Figure 10.1) pour:
 - Sélectionner une imprimante
 - Sélectionner l'orientation de la page (mode portrait ou paysage)
 - Fixer les marges gauche, droite, supérieure et inférieure
3. Utilisez la rubrique **En-tête et Pied de page** de la boîte de dialogue pour:
 - Ajouter un en-tête, qui apparaît alors sur chaque page
 - Indiquer si l'en-tête doit être imprimé et son alignement
 - Ajouter un pied de page, qui apparaît sur chaque page
 - Indiquer si le pied de page doit être imprimé et son alignement
 - Indiquer si les pages doivent être numérotées, et la position du numéro en cas affirmatif
4. Cliquez sur **Accepter** pour confirmer vos sélections.

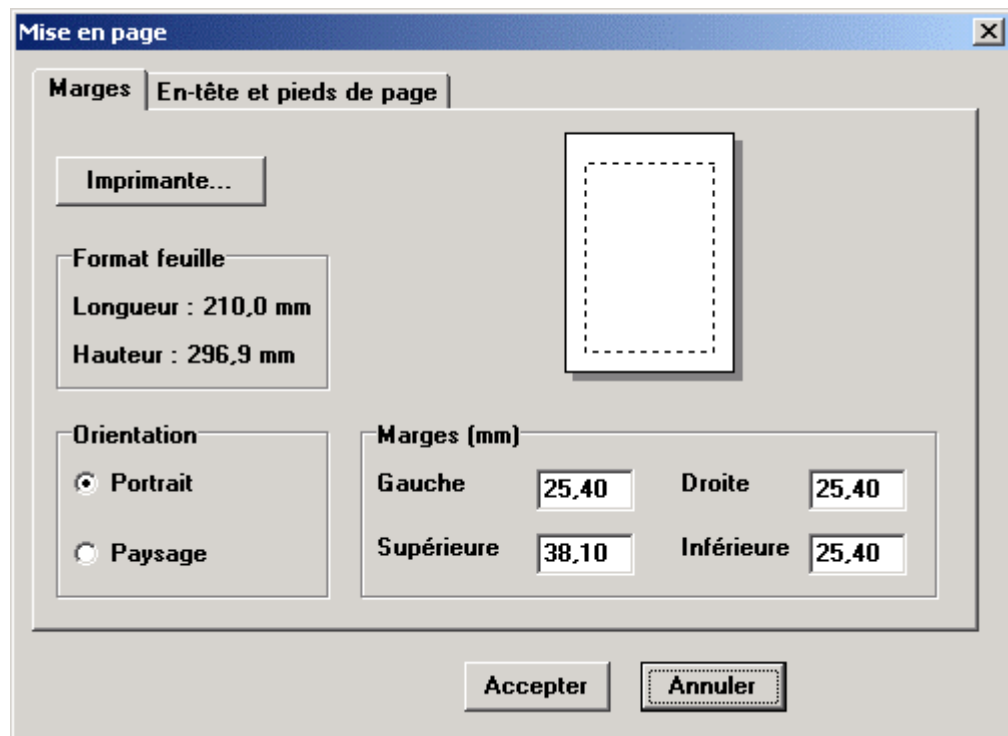



Figure 10.1 Boîte de Dialogue de Mise en Page

10.3 Aperçu

Pour voir un Aperçu de la page à imprimer, correspondant à la fenêtre active actuelle, sélectionnez **Fichier >> Aperçu** dans le menu principal. Une nouvelle fenêtre apparaît permettant de visualiser la feuille telle qu'elle sera à l'impression.


10.4 Imprimer la fenêtre active

Pour Imprimer le contenu de la Fenêtre Active dans EPANET, sélectionnez **Fichier >> Imprimer** du menu principal ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils standard. Vous pouvez imprimer les objets suivants:

- Le navigateur des données (propriétés de l'objet sélectionné)
- Le schéma du réseau (à l'échelle du zoom actuel)
- Des graphiques (graphes d'évolution, profils longitudinaux, courbes de niveau, courbes de distribution et balances d'eau)
- Des tableaux (tableaux des éléments constitutifs du réseau et de l'évolution de leurs caractéristiques au cours du temps)
- Des rapports spéciaux (des rapports d'état, d'énergie, de calage et de réactions).

10.5 Copier dans le presse-papiers ou dans un fichier

EPANET vous permet de copier du texte et des graphiques de la fenêtre active dans le presse-papiers de Windows ou dans un fichier. Les fenêtres que vous pouvez copier sont le schéma du réseau, les graphiques, les tableaux et les rapports. Pour cela, réalisez les opérations suivantes :

1. Sélectionnez **Edition** >> **Copier dans...** dans le menu principal ou cliquez sur le bouton  dans la barre d'outils standard.
2. Sélectionnez les options désirées dans la boîte de dialogue Copier (voir la Figure 10.2) et cliquez sur **Accepter**.
3. Si vous avez sélectionné **Copier dans un fichier**, introduisez le nom du fichier dans la boîte de dialogue Enregistrer sous et cliquez sur **Accepter**.

Pour définir le mode et la destination des données copiées, utilisez la boîte de dialogue Copier de la manière suivante:

1. Sélectionnez une destination pour le contenu de la fenêtre que vous souhaitez copier (Presse-papiers ou Fichier)
2. Sélectionnez un format:
 - Bitmap (uniquement pour les graphiques)
 - Méta-fichier (uniquement pour les graphiques)
 - Données (texte, par exemple le contenu des cellules sélectionnées dans un tableau ou les données source d'un graphique)
3. Cliquez sur **Accepter** pour confirmer les sélections ou **Annuler** pour annuler l'opération de copie.

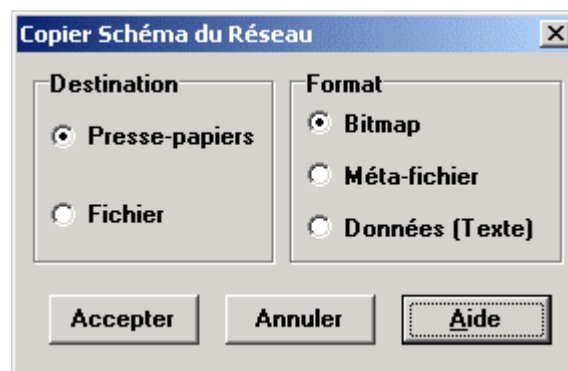


Figure 10.2 Boîte de Dialogue

CHAPITRE 11 - IMPORTATION ET EXPORTATION

Ce chapitre présente le concept de Scénarii d'un Projet et décrit les modes d'importation et d'exportation, comme le schéma du réseau ou la base de données d'un projet.

11.1 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 nœuds (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 nœuds*
- *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.

11.2 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 11.1) 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.

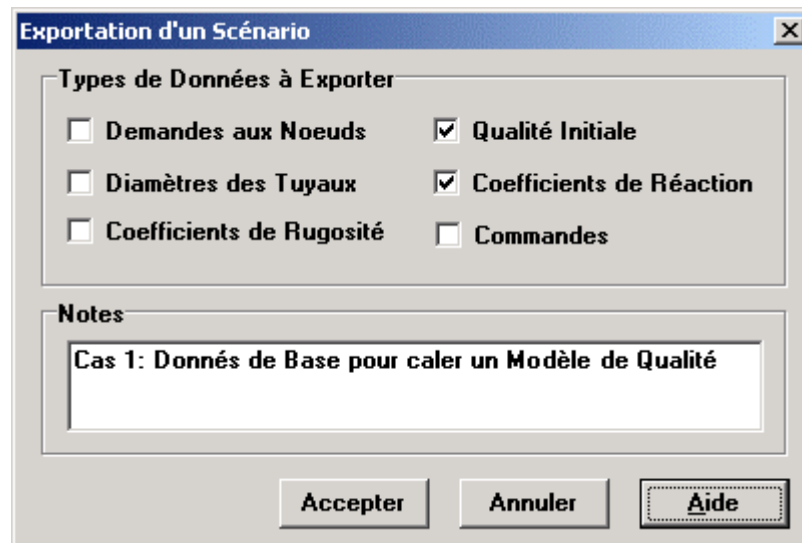


Figure 11.1 Boîte de Dialogue d'Exportation de Scénario

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

11.3 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.

11.4 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 nœuds, les étiquettes d'identification des arcs, et les étiquettes d'identification des nœuds 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 nœud de demande>

[PIPES]

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

[COORDINATES]

<Étiquette d'identification de chaque nœud 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 nœuds et les tuyaux figurent dans le fichier. Les autres composants du réseau, comme les bâches et les pompes, peuvent être importés comme nœuds 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 (voir la Section 11.7 et appendice C). Dans ce cas, le fichier contient aussi des informations sur les propriétés des nœuds 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 eXchange Format) de Autodesk, 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 (voir la Figure 11.2).
3. Si vous sélectionnez le format DXF, vous pouvez choisir la façon dont les nœuds 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.

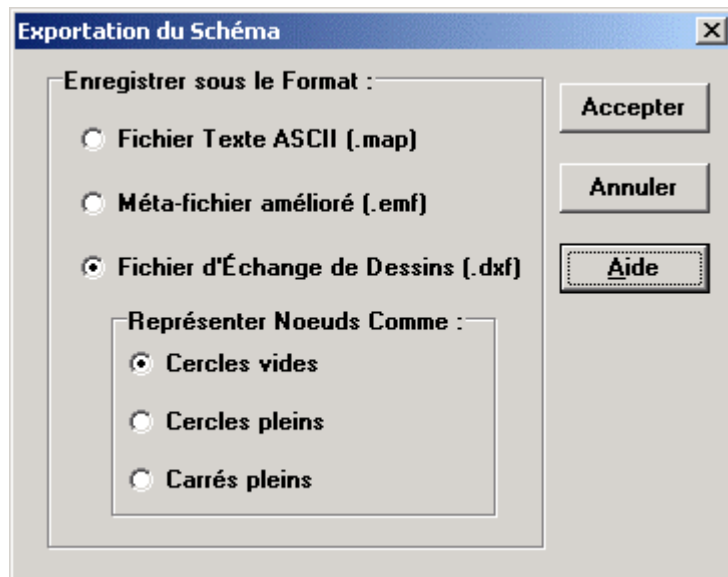


Figure 11.2 Boîte de Dialogue d'Exportation du Schéma

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. Une description complète du format de fichiers .INP est donnée dans l'Appendice C.*

*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.*

CHAPITRE 12 - FOIRE AUX QUESTIONS

- Comment puis-je importer un réseau de tuyaux créé dans un logiciel CAO ou SIG ?

Voir la Section 11.4.

- Comment dois-je modéliser le pompage d'eaux souterraines ?

Modélisez la source comme une bache dont la charge hydraulique est égale au niveau piézométrique de l'aquifère. Puis, connectez la pompe entre la bache et le reste du réseau. Vous pouvez ajouter des tuyaux en aval de la pompe pour simuler les pertes de charges locales aux filtres du forage. Si vous voulez tenir compte de l'abaissement dynamique du puits, vous pouvez placer une Vanne d'Usage Général entre la bache et la pompe, dont la courbe répond à la courbe d'abaissement du puits. De plus, il est nécessaire de mettre le tuyau de montée entre la pompe et la margelle du puits dans le modèle, puisque les pertes à l'intérieur de celle-ci peuvent être considérables

Si vous connaissez le débit de pompage, une alternative plus simple consiste à représenter la combinaison source-pompe par un nœud avec une demande négative, égale au débit de pompage. Si la demande varie dans le temps, vous pouvez assigner une courbe de modulation à la demande.

- Comment puis-je **dimensionner** une pompe pour obtenir un débit spécifique ?

*Mettez la pompe en état **Fermé**. Du côté d'aspiration de la pompe (entrée), positionnez un nœud avec une demande égale au débit requis de la pompe; du côté de la décharge, mettez un nœud avec une demande négative de même module. Après lancer la simulation du réseau, la différence de pression entre les deux nœuds est la charge que la pompe doit fournir.*

- Comment puis-je **dimensionner** une pompe pour obtenir une pression spécifique?

Remplacez la pompe par une vanne brise-charge, orientée dans la direction opposée. Mettez la pression désirée de la pompe comme perte de charge de la vanne. Après la simulation, fixez le débit à travers la vanne comme débit nominal de la pompe.

- Comment puis-je imposer certains **flux entrant** dans le réseau à partir des réservoirs, et fluctuant selon un schéma préétabli ?

Remplacez les réservoirs par des nœuds avec des demandes négatives qui suivent l'évolution des débits d'entrée. (Assurez-vous qu'il y a au moins une bache ou un réservoir dans le réseau, sinon EPANET affichera un message d'erreur). La solution la plus facile dans ce cas est d'introduire comme demande de base la valeur -1 et d'introduire les valeurs absolues comme coefficients de la courbe de modulations. S'il y a des débits qui entrent et sortent du réservoir au cours de la simulation, on peut utiliser coefficients négatifs dans la courbe de modulation pour représenter les débits qui entrent au réservoir.

- Comment puis-je analyser les conditions d'écoulement en un nœud particulier en cas d'incendie?

Pour déterminer la pression disponible dans un certain nœud dans le cas de demande supplémentaire due à un incendie, ajoutez le débit demandé à la demande normale, exécutez une simulation, et notez la pression résultante au nœud.

Pour déterminer le débit maximum disponible à cette pression particulière, choisissez un coefficient de décharge de l'orifice très élevé (par exemple 100 fois le débit maximum prévu) et ajoutez la pression requise à son altitude (si vous utilisez des unités américaines, multipliez par 2,3, car 1 psi = 2,3 pieds). Après exécution de l'analyse, le débit disponible pour combattre l'incendie est égal à la demande réelle fournie par le nœud moins la consommation qui lui était assignée.

- Comment puis-je modéliser une vanne de contrôle de pression avec un clapet anti-retour?

*Utilisez une vanne d'usage général avec une courbe de perte de charge croissante lorsque le débit décroît². Vous pouvez utiliser l'information du fournisseur de la vanne pour dessiner la courbe. Mettez un clapet anti-retour (c'est-à-dire un tuyau très court avec son état mis à **Clapet A-R**) en série avec la vanne, pour éviter l'écoulement inverse*

Normalement, la perte de charge d'une vanne augmente avec le débit. Néanmoins, il existe des vannes stabilisatrices aval dont la perte de charge augmente lorsque le débit diminue, par exemple pour réduire la pression en aval pendant la nuit, quand la demande est faible.

- Comment puis-je modéliser un réservoir hydropneumatique sous pression?

Si la variation de pression dans le réservoir hydropneumatique est faible, utilisez un réservoir cylindrique de grand diamètre et de faible hauteur de façon à ce que l'altitude du radier corresponde à la charge manométrique nominale (altitude + pression) du tank pneumatique. Dimensionnez le réservoir de façon à ce que les variations du volume provoquent de très faibles variations du niveau de la surface de l'eau.

Si la pression dans le réservoir varie entre H_1 et H_2 , correspondant respectivement aux volumes d'eau à l'intérieur V_1 et V_2 , utilisez un réservoir fictif de géométrie variable, dont la courbe de volume est décrite par l'expression:

$$V = V_1 \frac{H_1 + 10,3}{H + 10,3}$$

dans laquelle V est le volume d'eau dans l'hydropneumatique et H est la pression manométrique qui correspond à ce volume, exprimé en mètres de colonne d'eau (Si p est la pression manométrique de l'air dans le réservoir, exprimée en kg/cm^2 , $H = 10p$). De plus, on doit fixer le niveau du radier du réservoir fictif à l'altitude du réservoir égaliser, pour égaliser la pression manométrique au niveau de l'eau. Si on connaît le volume V_c de l'hydropneumatique, et la

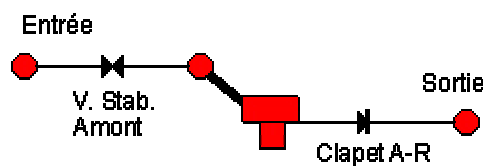
pression initiale de l'air H_0 , la courbe de volume peut être décrite par l'expression :

$$V = V_c \frac{H - H_0}{H + 10,3}$$

Ces expressions sont basées sur le comportement iso thermique de l'air dans une chaudière, conforme aux équations $p^*V_{\text{air}} = p^*_1V_{\text{air},1} = p^*_oV_c$, où $p^*(\text{abs}) = H + 10,3 \text{ m}$ et $V_{\text{air}} = V_c - V$

- Comment puis-je modéliser la décharge à l'entrée d'un réservoir au-dessus de la surface de l'eau ?

Utilisez la configuration affichée ci-dessous :



L'entrée du réservoir est constituée d'une vanne stabilisatrice amont, suivie par un tronçon très court de tuyau de grand diamètre. La pression de consigne de la vanne doit être mise à 0 m, et l'altitude du nœud de sortie doit être égale à la cote de déversement de l'eau dans le réservoir. Il est préférable de mettre un clapet anti-retour à la sortie du réservoir pour éviter l'écoulement inverse.

Le modèle proposé fonctionne aussi si l'eau du réservoir atteint la sortie du tuyau. Dans ce cas, le niveau du réservoir détermine la pression à la sortie du tuyau (correspondant à la différence entre l'altitude de l'eau dans le réservoir et l'altitude de la sortie du tuyau). La vanne stabilisatrice amont reste ouverte, car la pression en amont est supérieure à la valeur de consigne 0 mètre.

- Comment puis-je déterminer les [conditions initiales d'une simulation de qualité de l'eau](#) ?

Assignez les valeurs de la campagne de mesures aux nœuds correspondants comme des valeurs de la qualité initiale, puis interpolez pour estimer les valeurs des autres nœuds. Il est recommandé de mesurer la qualité dans les réservoirs et les sources.

Pour simuler les futures conditions, commencez la simulation avec des valeurs fixées a priori (sauf pour les réservoirs), et exécutez l'analyse pour un nombre de cycles dans lesquels la courbe de modulation de demande est répétée plusieurs fois, de manière à ce que la qualité de l'eau devienne, elle aussi, cyclique (ou périodique). Plus l'estimation de la qualité initiale est bonne, moins il faut parcourir de cycles. Par exemple, pour modéliser le temps de séjour de l'eau dans le réseau, on peut choisir comme valeur initiale le temps de séjour dans le réservoir, ce qui correspond, en heures, environs **1/24** du volume renouvelé quotidiennement.

- Comment puis-je estimer les coefficients de **vitesse des réactions** dans la masse d'eau et aux parois ?

Les coefficients de vitesse de réaction dans la masse d'eau sont mesurés en faisant des analyses en laboratoire (voir la Section 3.4: Les réactions dans la masse d'eau). Les réactions aux parois ne peuvent pas être mesurées directement. On doit extrapoler l'information obtenue par ces analyses (par exemple, essayer différentes valeurs pour les coefficients jusqu'à ce que les résultats de la simulation correspondent bien à la réalité observée). Normalement les tuyaux de plastique, de même que les tuyaux d'acier revêtu, ne montrent pas d'affinité avec les désinfectants comme le chlore et les chloramines.

- Comment puis-je modéliser une station de **rechloration** ?

*Installez la Station de rechloration au niveau d'un nœud de demande nulle ou positive ou d'un réservoir. Sélectionnez le nœud dans l'Éditeur des Propriétés et cliquez sur le bouton avec points de suspension dans le champ Qualité de Source. Dans l'éditeur de qualité de source, choisissez comme type de source **Concentration en Sortie** et comme Qualité de Source la concentration en chlore de l'eau qui sort du nœud. Si la station ajoute une quantité fixe de chlore à l'eau, choisissez comme type de source **Augmentation Fixe** et comme Qualité de Source la concentration en chlore ajouté à l'eau qui sort du nœud. Spécifiez l'étiquette d'identification d'une courbe de modulation dans le champ prévu, si vous voulez faire varier l'injection avec le temps.*

- Comment puis-je modéliser la **formation de THM** dans le réseau?

*L'accroissement de THM suit une cinétique d'ordre un avec saturation. Sélectionnez Options – Réactions dans le navigateur des données. Choisissez *I* comme ordre de réaction et la concentration de saturation de THM comme Concentration Limite. En réalité, cette dernière concentration est atteinte seulement si le temps de séjour dans le réseau est très élevé. Choisissez comme Coefficient Global de Réaction dans la Masse un nombre positif qui reflète la vitesse de production de THM (par exemple 0,7 divisé par le temps qui passe lorsque la concentration de THM double). On peut trouver des approximations de coefficients de vitesse et des concentrations limites en faisant des analyses en laboratoire. Le coefficient de vitesse de réaction augmente avec la température de l'eau. Les concentrations initiales à tous les nœuds du réseau devraient au moins être égales à la concentration de THM qui entre dans le réseau aux nœuds source, mais inférieures aux valeurs limites.*

- Puis-je utiliser un programme d'[édition de texte](#) pour éditer les propriétés du réseau pendant qu'EPANET est en cours ?

*Enregistrez le réseau dans un fichier au format texte ASCII (sélectionnez **Fichier** >> **Exporter** >> **Réseau...**). Sans quitter EPANET, démarrez le programme d'édition de texte et ouvrez le fichier ASCII. Après l'édition du fichier, sauvegardez-le. Ouvrez le fichier avec EPANET (sélectionnez **Fichier** >> **Ouvrir...**). Vous pouvez alterner entre l'éditeur de texte et EPANET lorsqu'il est nécessaire de modifier le réseau. N'oubliez pas d'enregistrer le fichier après chaque modification, et de le rouvrir avec EPANET. Si vous utilisez un logiciel de traitement de texte (comme Write) ou un tableur, assurez-vous de l'enregistrer au format ASCII.*

- Puis-je exécuter [plusieurs sessions d'EPANET en même temps](#) ?

Oui, en ouvrant plusieurs fois l'application. Ceci peut être très utile pour réaliser des comparaisons entre deux ou plusieurs scénarii de conception ou de fonctionnement de réseau.

ANNEXES

ANNEXE A - UNITÉS DE MESURES

ANNEXE B - MESSAGES D'ERREUR

ANNEXE C - EXECUTION D'EPANET EN MODE COMMANDE

ANNEXE D - ALGORITHMES DE SIMULATION

ANNEXE A - UNITES DE MESURES

PARAMETRE	UNITES METRIQUES	UNITES AMERICAINES
Concentration	mg/l ou µg/l	mg/l ou µg/l
Demande	(voir les unités de débit)	(voir les unités de débit)
Diamètre (Tuyaux)	millimètres (mm)	pouces (in)
Diamètre (Réservoirs)	mètres (m)	pieds (ft)
Rendement	pourcentage (%)	pourcentage (%)
Altitude	mètres (m)	pieds (ft)
Coefficient de l'Émetteur	unités de débit / (mètre) ^{1/2}	unités de débit / (psi) ^{1/2}
Énergie	kiloWatt – heures (kWh)	kiloWatt – heures (kWh)
Débit	LPS (litres / sec) LPM (litres / min) MLJ (méga litres / jour) M3H (mètres cubes / heure) M3J (mètres cubes / jour)	CFS (pieds cubés / sec) GPM (gallons / min) MGD (million gal / jour) IMGD (MGD Impériaux) AFD (acre-pieds / jour)
Facteur de Friction	sans dimension	sans dimension
Charge Piézométrique	mètres (m)	pieds (ft)
Longueur	mètres (m)	pieds (ft)
Coeff. des Pertes Singulières	sans dimension	sans dimension
Puissance	kiloWatts (kW)	chevaux (HP)
Pression	mètres de colonne d'eau (mce)	livres par pouce carré (psi)
Coeff. de Réaction (Masse)	1/jour (ordre 1)	1/jour (ordre 1)
Coeff. de Réaction (Parois)	masse / m ² jour (ordre 0) mètres / jour (ordre 1)	masse / pieds ² / jour (ordre 0) pieds / jour (ordre 1)
Coefficient de Rugosité	millimètres (Darcy-Weisbach), sinon sans dimension	millipieds (Darcy-Weisbach), sinon sans dimension
Injection de Masse d'une Source	masse / minute (kg/min)	masse / minute (kg/min)
Vitesse	mètres / seconde (m/s)	pieds / seconde (ft/s)
Volume	mètres cubes (m ³)	pieds cubés (ft ³)
Temps de Séjour	heures (h)	heures (h)

Nota : - Le programme utilise les unités métriques SI si LPS, LPM, MLJ, M3H ou M3J sont choisis comme unités de débits, et les unités américaines si CFS, GPM, AFD, ou MGD/IMGD sont choisis comme unités de débit.

- Tableau de conversion

1 pied = 0,3048 m; 1 pouce = 0,0254 m; 1 acre = 4047 m²; 1 gallon (Am.) = 3,785 litres;

1 gallon (Imp.) = 4,546 litres; 1 gpm (Am.) = 3,785 lpm = 0,063 l/s; 1 gpm

(Imp.) = 4,546 lpm = 0,0758 l/s; 1 livre = 0,454 kg; 1 psi (livre/pouce²) = 0,7031 m.c d'eau; 1 cheval (Am.) = 1,014 chevaux (SI) = 0,746 Kw

ANNEXE B - MESSAGES D'ERREUR

<i>ID</i>	<i>Explication</i>
101	La simulation s'est arrêtée par manque de mémoire disponible.
110	La simulation a été arrêtée parce qu'il n'existe pas de solutions aux équations hydrauliques du réseau. Contrôlez si certaines parties du réseau ne sont pas connectées physiquement avec un réservoir ou une bêche ou si des paramètres irréalistes ont été saisis.
200	Des erreurs ont été détectées parmi les valeurs saisies. La nature de l'erreur sera décrite par des messages d'erreur de la série 200, énumérés ci-dessous.
201	Il y a une erreur de syntaxe dans une ligne du fichier de base de données de votre réseau. Cette erreur s'est probablement produite lors de la création d'un fichier .INP hors d'EPANET.
202	Une valeur numérique inacceptable a été attribuée à une propriété.
203	Un objet se réfère à un nœud non défini.
204	Un objet se réfère à un arc non défini.
205	Un objet se réfère à une courbe de modulation non définie.
206	Un objet se réfère à une courbe non définie.
207	On a tenté de forcer un clapet anti-retour. Si on a assigné l'état <i>clapet anti-retour</i> à un tuyau dans l'Éditeur des Propriétés, son état ne peut pas être modifié avec des commandes simples ou élaborées.
208	Il est fait référence à un nœud non défini. Ce cas peut se produire par exemple lors de l'utilisation des commandes simples ou élaborées.
209	Une valeur inacceptable a été attribuée à une propriété d'un nœud.
210	Il est fait référence à un arc non défini. Ce cas peut se produire par exemple lors d'une erreur de saisie des commandes.
211	Une valeur inacceptable a été attribuée à une propriété d'un arc.
212	Le nœud pour lequel un dépistage des sources a été demandé n'est pas défini.
213	Une valeur inacceptable a été attribuée à une option de simulation (par exemple un nombre négatif pour un intervalle de temps).
214	Le fichier des données contient une ligne trop longue. Le nombre de caractères sur une ligne dans les fichiers .INP est limité à 255.
215	Il y a deux nœuds ou deux arcs avec la même étiquette d'identification.
216	Des informations sur la consommation d'énergie se réfèrent à une pompe non définie.
217	L'information fournie sur la consommation d'énergie d'une pompe n'est pas valable.
219	Il existe une connexion inacceptable entre une vanne et un réservoir ou une bêche. Une vanne stabilisatrice aval, une vanne stabilisatrice amont ou une vanne régulatrice de débit ne peuvent pas être directement reliées à une bêche ou un réservoir (utilisez un tuyau de faible longueur pour séparer les deux).

- 220 Il existe une connexion inacceptable entre deux vannes. Des vannes stabilisatrices aval ne peuvent pas partager le même nœud en aval ou être mises en série; des vannes stabilisatrices amont ne peuvent pas partager le même nœud en amont ou être installées en série; une vanne stabilisatrice amont ne peut pas être reliée au nœud aval d'une vanne stabilisatrice aval.
- 221 Erreur de syntaxe dans une commande de contrôle.
- 222 Les deux extrémités d'un arc ont la même étiquette d'identification
- 223 Il n'y a pas assez de nœuds dans le réseau. Un réseau valide doit au moins contenir un réservoir ou une bêche et un nœud de demande.
- 224 Il manque au moins un réservoir ou une bêche dans le réseau.
- 225 Les niveaux inférieurs et supérieurs d'un réservoir ne sont pas valables (par exemple, le niveau inférieur se trouve au-dessus du niveau supérieur).
- 226 Une pompe a été définie sans courbe caractéristique (propriétés *Courbe Caractéristique*) ou sans puissance nominale (propriétés *Puissance Nominale*). Si les deux propriétés sont données, EPANET utilise la première.
- 227 La courbe caractéristique d'une pompe n'est pas valable. La charge d'une pompe doit diminuer lorsque le débit augmente.
- 230 Les valeurs de l'axe X d'une courbe ne sont pas ordonnées par ordre croissant.
- 233 Il y a un nœud sans connexion au réseau.
- 302 Le logiciel ne peut pas ouvrir le Fichier Temporaire des données. Assurez-vous de l'autorisation d'écriture dans le répertoire temporaire saisie dans les Préférences Générales (voir la Section 4.9).
- 303 Le logiciel ne peut pas ouvrir le fichier du rapport d'état. Voir l'erreur 302.
- 304 Le logiciel ne peut pas ouvrir le fichier de sortie binaire. Voir l'erreur 302.
- 308 Les résultats ne peuvent pas être enregistrés dans un fichier. Il est possible que le disque soit plein.
- 309 Les résultats ne peuvent pas être enregistrés dans un fichier de type rapport. Il est possible que le disque soit plein.

ANNEXE C - EXECUTION D'EPANET EN MODE COMMANDE

C.1 Instructions Générales

EPANET peut également être exécuté en mode commande dans une fenêtre "DOS". Dans ce cas, les données sont lues à partir d'un fichier au format texte, et les résultats sont écrits dans un fichier texte. La commande pour démarrer EPANET dans ce mode est :

```
epanef2d fich_ent fich_rapp fich_sort
```

*dans laquelle **fich_ent** est le nom du fichier d'entrée, **fich_rapp** est le nom du fichier de rapport, et **fich_sort** est le nom du fichier binaire optionnel dans lequel les résultats peuvent être sauvegardés dans un format binaire spécial. Si ce dernier fichier n'est pas souhaité, il suffit d'introduire les noms des deux premiers. Comme on l'a déjà indiqué, utiliser cette commande suppose que vous travaillez dans le répertoire dans lequel EPANET a été installé ou bien que ce répertoire a été ajouté à la ligne PATH dans le fichier AUTOEXEC.BAT. Sinon, il faut introduire non seulement le commande **epanef2d.exe** et les noms des fichiers mais aussi leurs chemins d'accès. Les messages d'erreur d'EPANET en mode commande sont les mêmes que ceux d'EPANET sous Windows, et sont listés dans l'appendice B.*

Pour faire la différence entre la version française et la version anglaise, le nom du fichier exécutable en français (epanef2d.exe) a été différencié du nom original en anglais (epanet2d.exe). Ce nom ne doit pas avoir plus de 8 caractères, pour permettre l'utilisation des versions plus vieilles de DOS.

C.2 Format du Fichier d'Entrée

*Le fichier d'entrée d'EPANET en mode commande a le même format que le fichier au format texte généré par EPANET sous Windows lorsqu'on sélectionne **Fichier >> Exporter >> Réseau...** Il est organisé en sections, dont chacune commence par un mot-clef entre crochets. Une liste des différents mots-clefs est donnée ci-dessous.*

Les mots-clefs et les options des différentes sections n'ont pas été traduits, pour maintenir la compatibilité avec la version anglaise.

<i>Composants du Réseau</i>	<i>Fonctionnement du Système</i>	<i>Qualité de l'eau</i>	<i>Options et Rapports</i>	<i>Schéma du Réseau / Textes</i>
[TITLE]	[CURVES]	[QUALITY]	[OPTIONS]	[COORDINATES]
[JUNCTIONS]	[PATTERNS]	[REACTIONS]	[TIMES]	[VERTICES]
[RESERVOIRS]	[ENERGY]	[SOURCES]	[REPORT]	[LABELS]
[TANKS]	[STATUS]	[MIXING]		[BACKDROP]
[PIPES]	[CONTROLS]			[TAGS]
[PUMPS]	[RULES]			
[VALVES]	[DEMANDS]			
[EMITTERS]				

L'ordre des sections importe peu. Néanmoins, un nœud ou un arc, auquel se réfère une commande dans une section, doit être déjà défini dans les sections [JUNCTIONS], [RESERVOIRS], [TANKS], [PIPES], [PUMPS], ou [VALVES]. C'est pourquoi il est recommandé de mettre ces sections au début, juste au-dessous de la section [TITLE]. Les sections du Schéma du Réseau et des Textes ne s'utilisent pas dans EPANET en mode commande et peuvent être éliminées du fichier.

Chaque section peut contenir une ou plusieurs lignes d'information. Des lignes blanches peuvent être insérées. Le point-virgule indique une ligne de commentaire, sans données. Le nombre de caractères d'une ligne est limité à 255. Les étiquettes d'identification des nœuds, des arcs, des courbes et des courbes de modulation ne peuvent dépasser 15 caractères alpha numériques.

La figure C.1 affiche le fichier d'entrée qui décrit l'exemple de réseau du chapitre 2.

```
[TITLE]
EPANET 2. Exemple de Tutorial (SI)

[JUNCTIONS]
;ID  Alt.  Demande
;-----
2    210   0
3    215   10
4    210   10
5    200   15
6    210   10
7    210   0

[RESERVOIRS]
;ID  Bâche  Charge
;-----
1                210

[TANKS]
;ID  Rés.  Alt.  NivIni  NivMin  NivMax  Diam  Volume
;-----
8                250  1        0        6        20    0

[PIPES]
;ID  Nœud1  Nœud2  Long.   Diam  Rugosité
;-----
1    2      3      1000   350   0.01
2    3      7      1500   300   0.01
3    3      4      1500   200   0.01
4    4      5      1500   200   0.01
5    6      7      1500   200   0.01
6    7      8      2000   250   0.01
8    5      6      2000   150   0.01

[PUMPS]
;ID  Nœud1  Nœud2  Paramètres
;-----
9    1      2      HEAD 1
```

Figure C.1 Exemple de Fichier d'Entrée d'EPANET (suite sur la page suivante)

```

[PATTERNS]
;ID      Multiplicateurs
;-----
1        0.5  1.3  1.0  1.2

[CURVES]
;ID  Valeur X Valeur Y
;-----
1    42      45

[QUALITY]
;Nœud QualIni
;-----
1    1

[REACTIONS]
Global Bulk  -1
Global Wall  0

[TIMES]
Duration           72:00
Hydraulic Timestep 1:00
Quality Timestep   0:05
Pattern Timestep   6:00

[REPORT]
Page      0
Status    NO
Summary   NO

[OPTIONS]
Units           LPS
Headloss        D-W
Pattern         1
Quality         Chlore mg/l
Tolerance       0.01

[END]

```

Figure C.1 Exemple de Fichier d'Entrée d'EPANET

Les pages suivantes décrivent les contenus et les formats de chaque section, par mot-clef et dans l'ordre alphabétique.

Nota : Pour introduire une valeur numérique dans le fichier d'entrée, il faut utiliser un point décimal (donc pas de virgule) pour séparer la partie décimale du nombre entier.

[BACKDROP]

But:

Identifier une image pour l'utiliser comme fond, et définir ses dimensions.

Formats:

DIMENSIONS	<i>LLx LLy URx URy</i>
UNITS	FEET/METERS/DEGREES/NONE
FILE	<i>nom du fichier</i>
OFFSET	<i>X Y</i>

Définitions:

DIMENSIONS donne les coordonnées X et Y du Coin inférieur gauche et du Coin supérieur droit du rectangle qui borne le fond d'écran. Les valeurs par défaut sont les coordonnées du rectangle qui encadre tous les nœuds énumérés sous la section [COORDINATES].

UNITS spécifie les unités du schéma. La valeur par défaut est NONE (aucune).

FILE est le nom du fichier contenant le fond d'écran.

OFFSET donne la distance sur les axes X et Y entre le coin supérieur gauche du fond d'écran et le coin supérieur gauche du rectangle qui encadre le schéma. La valeur par défaut est zéro.

Remarques:

- La section [BACKDROP] est optionnelle, et n'est pas exécutée quand EPANET est exécuté en mode commande.
- Seuls les fichiers bitmap (.bmp) et les Méta-fichiers Améliorés (.emf) de Windows peuvent être utilisés comme fond de schéma.

[CONTROLS]

But:

Définir les commandes pour modifier l'état des arcs sous certaines conditions.

Format:

Une ligne par commande, dont le format doit correspondre à :

```
LINK ID Arc état IF NODE ID Nœud ABOVE/BELOW valeur
```

```
LINK ID Arc état AT TIME temps
```

```
LINK ID Arc état AT CLOCKTIME heure AM/PM
```

où:

ID Arc	=	Étiquette d'Identification d'un arc
état	=	OPEN ou CLOSED, la vitesse de rotation d'une pompe ou la consigne de fonctionnement d'une vanne
ID Nœud	=	Étiquette d'Identification d'un nœud
valeur	=	La pression d'un nœud de demande ou le niveau de l'eau dans un réservoir
temps	=	Le temps passé depuis le début de la simulation, en heures décimales ou en format heures:minutes
heure	=	L'heure de la journée en format américain (AM = jusqu'à midi, PM de midi à minuit) (heures:minutes)

Remarques:

- Les commandes simples s'utilisent pour changer l'état ou la consigne de fonctionnement d'un arc en fonction du niveau de l'eau dans un réservoir, de la pression en un nœud, de l'instant de la simulation et de l'heure de la journée.
- Voir les remarques de la section [STATUS] consacrées aux conventions utilisées pour spécifier l'état et la consigne des arcs, en particulier des vannes de contrôle.

Exemples :

```
[CONTROLS]
;Fermer arc 12 si niveau réservoir 23 supérieur à 20 pieds.
LINK 12 CLOSED IF NODE 23 ABOVE 20

;Ouvrir l'arc 12 si la pression au nœud 130 est
;inférieure à 30 psi.
LINK 12 OPEN IF NODE 130 BELOW 30

;16 heures après le début de la simulation, la vitesse
;attribuée à la pompe PUMP02 est 1.5
LINK PUMP02 1.5 AT TIME 16

;L'arc 12 se ferme de 10 heures du matin à 8 heures du soir
;pendant toute la durée de la simulation
LINK 12 CLOSED AT CLOCKTIME 10 AM
LINK 12 OPEN AT CLOCKTIME 8 PM
(2 lignes de commandes sont nécessaires).
```

[COORDINATES]

But:

Assigner aux nœuds du réseau leurs coordonnées.

Format:

Une ligne par nœud, avec les informations suivantes:

- *Étiquette d'Identification du Nœud*
- *Coordonnée X*
- *Coordonnée Y*

Remarques:

- Consacrez une ligne à chaque nœud.
- Les coordonnées représentent la distance entre le nœud et une origine arbitraire prise au coin inférieur gauche du schéma. Vous pouvez utiliser n'importe quelles unités de mesure.
- Il n'est pas nécessaire de représenter tous les nœuds dans le schéma. En outre, leur position dans le schéma ne doit pas forcément correspondre à une échelle réelle.
- La section [COORDINATES] est optionnelle, et n'est pas exécutée quand EPANET est exécuté en mode commande.

Exemple:

```
[COORDINATES]
;ID Nœud      Coord.X      Coord.Y
;-----
  1           10023      128
  2           10056      95
```

[CURVES]

But:

Décrire les courbes (déclarer leurs étiquettes et assigner des coordonnées X-Y qui les décrivent).

Format:

Une ligne pour chaque point comportant l'information suivante:

- Étiquette d'Identification de la courbe
- Valeur X (abscisse)
- Valeur Y (ordonnée)

Remarques:

- a. EPANET utilise les types de courbes suivants:
 - Courbe Caractéristique d'une Pompe
 - Courbe de Rendement
 - Courbe de Volume
 - Courbe de Perte de Charge
- b. Les points d'une courbe doivent être saisis par ordre croissant des abscisses (de X).
- c. Si le fichier d'entrée doit être lu par la version Windows d'EPANET, vous pouvez ajouter une ligne de commentaire, qui indique le type et une description de la courbe, séparés par deux points, juste au-dessus de la première ligne de données. Ceci aura pour effet de montrer correctement la courbe dans l'éditeur de courbes d'EPANET. Les types de courbes. Les types de courbe sont PUMP (Caractéristique), EFFICIENCY (Rendement), VOLUME, et HEADLOSS (Perte de Charge). Voir les exemples ci-dessous.

Exemple:

```
[CURVES]
;ID Débit Charge
;PUMP: Courbe de la pompe 1
C1 0 200
C1 1000 100
C1 3000 0

;ID Débit Rendement
;EFFICIENCY:
E1 200 50
E1 1000 85
E1 2000 75
E1 3000 65
```

[DEMANDS]

But:

Supplément de la section [JUNCTIONS] pour attribuer plusieurs catégories de demandes aux nœuds.

Format:

Une ligne par catégorie de demande avec l'information suivante:

- Étiquette d'identification ID du nœud de demande
- Demande de base (unités de débit)
- Étiquette d'identification ID de la courbe de modulation qui fait varier la demande (optionnelle)
- Catégorie de demande, précédée par un point-virgule (optionnelle)

Remarques:

- Utilisez cette commande seulement pour changer ou étendre les demandes qui étaient déjà attribuées dans la section [JUNCTIONS].
- Les demandes de cette section remplacent toutes les demandes du même nœud attribuées dans la section [JUNCTIONS].
- Le nombre de catégories de demande qui peuvent être définies est illimité.
- S'il n'y a pas de courbe de modulation attribuée, la demande du nœud suit la courbe de modulation définie comme courbe de modulation des demandes par défaut dans la section [OPTIONS]; s'il n'y a pas de courbe de modulation par défaut, la demande suit la courbe de modulation 1. S'il n'y a pas de courbe de modulation 1 non plus, la demande reste constante.

Exemple:

```
[DEMANDS]
;ID    Demande    Courbe de modulation    Catégorie
;-----
J1     100        101                      ;Domestique
J1     25         102                      ;École
J256   50         101                      ;Domestique
```

[EMITTERS]

But:

Définir les nœuds de demande qui fonctionnent comme buses (pulvérisateurs, orifices, etc.).

Format:

Une ligne par buse contenant l'information suivante:

- Étiquette d'identification ID du nœud de demande associé
- Coefficient de décharge, c'est à dire, le débit (en unité de débit) pour une perte de charge de 1 mètre (1 psi)

Remarques:

- Les émetteurs sont utilisés pour modéliser l'écoulement à travers des hydrantes, des systèmes d'arrosage, des réseaux d'irrigation, des fuites ou pour calculer le débit de bornes d'incendie.
- Le débit à travers un émetteur (orifice calibré ou buse) est égal au produit du coefficient de décharge avec la pression au nœud de demande, élevée à une certaine puissance.
- On peut spécifier un exposant dans l'option EMITTER EXPONENT dans la section [OPTIONS]. L'exposant par défaut est 0.5, ce qui est la valeur normale pour les orifices.
- La demande réelle qui s'affiche comme résultat du calcul est la somme de la demande normale du nœud de demande et du débit traversant la buse.
- La section [EMITTERS] est optionnelle.

[ENERGY]**But:**

Définir les paramètres utilisés pour calculer la consommation d'énergie et son coût.

Formats:

GLOBAL **PRICE/PATTERN/EFFIC** *valeur*
PUMP *ID Pompe* **PRICE/PATTERN/EFFIC** *valeur*
DEMAND CHARGE *valeur*

Remarques:

- a. Les lignes qui commencent par le mot-clef **GLOBAL** définissent les valeurs par défaut du prix de l'énergie, de la courbe de modulation de variation du prix, et du rendement moyen pour toutes les pompes.
- b. Les lignes qui commencent par le mot-clef **PUMP** imposent des valeurs différentes des valeurs par défaut à des pompes spécifiques.
- c. Les Paramètres sont décrits ci-dessous:
 - **PRICE** = coût moyen par kWh,
 - **PATTERN** = étiquette d'identification de la courbe de modulation décrivant la variation des prix de l'énergie dans le temps,
 - **EFFIC** = le rendement (en %) par défaut de toutes les pompes ou l'étiquette d'identification ID d'une courbe de rendement d'une seule pompe,
 - **DEMAND CHARGE** = prix par kW de puissance maximale demandée.
- d. Le rendement par défaut est de 75%, le prix de l'énergie par défaut est de 0.
- e. Toutes les données saisies dans cette section sont optionnelles. Les éléments séparés par des barres obliques (/) correspondent aux différents choix possibles.

Exemple:

```
[ENERGY]
GLOBAL PRICE      0.05;le prix par défaut de l'énergie
GLOBAL PATTERN    PAT1;la courbe de modulation du prix par défaut est le PAT1
PUMP 23 PRICE 0.10;attribue un coût de l'énergie différent à la pompe 23
PUMP 23 EFFIC E23 ;attribue la courbe de rendement E23 à la pompe 23
```

[JUNCTIONS]

But:

Définir les nœuds de demande du réseau.

Format:

Une ligne par catégorie de demande avec les informations suivantes:

- Étiquette d'identification
- Altitude, en m (pieds)
- Demande de base (unités de débit) (optionnelle)
- Étiquette d'identification de la courbe de modulation de la demande (optionnelle)

Remarques:

- La section [JUNCTIONS] est obligatoire, et doit au moins contenir 1 nœud de demande.
- S'il n'y a pas de courbe de modulation de demande attribuée au nœud, celle-ci suit la courbe de modulation par défaut, définie dans la section [OPTIONS]. S'il n'y a pas de courbe de modulation par défaut, elle suit la Courbe de Modulation unitaire (constante égale à 1). Si la Courbe de Modulation unitaire n'existe pas non plus, la demande reste constante.
- On peut également définir des demandes dans la section [DEMANDS], dans laquelle on peut attribuer plusieurs catégories de demandes à chaque nœud.

Exemple:

```
[JUNCTIONS]
;ID Altitude Demande Courbe de Modulation
;-----
J1 100 50 Pat1
J2 120 10 ;suit la courbe de modulation de demande
;par défaut
J3 115 ;arc sans demande
```

[LABELS]

But:

Définir les textes et leur attribuer des coordonnées.

Format:

Une ligne par texte contenant les informations suivantes:

- Coordonnée X
- Coordonnée Y
- Contenu du texte entre guillemets
- Étiquette d'identification ID du nœud d'ancrage (optionnelle)

Remarques:

- Consacrez une ligne à chaque texte.
- Les coordonnées représentent la distance entre le coin supérieur gauche du texte et une origine fixée au coin inférieur gauche du schéma.
- Le nœud d'ancrage est optionnel et sert à maintenir le texte à une distance fixe lorsqu'on change l'échelle du schéma à l'aide du zoom.
- La section [LABELS] est optionnelle, et n'est pas exécutée quand EPANET est exécuté en mode commande.

Exemple:

```
[ LABELS ]
; Coord.X   Coord.Y   Contenu           ID Ancre
;-----
  1230      3459      "Pompe 1"
  34.57     12.75      "Réservoir Nord" T22
```

[MIXING]

But:

Identifier le modèle qui caractérise le mélange dans les réservoirs de stockage.

Format:

Une ligne par réservoir contenant les informations suivantes:

- Étiquette d'identification ID du réservoir
- Modèle de mélange (MIXED, 2COMP, FIFO, or LIFO)
- Fraction de mélange (fraction du volume total)

Remarques:

- a. On a le choix entre quatre modèles de mélange:
 - Mélange parfait (MIXED)
 - Mélange en deux compartiments (2COMP)
 - Écoulement en piston type FIFO (FIFO)
 - Écoulement en piston type LIFO (LIFO)
- a. La fraction de mélange est seulement applicable en cas de mélange en deux compartiments. Elle représente la fraction du volume total du réservoir qui contient le compartiment dans lequel l'eau entre et sort.
- b. La section [MIXING] est optionnelle. Les réservoirs qui ne sont pas décrits dans cette section sont considérés comme entièrement et parfaitement mélangés.

Exemple:

```
[MIXING]
;Réservoir Modèle
;-----
T12          LIFO
T23          2COMP      0.2
```

[OPTIONS]

But:

Définir les différentes options de simulation.

Formats:

UNITS	CFS/GPM/MGD/IMGD/AFD/ LPS/LPM/MLD/CMH/CMD
HEADLOSS	H-W/D-W/C-M
HYDRAULICS	USE/SAVE nom de fichier
QUALITY	NONE/CHEMICAL/AGE/TRACE id
VISCOSITY	valeur
DIFFUSIVITY	valeur
SPECIFIC GRAVITY	valeur
TRIALS	valeur
ACCURACY	valeur
UNBALANCED	STOP/CONTINUE/CONTINUE n
PATTERN	étiquette d'identification
DEMAND MULTIPLIER	valeur
EMITTER EXPONENT	valeur
TOLERANCE	valeur
MAP	nom de fichier

Définitions:

UNITS établit les unités utilisées pour exprimer le débit. On peut choisir entre:

CFS	=	pieds cubes par seconde
GPM	=	gallons par minute (USA)
MGD	=	million de gallons par jour (USA)
IMGD	=	MGD Impériales (UK)
AFD	=	acre-pieds par jour
LPS	=	litres par seconde
LPM	=	litres par minute
MLD	=	million de litres par jour
CMH	=	mètres cubes par heure
CMD	=	mètres cubes par jour

Si on utilise **CFS**, **GPM**, **MGD**, **IMGD** ou **AFD** les autres unités s'expriment en unités américaines. Si on utilise **LPS**, **LPM**, **MLD**, **CMH**, ou **CMD**, il faut utiliser des unités métriques pour les autres paramètres. (Voir Appendice A. Unités de Mesure). Les unités par défaut sont **GPM**

Les unités par défaut du débit dans le Fichier d'Entrée sont gpm, et non l/s, pour maintenir la compatibilité avec la version anglaise.

HEADLOSS indique la formule utilisée pour le calcul des pertes de charge dans un tuyau. Il y a le

choix entre les formules de Hazen-Williams (**H-W**), Darcy-Weisbach (**D-W**) ou Chezy-Manning (**C-M**). La formule par défaut est **H-W**.

L'option **HYDRAULICS** permet d'enregistrer (**SAVE**) la solution hydraulique calculée ou bien d'utiliser (**USE**) une solution antérieurement enregistrée. Ceci est utile pour l'étude de facteurs influençant uniquement la qualité de l'eau.

QUALITY indique le type de calcul de qualité de l'eau effectué. Il y a le choix entre **NONE** (aucune), **CHEMICAL** (une substance chimique), **AGE** (temps de séjour) et **TRACE** (dépistage). Au lieu de **CHEMICAL** on peut introduire le nom du produit, suivi par ses unités de concentration (par exemple, **CHLORE mg/L**). Si on choisit le type **TRACE**, il faut faire suivre l'instruction par l'étiquette d'identification du nœud pour lequel on fait le dépistage. La sélection par défaut est **NONE** (pas d'analyse de qualité).

VISCOSITY est la viscosité cinétique du fluide qui parcourt le réseau, par rapport à celle de l'eau à 20° C. (1.0 centistoke). La valeur par défaut est 1.0.

DIFFUSIVITY est la diffusivité moléculaire de la substance analysée par rapport à celle du chlore dans l'eau. La valeur par défaut est 1.0. La diffusivité ne s'utilise que dans le cas où le transfert de masse limiterait les réactions aux parois. EPANET ignore les limitations de transfert si la valeur est 0.

SPECIFIC GRAVITY est le rapport entre la densité du fluide étudié et l'eau à 4°C (sans unité).

TRIALS est le nombre maximum d'itérations servant à résoudre les équations hydrauliques du réseau à chaque période de la simulation. La valeur par défaut est 40.

ACCURACY détermine le critère de convergence pour lequel une solution hydraulique sera acceptée. Le calcul est terminé quand la somme de toutes les variations de débit par rapport à la dernière itération divisée par le débit total à travers tous les arcs est inférieur à ce nombre. La valeur par défaut est 0.001.

UNBALANCED détermine ce qu'il faut faire s'il est impossible d'arriver à une solution hydraulique après avoir exécuté le nombre maximum d'itérations, fixé avec **TRIALS**, pour une période hydraulique de simulation. **STOP** arrête la simulation. Si on choisit l'instruction **CONTINUE**, le logiciel affiche un message d'avertissement et continue la simulation ; **CONTINUE n** poursuit la simulation n fois, en figeant l'état de tous les arcs ; la simulation suit son cours et EPANET affiche un message qui indique s'il a atteint la convergence ou non. Le choix par défaut est **STOP**.

PATTERN est suivi de l'étiquette d'identification de la courbe de modulation de demande par défaut. S'il n'y a pas de courbe de modulation définie dans la section [PATTERNS] le multiplicateur sera toujours égal à 1.0. Si cette option n'est pas utilisée, la courbe de modulation par défaut est la courbe de modulation avec l'étiquette '1'.

L'option **DEMAND MULTIPLIER** ajuste la demande de base de toutes les catégories de demande et de tous les nœuds de demande. Par exemple, une valeur de 2 double toutes les demandes base, une demande de 0.5 les divise par deux. La valeur par défaut est 1.0.

EMITTER EXPONENT spécifie la puissance à laquelle la pression dans un nœud de demande est élevée pour calculer le flux à travers un émetteur (orifice calibré). La valeur par défaut est 0.5.

TOLERANCE est la variation de qualité la plus petite qui fait qu'un nouveau segment est créé dans le tuyau. La valeur par défaut est 0.01 tant pour les produits mesurés en mg/L, que pour le calcul du temps de séjour (en heures) et pour le dépistage (en pourcentage).

MAP est suivi par le nom d'un fichier contenant les coordonnées des nœuds du réseau, pour qu'un schéma du réseau puisse être dessiné. Cette option ne doit pas être utilisée pour faire des calculs de qualité ou des calculs hydrauliques.

Remarques:

- a. Les options non-spécifiées dans cette section se mettent à leurs valeurs par défaut.
- b. Les éléments séparés par des barres obliques (/) sont les différents choix possibles.

Exemple:

```
[ OPTIONS ]  
UNITS          CFS  
HEADLOSS      D-W  
QUALITY        TRACE Tank23  
UNBALANCED     CONTINUE 10
```

[PATTERNS]

But:

Définir différentes courbes de modulation, applicables aux demandes, altitudes des bâches, vitesses de rotation des pompes, prix de l'énergie et intensité des sources.

Format:

Une ou plusieurs lignes pour chaque courbe de modulation contenant l'information suivante:

- Étiquette d'identification ID de la courbe de modulation
- Un ou plusieurs multiplicateurs, en séquence temporaire

Remarques:

- Un multiplicateur est un facteur qu'on multiplie avec une valeur de base (par exemple la demande) pour déterminer la valeur réelle à chaque période de simulation.
- Toutes les courbes de modulation sont basées sur les mêmes intervalles de temps (durée d'une période), qui sont définis dans la section [TIMES].
- Le nombre de périodes peut varier d'une courbe de modulation à l'autre.
- Quand la durée de la simulation excède la durée définie par les périodes dans une courbe de modulation, le programme retourne au début de la première période pour suivre la simulation.
- Le nombre de lignes pour ajouter des multiplicateurs à une courbe de modulation est illimité.

Exemple:

```
[PATTERNS]
;Courbe de Modulation M1
P1 1.1 1.4 0.9 0.7
P1 0.6 0.5 0.8 1.0
;Courbe de Modulation M2
P2 1 1 1 1
P2 0 0 1
```


[PIPES]

But:

Définir les caractéristiques de tous les tuyaux du réseau.

Format:

Une ligne par tuyau contenant l'information suivante:

- Étiquette d'identification du tuyau
- Étiquette d'identification du nœud à l'entrée du tuyau
- Étiquette d'identification du nœud à la sortie du tuyau
- Longueur, en mètres (pieds)
- Diamètre, en mm (pouces)
- Coefficient de rugosité
- Coefficient de pertes de charge singulières
- État (OPEN, CLOSED, or CV)

Remarques:

- a. Le coefficient de rugosité n'a pas d'unité pour les formules de perte de charge de Hazen-Williams et Chezy-Manning et s'exprime en mm (millipieds) pour la formule de Darcy-Weisbach. Le choix de la formule de perte de charge doit être fait dans la section [OPTIONS].
- b. Choisir CV comme état signifie que le tuyau est pourvu d'un clapet anti-retour.
- c. Si le coefficient de pertes singulières est 0 et le tuyau est ouvert (OPEN) il n'est pas nécessaire de saisir ces paramètres.

Exemple:

```
[PIPES]
;ID  Nœud1  Nœud2  Longueur  Diam.  Rugosité  CoPeCh  État
;-----
P1   J1     J2     1200     12     120      0.2    OPEN
P2   J3     J2     600      6      110      0      CV
P3   J1     J10    1000     12     120
```

[PUMPS]

But:

Définir toutes les pompes du réseau et leurs conditions d'installation.

Format:

Une ligne par pompe contenant l'information suivante:

- Étiquette d'identification ID de la pompe
- Étiquette d'identification ID du nœud aspiration
- Étiquette d'identification ID du nœud de refoulement
- Mot(s)-clef(s) et valeur(s)

Remarques:

- Les mots-clefs sont:
 - **POWER** – puissance nominale pour une pompe travaillant à puissance constante, en kW (chevaux)
 - **HEAD** – étiquette d'identification ID de la courbe caractéristique de la pompe
 - **SPEED** – consigne de vitesse relative; la vitesse normale est 1.0, 0 signifie que la pompe ne fonctionne pas
 - **PATTERN** – étiquette d'identification ID de la courbe de modulation qui décrit la variation de vitesse de rotation dans le temps
- Il faut saisir au moins un des paramètres **POWER** ou **HEAD**. Les autres mots-clefs sont optionnels.

Exemple:

```
[ PUMPS ]
; ID      Nœud1    Nœud2    Propriétés
;-----
Pump1    N12       N32      HEAD Curve1
Pump2    N121      N55      HEAD Curve1  SPEED 1.2
Pump3    N22       N23      POWER 100
```

[QUALITY]

But:

Définir la qualité initiale aux nœuds.

Format:

Une ligne par nœud contenant l'information suivante:

- Étiquette d'identification ID du nœud
- Qualité initiale

Remarques:

- a. Les nœuds non repris dans cette option ont une qualité égale à 0.
- b. Pour les substances chimiques la qualité est exprimée en concentration, pour le temps de séjour et le dépistage en heures.
- c. La section [QUALITY] est optionnelle.

[REACTIONS]

But:

Définir les paramètres relatifs aux réactions chimiques qui ont lieu dans le réseau.

Formats:

ORDER BULK/WALL/TANK valeur
GLOBAL BULK/WALL valeur
BULK/WALL/TANK ID tuyau/ID reserv valeur
LIMITING POTENTIAL valeur
ROUGHNESS CORRELATION valeur

Définitions:

ORDER détermine l'ordre des réactions respectivement dans la masse d'eau, aux parois ou dans les réservoirs. L'ordre des réactions aux parois doit être 0 ou 1. Si ce paramètre n'est pas saisi, l'ordre est égal à 1.0

GLOBAL est suivi par la valeur globale des coefficients de réaction s'appliquant à la masse d'eau ou à toutes les parois. La valeur par défaut est zéro.

BULK, **WALL** et **TANK** permettent la substitution de la valeur globale par un coefficient de vitesse de réaction spécifique pour certains tuyaux ou réservoirs.

LIMITING POTENTIAL est suivi par la concentration limitante d'une substance et spécifie que les vitesses de réaction dépendent de la différence entre la concentration réelle et la concentration limite.

ROUGHNESS CORRELATION est suivi du facteur qui détermine la relation entre la rugosité d'un tuyau et la vitesse de réaction aux parois. La relation peut être de différentes formes:

<u>Formule de Perte de Charge</u>	<u>Corrélation</u>
Hazen-Williams	F / C
Darcy-Weisbach	$F / \log(e/D)$
Chezy-Manning	$F * n$

dans laquelle F est le coefficient de corrélation entre la rugosité de la paroi et la réaction à la paroi, C est le facteur C de Hazen-Williams, e est la rugosité de Darcy-Weisbach, D est le diamètre du tuyau, et n est le coefficient de rugosité de Chezy-Manning. Les valeurs calculées de cette manière peuvent être substituées par une valeur spécifique de vitesse de réaction pour un tuyau particulier en utilisant l'instruction **WALL**.

Remarques:

- a. Le coefficient de vitesse d'une réaction de formation est toujours positif, celui d'une réaction de décomposition négatif.
- b. Les coefficients de réaction sont exprimés en 1/jour.
- c. Tous les paramètres de cette section sont optionnels. Les éléments séparés par des barres obliques correspondent aux différents choix possibles.

Exemple:

```
[REACTIONS]
ORDER WALL    0    ;Les réactions aux parois sont d'ordre 0
GLOBAL BULK  -0.5 ;Coeff. vitesse de réaction dans la masse d'eau est 0.5
GLOBAL WALL  -1.0 ;Coeff. vitesse de réaction aux parois est 1
WALL   P220  -0.5 ;Coeff. vitesse de réaction de certaines parois.
WALL   P244  -0.7
```

[REPORT]

But:

Décrire le contenu d'un rapport des résultats de la simulation.

Formats:

PAGESIZE	valeur
FILE	nom de fichier
STATUS	YES/NO/FULL
SUMMARY	YES/NO
ENERGY	YES/NO
NODES	NONE/ALL/nœud1 nœud2 ...
LINKS	NONE/ALL/arc1 arc2 ...
paramètre	YES/NO
paramètre	BELOW/ABOVE/PRECISION valeur

Définitions:

PAGESIZE est suivi du nombre de lignes par page de rapport. La valeur par défaut est 0, ce qui signifie que le nombre est illimité.

FILE est suivi par le nom du fichier dans lequel le rapport est enregistré (ignoré par la version Windows d'EPANET).

STATUS détermine s'il faut générer un rapport ou non. Si vous sélectionnez **YES** tous les éléments du réseau qui changent de consigne durant un intervalle de simulation sont affichés. Si vous choisissez **FULL**, le rapport contient aussi des informations sur toutes les itérations de la simulation hydraulique. Cette option est utile uniquement pour déboguer des réseaux qui n'atteignent pas l'équilibre. L'option par défaut est **NO**.

SUMMARY détermine si le logiciel génère un résumé sous forme de tableau contenant le nombre d'éléments de chaque type du réseau et les options de simulation choisies. L'option par défaut est **YES**.

ENERGY détermine si EPANET génère un tableau de consommation d'énergie et de coût. L'option par défaut est **NO**.

NODES identifie les nœuds pour lesquels le rapport va fournir les informations décrites ci-dessus. Vous pouvez saisir les étiquettes d'identification des nœuds, ou choisir **NONE** (aucun) ou **ALL** (tous). Si l'information s'étend sur plusieurs lignes, commencez chaque nouvelle ligne avec le mot **NODES**. L'option par défaut est **NONE**.

LINKS identifie les arcs pour lesquels le rapport va fournir les informations décrites ci-dessus. Vous pouvez saisir les étiquettes d'identification des arcs, ou choisir **NONE** (aucun) ou **ALL** (tous). Si l'information ne tient pas sur une ligne, commencez les nouvelles lignes en répétant le mot **LINKS**. L'option par défaut est **NONE**.

L'option "paramètre" détermine les paramètres mentionnés dans le rapport, avec le nombre de décimale, et le type d'information. Les paramètres des nœuds qui peuvent entrer dans un rapport sont les suivantes:

- **Elevation** Altitude
- **Demand** Demande
- **Head** Charge
- **Pressure** Pression
- **Quality** Qualité

Les paramètres des arcs qui peuvent être mentionnés dans un rapport sont les suivants:

- **Length** Longueur
- **Diameter** Diamètre
- **Flow** Débit
- **Velocity** Vitesse
- **Headloss** Perte de Charge
- **State** État (ouvert-fermé-actif...)
- **Setting** (Rugosité pour les tuyaux, vitesse pour les pompes, consigne de fonctionnement pour les vannes)
- **Reaction** (vitesse de réaction)
- **F-Factor** (facteur de friction)

Les paramètres qui entrent dans le rapport par défaut sont **Demand**, **Head**, **Pressure** et **Quality** pour les nœuds et **Flow**, **Velocity** et **Headloss** pour les arcs. La précision des valeurs par défaut est de deux décimales.

Remarques:

- a. Les options non spécifiées dans cette section seront mises à leur valeur par défaut.
- b. Les éléments séparés par des barres obliques sont les différents choix possibles.
- c. Par défaut, il n'y a pas de rapport sur des nœuds ou des arcs individuels, donc il est nécessaire d'introduire explicitement les instructions **NODES** et **LINKS** et leurs paramètres si vous voulez rapporter des informations sur un nœud ou un arc particulier.
- d. La version Windows d'EPANET ne prend en compte que l'option **STATUS**. Toutes les autres sont ignorées.

Exemple:

Les commandes utilisées dans l'exemple suivant permettent de générer un rapport contenant des informations sur les nœuds N1, N2, N3 et N17 et sur tous les arcs dont l'écoulement a une vitesse supérieure à 3.0. Pour les nœuds, les paramètres par défaut (demande, charge, pression, et qualité) sont repris dans le rapport, pour les arcs les paramètres repris sont le débit, la vitesse et le facteur de friction F.

```
[REPORT]
NODES N1 N2 N3 N17
LINKS ALL
FLOW YES
VELOCITY PRECISION 4
F-FACTOR PRECISION 4
VELOCITY ABOVE 3.0
```

[RESERVOIRS]

But:

Définir toutes les bâches du réseau, (rivières, lac, forage...).

Format:

Une ligne par bache contenant les informations suivantes:

- Étiquette d'identification ID
- Charge, en m (pieds)
- Étiquette d'identification ID de la courbe de modulation qui fait varier la charge (optionnelle)

Remarques:

- a. Charge est la charge hydraulique (altitude du radier + niveau) de l'eau dans la bache.
- b. Une courbe de modulation peut être utilisée pour faire varier la charge de la bache dans le temps.
- c. Il doit y avoir au moins une bache ou réservoir dans le réseau.

Exemple:

```
[RESERVOIRS]
;ID      Charge      Courbe de Modulation
;-----
R1       512          ;Charge constante
R2       120          Mod1    ;Charge variable dans le temps
```


[RULES]

But:

Définir des commandes élaborées qui modifient l'état des arcs à partir d'une série de conditions.

Format:

Chaque commande est une série de déclarations de la forme suivante:

```

RULE ID Commande
IF condition_1
AND condition_2
OR condition_3
AND condition_4
etc.
THEN action_1
AND action_2
etc.
ELSE action_3
AND action_4
etc.
PRIORITY Priorité

```

où:

ID Commande	=	l'Étiquette d'identification ID de la commande
condition_n	=	une clause conditionnelle
action_n	=	une clause d'action
Priorité	=	une valeur de priorité (par exemple, un nombre de 1 à 5)

Format des clauses conditionnelles:

Les clauses conditionnelles d'une commande élaborée s'écrivent de la manière suivante:

```
objet ID attribut relation valeur
```

où:

objet	=	une catégorie d'objets du réseau
ID	=	Étiquette d'identification ID de l'objet
attribut	=	un attribut ou propriété de l'objet
relation	=	un opérateur relationnel
value	=	la valeur de l'attribut

Voici quelques exemples de clauses conditionnelles:

```

JUNCTION 23 PRESSURE > 20
TANK T200 FILLTIME BELOW 3.5
LINK 44 STATUS IS OPEN

```

```
SYSTEM DEMAND >= 1500
SYSTEM CLOCKTIME = 7:30 AM
```

Les mots-clefs désignant les objets sont les suivants:

NODE	LINK	SYSTEM
JUNCTION	PIPE	
RESERVOIR	PUMP	
TANK	VALVE	

Le mot-clef **SYSTEM** ne doit pas être accompagné d'une étiquette d'identification.

Les attributs pour les nœuds sont:

DEMAND
HEAD
PRESSURE

Les attributs pour les réservoirs sont:

LEVEL
FILLTIME (le temps nécessaire pour remplir un réservoir)
DRAINTIME (le temps nécessaire pour vider un réservoir)

Les attributs pour les arcs sont:

FLOW
STATUS (**OPEN**, **CLOSED**, ou **ACTIVE**)
SETTING (vitesse de rotation d'une pompe ou consigne de fonctionnement d'une vanne)

Les attributs pour l'objet **SYSTEM** sont:

DEMAND (demande totale du système)
TIME (le temps passé depuis le début de la simulation, sous forme décimale ou en notation heures:minutes)
CLOCKTIME (l'heure de la journée, suivie du suffixe **AM** ou **PM**)

Les opérateurs relationnels sont:

= **IS**
<> **NOT**
< **BELOW**
> **ABOVE**
<=
>=

Format des clauses d'action:

Une clause d'action d'une commande élaborée s'écrit de la manière suivante:

```
objet ID STATUS/SETTING IS valeur
```

où

Objet = le mot-clef **LINK**, **PIPE**, **PUMP** ou **VALVE**

ID = l'étiquette d'identification ID de l'objet

Valeur = un état (**OPEN** ou **CLOSED**), la vitesse de rotation d'une pompe ou la consigne de fonctionnement d'une vanne

Voici quelques exemples de clauses d'action:

```
LINK 23 STATUS IS CLOSED
```

```
PUMP P100 SETTING IS 1.5
```

```
VALVE 123 SETTING IS 90
```

Remarques:

- Seules les déclarations **RULE**, **IF** et **THEN** sont obligatoires; les autres sont optionnelles.
- Si les clauses **AND** et **OR** apparaissent dans la même ligne, l'opérateur **OR** a la préférence, c'est-à-dire:

```
IF A or B and C
```

est équivalent à

```
IF (A or B) and C.
```

Si vous voulez exprimer

```
IF A or (B and C)
```

vous pouvez le faire en utilisant deux commandes

```
IF A THEN ...
```

```
IF B and C THEN ...
```

- La valeur qui suit **PRIORITY** est utilisée pour déterminer la commande qui s'appliquera lorsque deux commandes donnent des instructions contradictoires. Une commande sans valeur de priorité a toujours la priorité la plus basse. Si deux commandes ont la même valeur de priorité, la priorité est donnée à la commande qui figure la première dans la section.
- Les calculs de la simulation prennent en compte les actions horaires au fur et à mesure de l'écoulement du temps depuis l'heure de démarrage. Les objets seront dans leur position initiale au démarrage de la simulation, un cycle de 24 heures est nécessaire pour que toutes les commandes soient effectuées.

Exemple:

```
[RULES]
RULE 1
IF TANK 1 LEVEL ABOVE 19.1
THEN PUMP 335 STATUS IS CLOSED
AND PIPE 330 STATUS IS OPEN

RULE 2
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 8 AM
AND SYSTEM CLOCKTIME < 6 PM
AND TANK 1 LEVEL BELOW 12
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN

RULE 3
```

```
IF SYSTEM CLOCKTIME >= 6 PM  
OR SYSTEM CLOCKTIME < 8 AM  
AND TANK 1 LEVEL BELOW 14  
THEN PUMP 335 STATUS IS OPEN
```

[SOURCES]

But:

Définir la position et les caractéristiques des sources ou points d'injection d'une substance modifiant la qualité de l'eau.

Format:

Une ligne par source contenant l'information suivante:

- Étiquette d'identification ID du nœud
- Type de source (**CONCEN**, **MASS**, **FLOWPACED** ou **SETPPOINT**)
- Qualité de base de la source
- Etiquette d'identification ID d'une courbe de modulation (optionnelle)

Remarques:

- a. Pour les sources de type **MASS**, la qualité nominale est mesurée en masse d'eau qui entre par minute. Tous les autres types expriment l'injection en unités de concentration.
- b. La qualité peut varier dans le temps selon une courbe de modulation.
- c. Une source du type **CONCEN** :
 - représente la concentration de tout apport extérieur au nœud
 - s'applique seulement si le nœud a une demande négative (entrée d'eau au nœud)
 - pour un nœud de demande, la concentration rapportée à la sortie est le résultat du mélange de la substance qui entre au nœud et de tous les débits provenant du réseau qui arrivent au nœud de demande
 - pour une bêche, la concentration rapportée est la concentration de la source
 - pour un réservoir, la concentration rapportée est la concentration à l'intérieur du réservoir
 - est surtout intéressante pour représenter une source d'alimentation en eau ou une station de traitement (modélisées comme bèches ou nœuds de demande négative).
 - ne peut être utilisée pour des réservoirs s'il y a en même temps de l'eau qui entre et de l'eau qui sort.
- d. Une source du type **MASS**, **SETPPOINT** ou **FLOWPACED** :
 - représente une source dans laquelle la substance est injectée directement dans le réseau, quelle que soit la demande au nœud
 - change la concentration au nœud de la manière suivante:
 - Une source de type '**Injection d'un volume donné**' ajoute un volume de réactif fixe aux flux qui arrivent au nœud.
 - Une source de type '**Retraitement**' augmente la concentration qui est le résultat du mélange de tous les flux qui arrivent au nœud, avec une certaine valeur.
 - Une source de type '**Concentration en Sortie**' fixe la concentration du flux qui sort du nœud à une certaine valeur (pourvu que la concentration moyenne qui entre dans le nœud ne dépasse pas cette valeur).

- la concentration rapportée d'un nœud de demande ou d'une bêche est la concentration obtenue après l'application d'une source de ce type; la concentration d'un réservoir avec une source de ce type est la concentration interne du réservoir.
- ces sources peuvent très bien représenter l'injection d'un marqueur ou d'un désinfectant additionnel ou l'intrusion d'un contaminant dans le réseau.
 - e. La section [SOURCES] n'est pas nécessaire pour simuler le temps de séjour ou faire un dépistage.

Exemple:

```
[SOURCES]
;Nœud  Type      QualNom  Courbe de modulation
;-----
N1     CONCEN    1.2     Pat1    ;Concentration variable dans le temps
N44    MASS      12     ;Injection de Masse constante
```

[STATUS]

But:

Définir l'état initial des arcs sélectionnés.

Format:

Une ligne par arc contrôlé avec l'information suivante:

- Étiquette d'identification ID de l'arc
- État ou consigne

Remarques:

- L'état par défaut pour les arcs qui ne figurent pas dans cette section est **OPEN** (ouvert, pour les tuyaux et les pompes) ou **ACTIVE** (actif, pour les vannes).
- L'état peut être **OPEN** (ouvert) ou **CLOSED** (fermé). Pour les vannes de contrôle (par exemple, des vannes stabilisatrices aval, des vannes régulatrices de débit, etc.) ceci signifie qu'elle est ou bien entièrement ouverte ou bien entièrement fermée, et non active dans sa position de régulation (consigne).
- La consigne peut être la consigne relative de vitesse pour une pompe ou la consigne de fonctionnement pour les vannes.
- L'état initial des tuyaux peut également être déterminé dans la section [PIPES].
- L'état des vannes anti-retour ne peut pas être pré-réglé.
- Pour changer l'état ou la consigne au cours de la simulation, utilisez [CONTROLS] ou [RULES].
- Pour remettre une vanne de contrôle de l'état **CLOSED** ou **OPEN** à l'état **ACTIVE**, la commande ou la règle qui la réactive doit attribuer une pression ou un débit.

Exemple:

```
[STATUS]
;arc      état/config.
;-----
L22      CLOSED      ;L'arc L22 est fermé
P14      1.5         ;Vitesse de la pompe P14
PRV1     OPEN        ;PRV1 est forcée d'être ouverte
                ;(annule l'opération normale)
```

[TAGS]

But:

Classifier certains nœuds et arcs dans une catégorie.

Format:

Une ligne par nœud et par arc qui est associé à la propriété « genre », contenant l'information suivante:

- le mot-clef NODE ou LINK
- l'Étiquette d'identification ID du nœud ou de l'arc
- le texte du champ « genre » (sans espace)

Remarques:

- Le « genre » est utile pour grouper les nœuds dans certaines zones de pression ou pour classer les tuyaux selon leur âge ou matériau.
- Si le genre associé à un nœud ou à un arc n'est pas défini dans cette section, il est supposé vide.
- La section [TAGS] est optionnelle et n'a pas d'influence sur les calculs de qualité et les calculs hydrauliques.

Exemple:

```
[TAGS]
;Objet  ID      genre
-----
NODE    1001    Zone_A
NODE    1002    Zone_A
NODE     45    Zone_B
LINK     201    UNCI-1960
LINK     202    PVC-1985
```


[TANKS]

But:

Définir les caractéristiques de tous les réservoirs du réseau (château d'eau, ...).

Format:

Une ligne par réservoir contenant l'information suivante:

- Étiquette d'identification
- Altitude du radier, en mètres (pieds)
- Niveau initial de l'eau, en mètres (pieds)
- Niveau minimal de l'eau, en mètres (pieds)
- Niveau maximal de l'eau, en mètres (pieds)
- Diamètre nominal, en mètres (pieds)
- Volume minimum, en mètres cubes (pieds cubes)
- Étiquette d'identification ID de la courbe de volume (optionnelle)

Remarques:

- a. L'altitude de la surface de l'eau est égale à la somme de l'altitude du radier et du niveau de l'eau.
- b. La relation entre le niveau de l'eau et le volume dans le réservoir peut être décrite par une courbe dans la section [CURVES].
- c. Si on définit une courbe de volume, la valeur du diamètre peut être un nombre quelconque non-nul.
- d. Le volume minimum (le volume dans le réservoir au niveau minimal de l'eau) peut être nul pour un réservoir cylindrique ou si une courbe de volume a été saisie.
- e. Dans un réseau, il doit y avoir au moins un réservoir ou une bache.

Exemple:

```
[TANKS]
;ID  Alt.  NivInit.  NivMin  NivMax  Diam  VolMin  CourbeVol
;-----
;Réservoir cylindrique
T1   100    15      5      25    120    0
;Réservoir non-cylindrique avec diamètre variable
T2   100    15      5      25     1     0      VC1
```

[TIMES]

But:

Définir les différents paramètres temporels qui contrôlent le déroulement de la simulation.

Formats:

DURATION	Valeur (unités)
HYDRAULIC TIMESTEP	Valeur (unités)
QUALITY TIMESTEP	Valeur (unités)
RULE TIMESTEP	Valeur (unités)
PATTERN TIMESTEP	Valeur (unités)
PATTERN START	Valeur (unités)
REPORT TIMESTEP	Valeur (unités)
REPORT START	Valeur (unités)
START CLOCKTIME	Valeur (AM/PM)
STATISTIC	NONE/AVERAGED/ MINIMUM/MAXIMUM RANGE

Définitions:

DURATION est la durée de la simulation. Pour lancer un calcul sur un seul intervalle de temps, introduisez 0. La valeur par défaut est 0.

HYDRAULIC TIMESTEP (intervalle hydraulique) détermine le pas de temps des calculs de l'état du réseau. S'il est supérieur à l'intervalle de **PATTERN** ou **REPORT**, il est réduit automatiquement. La valeur par défaut est 1 heure.

QUALITY TIMESTEP détermine le pas de temps de détection des changements de qualité de l'eau dans le réseau. La valeur par défaut est de $1/10^{\text{ème}}$ de l'intervalle hydraulique.

RULE TIMESTEP est l'intervalle entre deux recherches des changements éventuels de la position d'un élément, dus à l'activation possible d'une commande élaborée au cours d'un intervalle hydraulique. La valeur par défaut est de $1/10^{\text{ème}}$ de l'intervalle hydraulique.

PATTERN TIMESTEP est l'intervalle de temps utilisé dans les courbes de modulation et il est de même pour toutes les courbes. La valeur par défaut est 1 heure.

PATTERN START est l'heure pour les courbes de modulation à partir de laquelle la simulation commence (par exemple, une valeur de 2 signifie que la simulation commence avec le commencement de l'heure 2 de la courbe de modulation). La valeur par défaut est 0.

REPORT TIMESTEP est l'intervalle de temps entre deux rapports. La valeur par défaut est 1 heure.

REPORT START est l'heure de la simulation à laquelle les résultats commencent à être rapportés. La valeur par défaut est 0.

START CLOCKTIME est l'heure réelle du début de la simulation (par exemple, 3:00 PM). La valeur par défaut est prise à 12:00 AM (minuit).

STATISTIC détermine les informations statistiques figurant dans le rapport d'une simulation de

longue durée. Vous avez le choix entre: **NONE** (rapporte les résultats de tous les nœuds et arcs à chaque pas de temps), **AVERAGED** (rapporte les moyennes des résultats jusqu'à cet instant de la simulation), **MINIMUM** (valeur minimum des résultats) **MAXIMUM** (valeur maximum des résultats), **RANGE** (différence entre les résultats maximum et minimum). La sélection par défaut est *NONE*.

Remarques:

- a. Les unités possibles sont **SECONDES (SEC)**, **MINUTES (MIN)**, **HOURS (heures)** et **DAYS (jours)**. L'unité par défaut est *HOURS*.
- b. Si on ne sélectionne pas d'unités, les temps peuvent être saisis en notation décimale ou en notation heures:minutes.
- c. Toutes les informations de la section [TIMES] sont optionnelles. Les éléments séparés par des barres obliques sont les différents choix possibles.

Exemple:

```
[TIMES]
DURATION          240 HOURS
QUALITY Timestep  3 MIN
REPORT START      120
STATISTIC         AVERAGED
START CLOCKTIME   6:00 AM
```

[TITLE]

But:

Associer un titre descriptif au réseau.

Format:

Un nombre illimité de lignes de texte.

Remarques:

La section [TITLE] est optionnelle.

[VALVES]

But:

Définir les vannes du réseau.

Format:

Une ligne par vanne donnant les informations suivantes:

- Étiquette d'identification de la vanne
- Étiquette d'identification du nœud initial
- Étiquette d'identification du nœud final
- Diamètre, en mm (pouces)
- Type de vanne
- Consigne de la vanne
- Coefficient de pertes de charge singulières

Remarques:

- a. Les types de vannes et leurs paramètres de consigne sont les suivants:

Type de vanne	Paramètre de consigne
PRV (vanne stabilisatrice aval)	Pression, mce (psi)
PSV (vannes stabilisatrice amont)	Pression, mce (psi)
PBV (vanne brise-charge)	Perte de pression, mce (psi)
FCV (vanne régulatrice de débit)	Débit (unités de débit)
TCV (vanne diaphragme)	Coefficient de perte de charge (sans dimension)
GPV (vanne d'usage général)	Étiquette d'identification ID de la courbe de perte de charge

- b. 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 incorporées dans les propriétés du tuyau dans lequel elles sont placées (voir la section [PIPES]).

[VERTICES]

But:

Déterminer le tracé des arcs en précisant les points de passage.

Format:

Une ligne par sommet de chaque arc contenant l'information suivante:

- *Étiquette d'identification ID de l'arc*
- *Coordonnée X*
- *Coordonnée Y*

Remarques:

- a. Les sommets permettent aux arcs d'être représentés par des lignes brisées et non uniquement par des droites entre deux nœuds.
- b. Les coordonnées des sommets réfèrent au même système de coordonnées que les nœuds et les arcs.
- c. La section [VERTICES] est optionnelle, et n'est pas exécutée quand EPANET est exécuté en mode commande.

Exemple:

```
[COORDINATES]
;Nœud      Coord.X      Coord.Y
;-----
  1         10023      128
  2         10056      95
```

C.3 Format du rapport

Les déclarations saisies dans la section [REPORT] du fichier d'entrée déterminent le contenu du rapport généré quand EPANET est exécuté en mode commande. La figure C.2 montre l'extrait d'un rapport de simulation avec les données du fichier d'entrée de la figure C.1. En général, un rapport contient les sections suivantes:

- Section états-consignes
- Section énergie
- Section nœuds
- Section arcs

C.3.1 Section états-consignes

La section États-Consignes du rapport affiche l'état ou la consigne initiale de tous les réservoirs, bâches, pompes, vannes, et tuyaux ainsi que tous les changements d'état ou de consigne de ces éléments au cours d'une simulation de longue durée. L'état des bâches et des réservoirs indique s'ils se remplissent ou s'ils se vident. L'état des arcs indique s'ils sont ouverts ou fermés, la consigne relative de vitesse des pompes et la consigne de pression ou de débit des vannes. Pour faire figurer cette section dans le rapport, utilisez la commande **STATUS YES** dans la section [REPORT] du fichier d'entrée.

Si vous choisissez **STATUS FULL** (rapport d'état détaillé) le rapport affiche également le changement d'état et la consigne des éléments, mais en plus il donne la marge de convergence de chaque itération de la simulation hydraulique pour chaque intervalle. Un rapport détaillé n'est utile que si vous recherchez une erreur dans le système quand il n'y a pas convergence.

C.3.2 Section énergie

La section Énergie du rapport affiche les statistiques sur la consommation d'énergie de chaque pompe et le coût de cette consommation pour la durée de la simulation. Les paramètres calculés sont:

- Pourcentage d'utilisation (pourcentage de fonctionnement de la pompe)
- Rendement moyen
- KiloWatts heures consommés par m³ (ou million de gallons) pompé
- KiloWatts consommés en moyenne
- KiloWatts demandés pour la période de pointe
- Coûts moyens par jour

Le coût journalier du pompage et le coût de la puissance pour la pointe³ sont également affichés. Pour faire figurer une section énergie dans le rapport, utilisez la commande **ENERGY YES** dans la section [REPORT] du fichier d'entrée.

```

Page 1                                     20/05/2003 14:35:09
*****
*                                     E P A N E T                                     *
*                                     Analyse Hydraulique et Qualitative                       *
*                                     pour les Réseaux sous Pression                         *
*                                     Version 2.0                                         *
*                                     *                                                 *
* Version française: Copyright Générale-des-Eaux                                     *
* Traduit par Group REDHISP, Univ. Polyt. Valencia (Spain)                         *
*****

Fichier d'Entrée : Tutoriel_SI.net

EPANET 2. Exemple de Tutoriel
Cet exemple est mentionné au chapitre 2 du manuel d'utilisation.
Toutes les unités sont celles du Système International

Tableau des noeuds - arcs:
-----
ID          Noeud          Noeud          Longueur      Diamètre
Arc         Initial          Final          m              mm
-----
1           2                 3              1000           350
2           3                 7              1500           300
3           3                 4              1500           200
4           4                 6              1500           200
5           6                 7              1500           200
6           7                 8              2000           250
7           4                 5              1500           150
8           5                 6              2000           150
9           1                 2              Sans Valeur    Sans Valeur
Pompe

Consommation et coût d'énergie:
-----
Pompe          Pourc. Rendem.    kWh    P.Moyen.  P.Maxim    Coût
                Utilis.  Moyen      /m3      kW         kW         /jour
-----
9              100,00  75,00     0,15    25,16     25,29     0,00
-----
                Prix Demande Maximale:      0,00
                Coût Total:                  0,00

Résultats aux noeuds à 0:00 Heures:
-----
ID          Demande    Charge    Pression    Qualité
Noeud      LPS        m         m           mg/l
-----
2           0,00      253,58    43,58       0,00
3           5,00      253,08    38,08       0,00
4           5,00      252,11    42,11       0,00
5           7,50      251,47    51,47       0,00
6           5,00      252,06    42,06       0,00
7           0,00      252,39    42,39       0,00

```

figure C.2 Extrait d'un Rapport des résultats

Page 49

EPANET 2. Exemple de Tutoriel

Résultats aux noeuds à 71:00 Heures:

ID Noeud	Demande LPS	Charge m	Pression m	Qualité mg/l
2	0,00	251,72	41,72	1,00
3	12,00	251,16	36,16	0,98
4	12,00	248,13	38,13	0,94
5	18,00	245,20	45,20	0,75
6	12,00	248,13	38,13	0,61
7	0,00	250,99	40,99	0,63
1	-46,37	210,00	0,00	1,00 Bâche
8	-7,63	251,21	1,21	0,21 Réservoir

Résultats aux arcs à 71:00 Heures:

ID Arc	Débit LPS	Vitesse m/s	P.Charge U. m/km	État
1	46,37	0,48	0,55	Ouvert
2	13,02	0,18	0,12	Ouvert
3	21,35	0,68	2,02	Ouvert
4	-0,37	0,01	0,00	Ouvert
5	-20,65	0,66	1,90	Ouvert
6	-7,63	0,16	0,11	Ouvert
7	9,72	0,55	1,96	Ouvert
8	-8,28	0,47	1,47	Ouvert
9	46,37	0,00	-41,72	Marche Pompe

figure C.2 Extrait d'un Rapport de résultats

C.3.3 Section nœuds

La section Nœuds d'un rapport contient les résultats d'une simulation pour les nœuds et les paramètres sélectionnés dans la section [REPORT] du fichier d'entrée. Les résultats obtenus à chaque changement de pas de temps de rapport sont inscrits. Le pas de temps (**REPORT TIMESTEP**) entre deux rapports est spécifié dans la section [TIMES] du fichier d'entrée. Il n'y a pas de rapport sur les événements spéciaux qui ont lieu au temps intermédiaire, comme la marche ou l'arrêt d'une pompe ou la fermeture d'un réservoir lorsqu'il est plein ou vide.

Pour obtenir les résultats de nœuds spécifiques, il faut faire précéder la liste de ces points par le mot **NODES** dans la section [REPORT]. Il peut y avoir plusieurs lignes de **NODES** dans un même fichier d'entrée. Pour obtenir les résultats de tous les nœuds, il faut déclarer **NODES ALL**.

Les paramètres dont les valeurs sont rapportées par défaut sont la demande, la charge, la pression, et la qualité de l'eau. Vous pouvez spécifier le nombre de décimales des nombres qui figurent dans le rapport en introduisant par exemple **PRESSURE PRECISION 3** dans le fichier d'entrée (ce qui signifie, que les valeurs de pression seront affichées avec une précision de 3 décimales). La précision par défaut est de 2 décimales pour toutes les grandeurs. Vous pouvez appliquer un filtre pour ne prendre en compte que les valeurs supérieures ou inférieures à un certain nombre en ajoutant des déclarations comme **PRESSURE BELOW 20** dans le fichier d'entrée.

C.3.4. Section arcs

La section Arcs d'un rapport affiche les résultats d'une simulation pour les arcs et les paramètres déterminés dans la section [REPORT] du fichier d'entrée. Les pas de temps suivent les conventions décrites ci-dessus, dans la section nœuds.

Pour que le rapport affiche les résultats d'arcs particuliers, il faut que la section [REPORT] du fichier d'entrée contienne le mot-clef **LINKS** suivi de la liste des étiquettes d'identification des arcs qui entrent dans le rapport. Pour rapporter les résultats de tous les arcs, introduisez la déclaration **LINKS ALL**.

Les paramètres dont les valeurs sont rapportées par défaut sont le débit, la vitesse et la perte de charge. Vous pouvez faire entrer le diamètre, la longueur, la qualité de l'eau, l'état, la consigne de fonctionnement, la vitesse de réaction et le facteur de friction en ajoutant des déclarations comme **DIAMETER YES** ou **DIAMETER PRECISION 0**. Les techniques pour fixer la précision et appliquer des filtres sont les mêmes que pour les nœuds.

C.4 Format binaire du fichier de sortie

Si on ajoute le nom d'un troisième fichier aux commandes qui exécutent EPANET, les valeurs des paramètres de tous les nœuds et de tous les arcs à chaque pas de temps seront enregistrées dans ce fichier de format binaire spécial. Ce fichier peut être utilisé pour analyser les résultats des simulations. Les données écrites dans ce fichier sont soit des nombres entiers de 4 bytes, soit des flottants de 4 bytes soit des chaînes de caractères de longueur fixe dont la taille est un multiple de 4 bytes.

Ceci permet de diviser le fichier en enregistrements de 4 bytes. Le fichier est constitué de 4 sections avec le nombre de bytes suivant:

Section	Taille en bytes
Prologue	$852 + 20*Nnœuds + 36*Narcs + 8*Nréservoirs$
Consommation d'énergie	$28*Npompes + 4$
Longue durée	$(16*Nnœuds + 32*Narcs)*Nintervalles$
Epilogue	28

où

$Nnœuds$	=	nombre de nœuds (nœuds de demande + réservoirs + bâches)
$Narcs$	=	nombre d'arcs (tuyaux + pompes + vannes)
$Nréservoirs$	=	nombre de réservoirs et bâches
$Npompes$	=	nombre de pompes
$Nintervalles$	=	nombre de pas de temps entre deux rapports

Les nombres, à leur tour, sont tous enregistrés dans la section prologue ou épilogue.

C.4.1 Section prologue

La section Prologue du fichier binaire de sortie contient les informations suivantes:

Élément	type	Nombre de bytes
Nombre magique (= 516114521)	entier	4
Version (= 200)	entier	4
Nombre de nœuds (Nœuds de demande + réservoirs + bâches)	entier	4
Nombre de réservoirs et bâches	entier	4
Nombre d'arcs (tuyaux + pompes + vannes)	entier	4
Nombre de pompes	entier	4
Nombre de vannes	entier	4
Option qualité de l'eau 0 = aucun 1 = substance chimique 2 = temps de séjour 3 = dépistage	entier	4
Indice de nœud pour le dépistage	entier	4
Option unités de débit 0 = pieds cubes/seconde 1 = gallons/minute 2 = million de gallons/jour 3 = million de gallons impériaux/jour 4 = acre-pieds/jour 5 = litres/seconde 6 = litres/minute 7 = mégalitres/jour 8 = mètres cubes/heure 9 = mètres cubes/jour	entier	4

Option d'unités de pression 0 = psi 1 = mètres 2 = kPa	Nombre entier	4
Statistiques 0 = pas de traitement statistique 1 = affichage des moyennes 2 = affichage seulement des minimums 3 = affichage seulement des maximums 4 = affichage seulement des échantillons	entier	4
Date de début du rapport (secondes)	entier	4
Pas de temps entre deux rapports (secondes)	entier	4
Durée de la simulation (secondes)	entier	4
Titre du projet (1 ^{ère} ligne)	caractère	80
Titre du projet (2 ^{ème} ligne)	caractère	80
Titre du projet (3 ^{ème} ligne)	caractère	80
Nom du fichier d'entrée	caractère	260
Nom du fichier du rapport	caractère	260
Nom de la substance	caractère	16
Unité de concentration de la substance	caractère	16
Étiquette d'identification de chaque nœud	caractère	16
Étiquette d'identification de chaque arc	caractère	16
Indice du nœud initial de chaque arc	entier	4* Narcs
Indice du nœud final de chaque arc	entier	4* Narcs
Type de chaque arc 0 = tuyau avec clapet anti-retour 1 = tuyau 2 = pompe 3 = vanne stabilisatrice aval (PRV) 4 = vanne stabilisatrice amont (PSV) 5 = vanne réducteur de pression (PBV) 6 = vanne régulatrice de débit (FCV) 7 = vanne diaphragme (TCV) 8 = vanne d'usage général (GPV)	entier	4* Narcs
Indice de nœud de chaque réservoir	entier	4* Nréservoirs
Section de chaque réservoir	flottant	4* Nréservoirs
Altitude de chaque nœud	flottant	4* Nnœuds
Longueur de chaque arc	flottant	4* Narcs
Diamètre de chaque arc	flottant	4* Narcs

Les étiquettes d'identification des nœuds et des arcs sont enregistrées dans le fichier dans l'ordre de saisie de leurs indices. Les bâches se distinguent des réservoirs en ayant une section égale à zéro.

C.4.2. Section Consommation d'énergie

La section de consommation d'énergie du fichier binaire de sortie suit la section Prologue. Elle contient les informations suivantes:

Élément	Type	Nombre de Bytes
<i>Pour chaque pompe:</i>		
▪ <i>Indice de la pompe dans la liste des arcs</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
▪ <i>Utilisation de la pompe (%)</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
▪ <i>Rendement moyen de la pompe (%)</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
▪ <i>Nombre moyen de KiloWatts/m³ (Million de Gallons)</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
▪ <i>Moyenne des KiloWatts</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
▪ <i>KiloWatts pour la pointe</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
▪ <i>Coût journalier moyen</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
<i>kiloWatts totaux pour la pointe</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>

Les statistiques de cette section seront établies sur la durée suivante: du début de la période de rapport à la fin de la simulation.

C.4.3 Section résultats de la simulation

La section Résultats de simulation du fichier binaire de sortie contient les résultats de simulation de chaque pas de temps de rapport (la date de début du rapport et le pas de temps entre deux rapports sont enregistrés dans la section prologue du fichier binaire de sortie; le nombre d'intervalles parcourus est enregistré dans la section Epilogue). Pour chaque pas de temps les informations suivantes sont enregistrées dans le fichier:

Élément	Type	Nombre de Bytes
<i>Demande en chaque nœud</i>	<i>flottant</i>	<i>4* Nnœuds</i>
<i>Charge en chaque nœud</i>	<i>flottant</i>	<i>4* Nnœuds</i>
<i>Pression en chaque nœud</i>	<i>flottant</i>	<i>4* Nnœuds</i>
<i>Qualité de l'eau en chaque nœud</i>	<i>flottant</i>	<i>4* Nnœuds</i>
<i>Débit à chaque arc (négatif pour le flux en sens inverse)</i>	<i>flottant</i>	<i>4*Narcs</i>
<i>Vitesse à chaque nœud</i>	<i>flottant</i>	<i>4*Narcs</i>
<i>Perte unitaire de charge par 1000 unités de longueur pour chaque arc, perte de charge pour une vanne et gain de charge (nombre négatif) pour une pompe</i>	<i>flottant</i>	<i>4*Narcs</i>
<i>Qualité moyenne de l'eau dans chaque arc</i>	<i>flottant</i>	<i>4*Narcs</i>
<i>État de chaque arc:</i> 0 = fermé (charge maximale dépassée) 1 = fermé temporairement 2 = fermé 3 = ouvert 4 = actif (partiellement ouvert) 5 = ouvert (débit maximal dépassé) 6 = ouvert (le débit configuré n'est pas atteint) 7 = ouvert (la pression config. n'est pas atteinte)	<i>flottant</i>	<i>4*Narcs</i>

<i>Consigne de chaque arc: Coefficient de rugosité de chaque arc Vitesse des pompes Consigne des vannes</i>	<i>flottant</i>	<i>4*Narcs</i>
<i>Vitesse de réaction dans chaque arc (masse/L/jour)</i>	<i>flottant</i>	<i>4*Narcs</i>
<i>Facteur de Friction de chaque arc</i>	<i>flottant</i>	<i>4*Narcs</i>

Section Épilogue

La section Épilogue du fichier binaire de sortie contient les informations suivantes:

<i>Élément</i>	<i>Type</i>	<i>Nombre de Bytes</i>
<i>Vitesse de réaction moyenne dans la masse d'eau (masse/heure)</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
<i>Vitesse de réaction moyenne aux parois (masse/heure)</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
<i>Vitesse de réaction moyenne dans les réservoirs (masse/heure)</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
<i>Débit moyen d'injection de masse (masse/heure)</i>	<i>flottant</i>	<i>4</i>
<i>Nombre d'intervalles rapportés</i>	<i>entier</i>	<i>4</i>
<i>Avertissement:</i> <i>0 = aucun avertissement généré</i> <i>1 = avertissements générés</i>	<i>entier</i>	<i>4</i>
<i>Nombre magique (= 516114521)</i>	<i>entier</i>	<i>4</i>

Les unités de mesure des vitesses de réaction, tant dans cette section que dans la section résultats de la simulation, dépendent des unités de concentration assignées à la substance en question. Les vitesses de réaction mentionnées dans cette section sont les vitesses moyennes du fluide dans l'ensemble des tuyaux (ou des réservoirs) au cours d'un pas de temps entre deux rapports.

ANNEXE D - ALGORITHMES DE SIMULATION

D.1 Hydraulique

La méthode utilisée par EPANET pour calculer les équations de perte de charge et de conservation de masse, qui caractérisent l'état hydraulique du réseau à un instant donné, peut être décrite par le nom "approche hybride de nœud-circuit" (en anglais: hybrid node-loop approach). Todini et Pilati (1987) et plus tard Salgado et al. (1988) l'ont appelé la "Méthode du Gradient" (Gradient Method). Des approches similaires ont été décrites par Hamam et Brameller (1971) (the "Hybrid Method") et par Osadacz (1987) (the "Newton Loop-Node Method"). La seule différence entre ces différentes méthodes est la manière dont les débits à travers les arcs sont mis à jour après que le logiciel a trouvé une nouvelle solution pour la charge aux nœuds. Comme l'approche de Todini est la plus simple, elle a été retenue pour être appliquée dans EPANET.

Supposons que nous ayons un réseau de tuyaux avec N nœuds de demande et NF nœuds à hauteur fixe (bâches et réservoirs). La relation entre le débit et la perte de charge dans un tuyau entre les nœuds i et j est donnée par la formule:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2 \quad D.1$$

dans laquelle H est la charge au nœud, h la perte de charge, r le coefficient de résistance, Q le débit, n l'exposant du débit, et m le coefficient de pertes singulières. La valeur du coefficient de résistance dépend de la formule de perte de charge par friction utilisée (voir ci-dessous). Pour les pompes, la perte de charge (valeur négative du gain de charge) peut être calculée avec une formule de la forme suivante:

$$h_{ij} = -\omega^2 (h_0 - r (Q_{ij} / \omega)^n)$$

dans laquelle h_0 est la charge de la pompe à débit nul, ω est la vitesse relative à la valeur nominale, et r et n sont des coefficients de la courbe caractéristique.

La deuxième série d'équations à résoudre est celle de la conservation de la masse:

$$\sum_j Q_{ij} - D_i = 0 \quad \text{pour } i = 1, \dots, N \quad D.2$$

dans laquelle D_i est la demande au nœud i . Par convention, le flux qui arrive dans un nœud est positif. Pour une série de charges piézométriques aux conditions aux limites, il faut chercher une solution pour toutes les charges H_i et tous les débits Q_{ij} qui répondent aux équations (D.1) et (D.2).

La méthode du Gradient commence par une estimation initiale des débits dans chaque tuyau, qui peut ou non répondre à l'équation de conservation de la masse. À chaque *itération* de la méthode, les nouvelles charges aux nœuds sont obtenues en résolvant l'équation matricielle suivante:

AH = F

D.3

dans laquelle **A** est une matrice Jacobienne ($N \times N$), **H** est un vecteur ($N \times 1$) représentant les charges inconnues aux nœuds et **F** un vecteur ($N \times 1$) contenant les termes du côté droit.

Les éléments diagonaux de la matrice Jacobienne sont:

$$A_{ii} = \sum_j p_{ij}$$

tandis que les éléments non-nuls, qui ne se trouvent pas sur la diagonale s'expriment de la manière suivante:

$$A_{ij} = -p_{ij}$$

avec p_{ij} l'inverse de la dérivée de la perte de charge dans l'arc entre les nœuds i et j , en respectant le débit. Pour les tuyaux,

$$p_{ij} = \frac{1}{nr|Q_{ij}|^{n-1} + 2m|Q_{ij}|}$$

tandis que pour les pompes:

$$p_{ij} = \frac{1}{n\omega^2 r(Q_{ij} / \omega)^{n-1}}$$

Tous les termes du côté droit sont dus au déséquilibre de flux en un nœud et à un facteur de correction:

$$F_i = \left(\sum_j Q_{ij} - D_i \right) + \sum_j y_{ij} + \sum_f p_{if} H_f$$

Le dernier terme de l'expression s'applique à tous les arcs qui relient le nœud i à un nœud de hauteur fixe f . Le facteur de correction y_{ij} s'exprime ainsi:

$$y_{ij} = p_{ij} \left(r|Q_{ij}|^n + m|Q_{ij}|^2 \right) \text{sgn}(Q_{ij})$$

pour les tuyaux, avec $\text{sgn}(x)$ égal à 1 si $x > 0$ et sinon à -1 , et:

$$y_{ij} = -p_{ij} \omega^2 \left(h_0 - r(Q_{ij} / \omega)^n \right)$$

pour les pompes. (Q_{ij} est toujours positif pour les pompes.)

Après avoir trouvé les nouvelles charges en résolvant les équations (D.3), les nouveaux débits s'obtiennent en résolvant l'équation suivante:

$$Q_{ij} = Q_{ij} - (y_{ij} - p_{ij}(H_i - H_j)) \quad D.4$$

Si la somme des variations absolues de débits dans tous les arcs, divisée par la somme de tous les débits dans tous les arcs est supérieure à la tolérance préétablie (par exemple, 0,001), les équations (D.3) et (D.4) sont recalculées. La formule (D.4) trouve toujours un équilibre de flux après la première itération.

EPANET applique cette méthode en décrivant les étapes suivantes:

1. Le système linéaire d'équations D.3 est résolu en utilisant une méthode des matrices creuses, basée sur la réorganisation des

nœuds (George et Liu, 1981). Après la réorganisation des nœuds pour minimiser le contenu de la matrice A , une factorisation est effectuée sur la matrice sous forme symbolique, pour ne calculer que les éléments de la matrice qui sont différents de zéro. Pour une simulation de longue durée, cette réorganisation et cette factorisation ne s'effectue qu'une seule fois, au début de la simulation.

2. Pour la première itération, le débit dans un tuyau est choisi de telle sorte que la vitesse est égale à 1 pied/sec, tandis que le débit à travers une pompe est égal au débit nominal. (Les unités utilisées pour les calculs sont pieds pour la charge et pieds cubes par seconde pour le débit).
3. Le coefficient de résistance des tuyaux (τ) est calculé comme décrit dans le tableau 3.1⁴. Pour l'équation de perte de charge de Darcy-Weisbach, la formule utilisée pour calculer le facteur de friction f dépend du nombre de Reynolds (Re):

Formule de Hagen – Poiseuille si $Re < 2.000$ (Bhave, 1991):

$$f = \frac{64}{Re}$$

L'approximation de Swamee et Jain pour l'équation de Colebrook - White si $Re > 4.000$ (Bhave, 1991):

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Interpolation cubique du diagramme Moody si $2.000 < Re < 4.000$ (Dunlop, 1991):

$$f = (X1 + R(X2 + R(X3 + X4)))$$

$$R = \frac{Re}{2000}$$

$$X1 = 7FA - FB$$

$$X2 = 0,128 - 17 FA + 2,5 FB$$

$$X3 = -0,128 + 13 FA - 2 FB$$

$$X4 = R(0,032 - 3FA + 0,5FB)$$

$$FA = (Y3)^{-2}$$

$$FB = FA \left(2 - \frac{0,00514215}{(Y2)(Y3)} \right)$$

$$Y2 = \frac{\varepsilon}{3,7d} + \frac{5,74}{Re^{0,9}}$$

⁴ Ou mieux, ceux du pied de page de la page correspondante, car EPANET utilise de manière interne les unités américaines.

$$Y3 = -0,86859 \operatorname{Ln} \left(\frac{\varepsilon}{3,7d} + \frac{5,74}{4000^{0,9}} \right)$$

dans laquelle ε est la rugosité du tuyau et d son diamètre.

4. Le coefficient de pertes singulières basé sur la charge cinétique (K) est converti en un facteur basé sur le débit (m) avec la relation suivante:

$$m = \frac{0.02517K}{d^4} \quad (5)$$

5. Un émetteur situé à un nœud de demande est modélisé comme un tuyau fictif entre le nœud de demande et une bêche fictive. Les paramètres de perte de charge des tuyaux sont $n = (1/\gamma)$, $r = (1/C)^n$, et $m = 0$, dans lequel C est le coefficient de décharge de l'émetteur et γ est l'exposant de pression. La charge de la bêche fictive est son altitude. Le débit calculé à travers le tuyau fictif est le débit de l'émetteur.
6. Une valeur r est assignée aux vannes en supposant qu'une vanne ouverte se comporte comme un tuyau lisse ($f = 0,02$) dont la longueur est deux fois le diamètre de la vanne. Les arcs fermés sont soumis à une relation de perte de charge avec un facteur de résistance très élevé, par exemple $h = 10^8 Q$, $p = 10^{-8}$ et $y = Q$. Pour les arcs vérifiant la condition suivante: $(r+m)Q < 10^{-7}$, on a: $p = 10^7$ et $y = Q/n$.
7. Le logiciel contrôle l'état des pompes, la consigne des vannes anti-retour et des vannes de contrôle, et l'état des tuyaux connectés à des réservoirs pleins ou vides après chaque itération, jusqu'à la dixième itération. Ensuite, l'état est contrôlé après que le logiciel a atteint la convergence, à l'exception des vannes de régulation de la pression (vannes stabilisatrices aval et vannes stabilisatrices amont), dont l'état est contrôlé après chaque itération.
8. Pendant le contrôle de leur état, les pompes sont arrêtées si la pression est supérieure à la charge à débit zéro (pour éviter l'écoulement inverse). De même, les clapets anti-retour sont fermés si leur perte de charge est négative (voir ci-dessous). Si ces conditions ne sont pas remplies lors du contrôle suivant, l'arc est rouvert. Un contrôle similaire est effectué pour les arcs reliés aux réservoirs vides ou pleins. Ces arcs sont fermés si la différence de charge entraîne la vidange d'un réservoir au niveau minimale ou le remplissage d'un réservoir plein. Si ces conditions ne sont pas remplies lors du contrôle suivant, l'arc est rouvert.
9. Si le logiciel contrôlait simplement si $h < 0$ pour déterminer si un clapet anti-retour doit être ouvert ou fermé, il pourrait calculer indéfiniment dans certains cas, ceci est dû aux limites de précision. La procédure suivante a été conçue pour tester l'état d'un clapet anti-retour de manière plus efficace:

⁵ En unités métriques, le coefficient serait 0,08262 au lieu de 0,02517.

Si $|h| > H_{tol}$ then
 si $h < -H_{tol}$ alors état = FERMÉ
 si $Q < -Q_{tol}$ alors état = FERMÉ
 sinon état = OUVERT
 sinon
 si $Q < -Q_{tol}$ alors état = FERMÉ
 sinon état = inchangé

dans laquelle $H_{tol} = 0,0005$ pieds et $Q_{tol} = 0,001$ pieds cubes par sec.

10. Si une pompe, un clapet anti-retour ou un tuyau est fermé, son débit est mis à 10^{-6} pieds cubes par seconde. A la réouverture d'une pompe, son débit est déterminé en cherchant la valeur qui correspond à la charge présente selon sa courbe caractéristique. A la réouverture d'un tuyau ou d'un clapet anti-retour, son débit est calculé avec l'Equation D.1 pour la perte de charge h actuelle, ignorant les pertes singulières.
11. Les coefficients de la matrice Jacobienne pour les Vannes Brise-Charge sont mis aux valeurs suivantes: $p = 10^8$ et $y = 10^8 H_{fixe}$, où H_{fixe} est la perte de charge fixe de la vanne (en pieds). Les Vannes Diaphragme sont traitées comme des tuyaux, le coefficient r est calculé de la façon décrite dans le point 6 ci-dessus et m est la transformation du coefficient de fonctionnement de la vanne (voir le point 4 ci-dessus).
12. Les coefficients de la matrice Jacobienne qui correspondent aux vannes stabilisatrices aval, vannes stabilisatrices amont et vannes régulatrices de débit sont calculés après l'analyse de tous les autres arcs. Le contrôle de l'état des Vannes Stabilisatrices Aval et des Vannes Stabilisatrices Amont se fait comme décrit dans le point 7 ci-dessus. Ces vannes peuvent être entièrement ouvertes, entièrement fermées ou actives dans leur consigne de débit ou de charge.
13. La logique pour vérifier l'état d'une Vanne Stabilisatrice Aval est la suivante:

Si état actuel = ACTIF alors
 si $Q < -Q_{tol}$ alors nouvel état = FERMÉ
 si $H_i < H_{set} + H_{ml} - H_{tol}$ alors nouvel état = OUVERT
 sinon nouvel état = ACTIF

Si état actuel = Ouverte alors
 si $Q < -Q_{tol}$ alors nouvel état = FERMÉ
 si $H_i > H_{set} + H_{ml} + H_{tol}$ alors nouvel état = ACTIF
 sinon nouvel état = OUVERT

Si état actuel = FERMÉ alors
 si $H_i > H_j + H_{tol}$
 et $H_i < H_{set} - H_{tol}$ alors nouvel état = OUVERT
 si $H_i > H_j + H_{tol}$
 et $H_j < H_{set} - H_{tol}$ alors nouvel état = ACTIF
 sinon nouvel état = FERMÉ

dans laquelle Q est le débit actuel traversant la vanne, H_i est la charge en amont, H_j est la charge en aval, H_{set} est sa consigne de pression convertie en charge, H_{ml} est la perte singulière de la vanne ouverte ($= mQ^2$), et H_{tol} et Q_{tol} sont les mêmes valeurs

que celles utilisées pour les clapets anti-retour, voir le point 9 ci-dessus. Le même système de contrôle est utilisé pour les vannes stabilisatrices amont; seuls les suffixes i et j et les opérateurs $>$ et $<$ sont modifiés lors de la comparaison avec H_{set} .

14. *Le débit à travers une vanne stabilisatrice aval active est maintenu constant au nœud en aval, celle à travers une vanne stabilisatrice amont est maintenu constant au nœud en amont. Pour maintenir la pression de sortie dans une Vanne Stabilisatrice Aval active entre les nœuds i et j , on pose :*

$$\begin{aligned} p_{ij} &= 0 \\ F_j &= F_j + 10^8 H_{set} \\ A_{ij} &= A_{ij} + 10^8 \end{aligned}$$

Ainsi la pression au nœud en aval est maintenue à la valeur H_{set} . Une détermination équivalente est effectuée pour les vannes stabilisatrices amont, à l'exception des cas où le suffixe de F et de A sont ceux du nœud en amont i . Les coefficients des vannes stabilisatrices aval et des vannes stabilisatrices amont ouvertes ou fermées sont les mêmes que pour les tuyaux.

15. *Pour une Vanne Régulatrice de Débit active entre les nœuds i et j avec une consigne de débit Q_{set} , cette valeur est ajoutée au débit qui sort du nœud i et au débit qui entre au nœud j , c'est à dire, est soustraite de F_i et ajoutée à F_j . Si la charge au nœud i est inférieure à celle au nœud j , la vanne ne peut pas maintenir ce débit et fonctionne comme un tuyau normal.*
16. *Après avoir atteint un état de convergence (convergence de flux et aucun changement d'état des vannes stabilisatrices aval et des vannes stabilisatrices amont), un deuxième contrôle de l'état des pompes, des clapets anti-retour, des vannes régulatrices de débit, et des connexions aux réservoirs est effectué. De plus, l'état des arcs pour lesquels on a fixé la pression en un point (par exemple, une pompe contrôlée par la pression à un nœud de demande) est contrôlé. S'il y a un changement d'état, le logiciel exécute au moins deux itérations supplémentaires (c'est-à-dire, qu'il n'y a pas de contrôle de convergence à la prochaine itération). Sinon, la solution est trouvée.*
17. *Pour les simulations de longue durée, le logiciel suit la procédure suivante:*
- a. *Après qu'une solution a été trouvée pour la période présente, le laps de temps jusqu'au prochain calcul de solution est le plus court des intervalles de temps suivants:*
- *le laps de temps jusqu'au nouvel intervalle de demande;*
 - *le laps de temps le plus court pendant lequel un réservoir se vide ou se remplit;*
 - *le laps de temps le plus court pendant lequel le niveau d'un réservoir provoque un changement d'état d'un arc (par exemple, une pompe qui se met en marche) comme décrit par une commande simple;*
 - *le laps de temps jusqu'au prochain instant de la simulation où une commande simple modifie l'état d'un arc;*

- *le laps de temps jusqu'au prochain instant de la simulation où une commande élaborée est activée.*

Pour calculer l'instant où l'eau dans un réservoir atteint un niveau voulu, le logiciel suppose que le niveau change de forme linéaire en fonction du débit aux entrées et sorties du réservoir.

La date d'activation des commandes élaborées est déterminée de la façon suivante:

- *En commençant à l'instant présent, les commandes sont évaluées après chaque intervalle adéquat, dont la durée par défaut est 1/10 de l'intervalle hydraulique (par exemple, si le calcul hydraulique est mis à jour chaque heure, les commandes sont évaluées toutes les 6 minutes).*
 - *À partir de cet intervalle, l'heure dans la simulation est mise à jour, de même que les niveaux d'eau dans les différents réservoirs (basés sur le dernier calcul des débits qui y entrent ou sortent).*
 - *Si toutes les conditions d'une règle sont respectées, ses actions sont ajoutées à une liste. Si plusieurs actions sont contradictoires dans la liste, l'action de la règle qui a la priorité la plus grande subsiste, les autres sont éliminées. Si elles ont la même priorité, celle saisie la première, reste.*
 - *Après l'évaluation de toutes les règles, si la liste n'est pas vide les actions sont exécutées. Si l'action entraîne le changement d'état d'un arc, le logiciel calcule de nouveau l'état hydraulique et le processus recommence.*
 - *S'il n'y a pas de changement d'état, la liste des actions est effacée et le programme passe le prochain intervalle à moins que l'intervalle hydraulique soit expiré.*
- b. *Une fois l'intervalle déterminé, l'heure de la simulation est ajustée et le logiciel calcule les nouvelles demandes, les nouveaux niveaux des bâches et les nouveaux états des arcs.*
- c. *Le programme commence une nouvelle série d'itérations avec les équations D.3 et D.4 et les débits actuels.*

D.2 Qualité de l'eau

Les équations qu'utilise EPANET pour calculer la qualité de l'eau sont basées sur les principes de conservation de la masse et de cinétique des réactions. Les phénomènes pris en compte sont les suivants (Rossman et al., 1993; Rossman et Boulos, 1996):

D.2.1. Transport convectif dans les tuyaux

Une substance dissoute circule à travers un tuyau à la même vitesse moyenne que celle du fluide qui l'amène. Au cours du transport, elle subit une réaction (de formation ou de décomposition) avec une certaine vitesse de réaction. Habituellement, la dispersion longitudinale n'est pas un mécanisme de transport important. Ceci signifie que les différents volumes élémentaires d'eau (où segments) dans un tuyau ne sont pas mélangés. Le transport convectif de masse dans un tuyau est représenté par l'équation suivante:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = -u_i \frac{\partial C_i}{\partial x} + R(C_i) \quad D.5$$

dans laquelle C_i est la concentration (masse/volume) dans le tuyau i en fonction de la distance x et du temps t , u_i la vitesse d'écoulement (longueur/temps) dans le tuyau i , et R la vitesse de réaction (masse/volume/temps) en fonction de la concentration.

D.2.2 Mélange aux jonctions des tuyaux

Aux jonctions qui reçoivent l'eau de plusieurs tuyaux, le mélange est considéré comme instantané et parfait. La concentration d'une substance dans l'eau qui sort du nœud est la moyenne pondérée des flux qui entrent dans le nœud. Pour le nœud k on peut écrire:

$$C_{i|x=0} = \frac{\sum_{j \in I_k} Q_j C_{j|x=L_j} + Q_{k,ext} C_{k,ext}}{\sum_{j \in I_k} Q_j + Q_{k,ext}} \quad D.6$$

où i est un arc dont le flux sort du nœud k , I_k l'ensemble des arcs dont le flux est dirigé vers k , L_j la longueur de l'arc j , Q_j le débit (volume/temps) à travers l'arc j , $Q_{k,ext}$ le débit provenant de l'extérieur qui entre dans le réseau au nœud k , et $C_{k,ext}$ la concentration du flux provenant de l'extérieur qui entre dans le réseau au nœud k . La notation $C_{i|x=0}$ représente la concentration au début de l'arc i , $C_{i|x=L}$ représente la concentration à la fin de cet arc.

D.2.3 Mélange dans les réservoirs

On peut supposer que l'eau dans les bâches et les réservoirs est entièrement mélangée. Les réservoirs qui sont périodiquement remplis et vidés peuvent être considérés entièrement mélangés si la quantité de mouvement qui entre est suffisante (Rossman et Grayman, 1999). Si on fait l'hypothèse que le mélange est parfait, l'eau présente dans le réservoir est un mélange homogène de l'eau initialement présente et de la quantité d'eau entrant. En même temps, la concentration interne peut changer suite aux réactions dans le réservoir. Ces phénomènes sont exprimés par l'équation suivante:

$$\frac{\partial(V_s C_s)}{\partial t} = \sum_{i \in I_s} Q_i C_{i|x=L_i} - \sum_{j \in O_s} Q_j C_s + R(C_s) \quad D.7$$

dans laquelle V_s est le volume occupé à l'instant t , C_s la concentration dans le réservoir, I_s l'ensemble des arcs qui apportent de l'eau, et O_s l'ensemble des arcs qui évacuent l'eau.

D.2.4 Réactions dans la Masse d'eau

Une substance qui se trouve dans le réseau peut subir des réactions avec les constituants de l'eau. La vitesse de réaction répond normalement à l'équation:

$$R = K_b C^n$$

dans laquelle C est la concentration, K_b une constante de réaction et n l'ordre de la réaction. Si la concentration plafonne à une certaine valeur (supérieure ou inférieure) l'expression devient:

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

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

dans laquelle C_L est la concentration limite.

Voici quelques exemples des différents régimes de réactions:

- Décomposition d'Ordre Un ($C_L = 0, K_b < 0, n = 1$)

$$R = K_b C$$

La disparition de plusieurs substances, comme le chlore, peut être modélisée comme une réaction d'ordre un.

- Accroissement d'Ordre Un avec Saturation ($C_L > 0, K_b > 0, n = 1$):

$$R = K_b (C_L - C)$$

Ce modèle peut être appliqué pour simuler l'accroissement des produits secondaires de la désinfection, comme les trihalométhanes, pour lesquels la vitesse de réaction est limitée par la concentration du produit précurseur.

- Décomposition d'Ordre 2 de 2 Composants ($C_L \neq 0$, $K_b < 0$, $n = 2$):

$$R = K_b C(C - C_L)$$

Ce modèle suppose que la substance A réagit avec la substance B, dans une proportion inconnue, et forme le produit P. La vitesse de décroissance de A est proportionnelle aux concentrations restantes de A et de B. C_L peut être positif (s'il y a un excès de A) ou négatif (s'il y a un excès de B). Clark (1998) a réussi à appliquer ce modèle pour décrire la décomposition du chlore, qui ne pouvait pas être décrit avec un modèle cinétique d'ordre un.

- Cinétique de Décomposition Michaelis-Menton ($C_L > 0$, $K_b < 0$, $n < 0$):

$$R = \frac{K_b C}{C_L - C}$$

Dans les cas particuliers où une décomposition d'ordre n négative a été spécifiée, EPANET utilise l'équation de Michaelis-Menton, affiché ci-dessus (Pour les réactions d'accroissement, le dénominateur est $C_L + C$). Cette équation est souvent utilisée pour décrire les réactions catalysées par des enzymes et la croissance microbologique. Aux faibles concentrations, le processus suit une cinétique d'ordre un, aux concentrations élevées une cinétique d'ordre zéro. Notez que pour les réactions de décomposition, C_L doit être supérieur à la concentration présente.

Koehling (1998) a appliqué la cinétique de Michaelis-Menton à un modèle de disparition du chlore dans différents types d'eau et a constaté que les facteurs K_b et C_L dépendent du contenu en matière organique de l'eau et du taux d'absorption de la lumière ultraviolette:

$$K_b = -0,32 \text{ UVA}^{1,365} \frac{(100 \text{ UVA})}{\text{DOC}}$$

$$C_L = 4,98 \text{ UVA} - 1,91 \text{ DOC}$$

avec UVA le taux d'absorption d'UVA de 254 nm (1/cm) et DOC la concentration en carbone organique dissous (mg/L).

Note: *Ces expressions établissant les valeurs de K_b et C_L sont applicables uniquement à la cinétique Michaelis-Menton.*

- Accroissement d'Ordre Zéro ($C_L = 0$, $K_b = 1$, $n = 0$)

$$R = 1,0$$

Ce cas particulier peut être utilisé pour calculer le temps de séjour; à chaque unité de temps, la "concentration" (c'est-à-dire le temps de séjour) augmente d'une unité.

La relation entre les constantes de vitesse de réaction à deux températures différentes (T_1 et T_2) est souvent calculée à partir de l'expression de Van't Hoff-Arrhenius:

$$K_{b2} = K_{b1} \theta^{T2-T1}$$

dans laquelle θ est constante. Pour le chlore, θ a été estimé à 1,1 avec une température T1 de 20 °C (Koechling, 1998).

D.2.5 Réactions aux parois

Lorsque l'eau circule dans les tuyaux, les substances dissoutes peuvent être mises en contact avec les parois. Elles peuvent alors réagir avec les matériaux de la paroi et former des produits de corrosion ou des biofilms qui se déposent sur ou dans la paroi. La vitesse de réaction dépend de la superficie de la paroi qui subit la réaction, et de la vitesse de transfert de masse entre la masse d'eau et la paroi. La superficie par unité de volume, qui est égale à quatre divisé par le diamètre, détermine le premier facteur. Le dernier facteur peut être décrit par un coefficient de transfert de masse, dont la valeur dépend de la diffusivité moléculaire de l'élément qui réagit et du nombre de Reynolds du flux (Rossman et al, 1994). Si la réaction suit une cinétique d'ordre 1, la vitesse de réaction aux parois peut s'exprimer par l'expression:

$$R = \frac{4 k_w k_f C}{d (k_w + k_f)}$$

dans laquelle k_w est la constante de vitesse de réaction (longueur/temps), k_f le coefficient de transfert de masse (longueur/temps), et d le diamètre du tuyau. Si la réaction suit une cinétique d'ordre zéro, la vitesse de réaction aux parois ne peut être supérieure à la vitesse de transfert de masse, donc l'expression sera:

$$R = \text{MIN}(k_w, k_f C)(4 / d)$$

dans laquelle k_w a les unités suivantes: masse/surface/temps.

Le plus souvent, les coefficients de transfert de masse sont exprimés comme nombres de Sherwood (Sh), sans dimensions:

$$k_f = \text{Sh} \frac{D}{d}$$

avec D la diffusivité moléculaire de la substance qui s'exprime en longueur²/temps et d le diamètre du tuyau. Si le flux est parfaitement laminaire, le nombre de Sherwood moyen le long du tuyau peut être calculé avec l'expression:

$$\text{Sh} = 3,65 + \frac{0.0668(d/L) \text{Re} \text{Sc}}{1 + 0,04 [(d/L) \text{Re} \text{Sc}]^{2/3}}$$

dans laquelle Re est le nombre de Reynolds et Sc le nombre de Schmidt (viscosité cinétique de l'eau divisée par la diffusivité de la substance) (Edwards et al., 1976). Pour le flux turbulent on peut utiliser la corrélation empirique de Notter et Sleicher (1971):

$$\text{Sh} = 0,0149 \text{Re}^{0.88} \text{Sc}^{1/3}$$

D.2.6 Système d'équations

Appliquées sur un réseau entier, les équations D.5-D.7 représentent un ensemble d'équations différentielles/algébriques dont les coefficients sont variables dans le temps que l'on doit résoudre pour tout C_i (concentration dans le tuyau i) et pour tout C_s (concentration de chaque réservoir s). Cette solution dépend de l'ensemble des conditions suivantes:

- les conditions initiales, dont dépendent les valeurs de C_i pour tous les segments x de chaque tuyau i , et les valeurs C_s de chaque bache ou réservoir à l'instant 0;
- les conditions aux limites qui déterminent les valeurs de $C_{k,ext}$ et $Q_{k,ext}$ pour tous les instants t à tous les nœuds k où il y a une injection de masse;
- les conditions hydrauliques, qui spécifient le volume V_s dans chaque réservoir s et le débit Q_i à travers chaque arc i à tout instant t .

D.2.7 Algorithme de transport de Lagrange

Le simulateur de la qualité de l'eau d'EPANET utilise une approche lagrangienne, (basée sur le temps), pour détecter des changements subis par des volumes d'eau élémentaires qui circulent dans les tuyaux et qui se mélangent entre eux aux nœuds de demande entre deux intervalles déterminés (Liou et Kroon, 1987). Ces intervalles de mesure de qualité sont normalement beaucoup plus courts que les intervalles utilisés pour calculer le comportement hydraulique (généralement, plutôt des minutes que des heures), parce que le temps de séjour de l'eau dans un tuyau peut être très court. Lorsque l'eau entre dans un tuyau, la taille du volume élémentaire d'eau amont croît, et la taille du volume élémentaire en aval décroît dans la même proportion. La taille des éléments de volume intermédiaires reste inchangé. (Voir la Figure D.1).

À la fin de chaque intervalle, EPANET entreprend les actions suivantes:

1. La qualité de l'eau dans chaque segment est mise à jour conformément aux réactions qui ont eu lieu dans le tuyau.
2. L'eau qui entre dans le nœud de demande en amont, et qui provient d'autres tuyaux, est mélangée pour calculer la nouvelle qualité de l'eau. Le volume fourni par chaque volume élémentaire d'eau est égal au produit du débit dans le tuyau d'origine et du laps de temps de l'intervalle. Si ce volume est supérieur à celui du segment, celui-ci est détruit et le prochain élément de volume commence à fournir son volume d'eau.
3. Les substances provenant de sources extérieures sont ajoutées dans les nœuds de demande. La façon dont la qualité dans les réservoirs est mise à jour dépend du type de mélange appliqué (voir paragraphe 3.4).
4. De nouveaux segments d'eau sont créés dans les tuyaux qui sortent du nœud de demande, du réservoir ou de la bache. Le volume de chaque segment est égal au produit du débit par l'intervalle de temps, et sa qualité égale à la nouvelle qualité de l'eau dans le nœud.

Pour réduire le nombre de segments, l'étape 4 n'est exécutée que si la différence entre la nouvelle qualité dans le nœud et celle du dernier segment est supérieure à une tolérance définie par l'utilisateur. Si la différence de qualité est inférieure à

cette tolérance, le volume qui entre dans le tuyau au cours de l'intervalle est simplement ajouté au dernier segment.

Ensuite, ce processus est répété pour l'intervalle de temps suivant. Au début de l'intervalle hydraulique suivant, l'ordre des volumes élémentaires est inversé dans les arcs où le sens de l'écoulement a changé. Initialement, chaque tuyau du réseau est constitué d'un unique élément de volume dont la qualité est égale à la qualité assignée au nœud en amont.

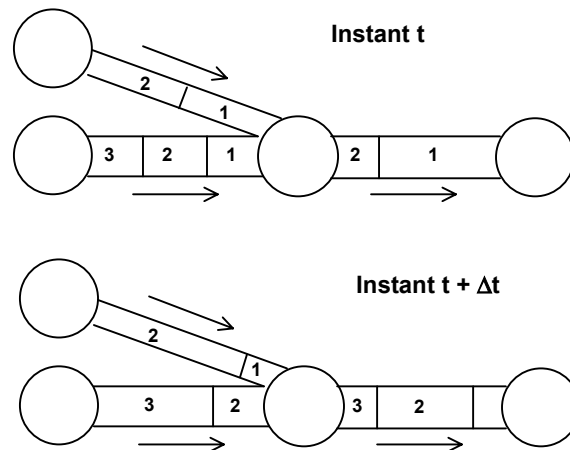


Figure D.1 Comportements des volumes élémentaires dans la Méthode de Lagrange

D.3 Références

- Bhave, P.R. 1991. Analysis of Flow in Water Distribution Networks. *Technomic Publishing, Lancaster, PA.*
- Clark, R.M. 1998. "Chlorine demand and Trihalomethane formation kinetics: a second-order model", *Jour. Env. Eng., Vol. 124, No. 1, pp. 16-24.*
- Dunlop, E.J. 1991. WADI Users Manual. *Local Government Computer Services Board, Dublin, Ireland.*
- George, A. & Liu, J. W-H. 1981. Computer Solution of Large Sparse Positive Definite Systems. *Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.*
- Hamam, Y.M, & Brameller, A. 1971. "Hybrid method for the solution of piping networks", *Proc. IEE, Vol. 113, No. 11, pp. 1607-1612.*
- Koehling, M.T. 1998. Assessment and Modeling of Chlorine Reactions with Natural Organic Matter: Impact of Source Water Quality and Reaction Conditions, *Ph.D. Thesis, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio.*
- Liou, C.P. and Kroon, J.R. 1987. "Modeling the propagation of waterborne substances in distribution networks", *J. AWWA, 79(11), 54-58.*
- Notter, R.H. and Sleicher, C.A. 1971. "The eddy diffusivity in the turbulent boundary layer near a wall", *Chem. Eng. Sci., Vol. 26, pp. 161-171.*
- Osiadacz, A.J. 1987. Simulation and Analysis of Gas Networks. *E. & F.N. Spon, London.*
- Rossman, L.A., Boulos, P.F., and Altman, T. (1993). "Discrete volume-element method for network water-quality models", *J. Water Resour. Plng. and Mgmt., Vol. 119, No. 5, 505-517.*
- Rossman, L.A., Clark, R.M., and Grayman, W.M. (1994). "Modeling chlorine residuals in drinking-water distribution systems", *Jour. Env. Eng., Vol. 120, No. 4, 803-820.*
- Rossman, L.A. and Boulos, P.F. (1996). "Numerical methods for modeling water quality in distribution systems: A comparison", *J. Water Resour. Plng. and Mgmt, Vol. 122, No. 2, 137-146.*
- Rossman, L.A. and Grayman, W.M. 1999. "Scale-model studies of mixing in drinking water storage tanks", *Jour. Env. Eng., Vol. 125, No. 8, pp. 755-761.*
- Salgado, R., Todini, E., & O'Connell, P.E. 1988. "Extending the gradient method to include pressure regulating valves in pipe networks". *Proc. Inter. Symposium on Computer Modeling of Water Distribution Systems, University of Kentucky, May 12-13.*
- Todini, E. & Pilati, S. 1987. "A gradient method for the analysis of pipe networks". *International Conference on Computer Applications for Water Supply and Distribution, Leicester Polytechnic, UK, September 8-10*

INDEX GENERAL

Cet index général fait référence à la numérotation des chapitres du manuel de l'utilisateur

A

- affichage
 - aspect graphique du schéma § 7-9-4
 - visualisation § 7-9-4
- affichage graphique
 - déplacement § 9-2
- altitude
 - affichage, visualisation graphique § 9-2
- arc
 - ajouter § 6-2-2
 - classification [appendice C \[TAGS\]](#)
 - couleur § 9-1 ; § 7-7
 - définition [appendice C \[PIPES\]](#)
 - définition § 6-1
 - dessiner § 6-7
 - paramètres § 7-1
 - sens § 6-7
 - tableau de résultats § 9-3
 - tracé [appendice C \[VERTICES\]](#)
 - valeurs par défaut § 5-2-2
 - visualisation § 7-9-2

B

- bâche
 - définition § 3-1-2
 - propriété § 6.4 tableau 6-2
- bâche, lac, rivière
 - définition [appendice C \[RESERVOIRS\]](#)
- ballon de surpression
 - modélisation § 12-7
- barre d'état
 - définition § 4-4
- barre d'outils
 - schéma § 4-3-2
 - standard § 4-3-1
- buse d'irrigation
 - définition § 3-1-4

C

- calage
 - déclaration des données § 5-3-2
 - définition § 5-3
 - exemple voir fichier « Rés1_SI.net » dans le dossier Epanet
 - fichier § 5-3-1
- charge

- affichage § 9-2
 - définition § 3-1-1
- chllore
 - affichage § 9-2
 - coefficient de réaction § 6-4, tableau 6-4, état initial
 - consommation en réseau § 3-4 ; § 8-1-2
 - rechloration en réseau § 6-4, tableau 6-2 ; § 6-5-5 ; § 12-11
 - taux sortie usine § 6-4, tableau 6-2
- commande
 - éditeur § 6-5-3
- commande élaborée
 - définition § 3-2-3-2 ; appendice C [RULES]
- commande simple
 - définition § 3-2-3-1 ; appendice C [CONTROLS]
- conditions initiales de qualité d'eau
 - définition § 12-9
 - bâche § 6-4, tableau 6-2
 - nœud § 6-4, tableau 6-1
 - réservoir § 6-4, tableau 6-3
- contrôle de pression
 - installation § 12-6
- copier
 - définition § 10-5
 - objet § 6-6
- courbe
 - ajouter § 6-2-4
 - définition § 3-2-1
 - descriptions appendice C [CURVES]
- courbe caractéristique
 - éditeur § 6-5-1
- courbe de modulation
 - ajouter § 6-2-5
 - définition § 3-2-2 ; appendice C [PATTERN]
 - éditeur § 2-8, figure 2-9 ; § 6-5-2
 - pas de temps § 2-8 ; données /options/temps
- courbe de perte de charge
 - éditeur § 6-5-1
- courbe de volume
 - éditeur § 6-5-1

D

- Débit
 - affichage § 9-2
 - modulation Voir « [courbe de modulation](#) »
- demande
 - affichage § 9-2
 - catégories § 6-5-4
 - éditeur § 6-5-4
- dépistage
 - définition § 3-4-4
 - visualisation § 8-1-2

diaphragme
définition § 3-1-8 ; § 6-4, tableau 6-4, état initial, appendice C [VALVES]

E

éditeur de propriétés
définition § 4-8

émetteurs
définition § 3-1-4

énergie
appendice C[ENERGY]
valeurs par défaut § 8-1-5

entrée de réservoir
modélisation § 12-8

erreur
message Appendice B

état initial
définition appendice C [STATUS]

exportation
projet § 11-2
schéma de réseau § 11-6

F

facteur de friction
définition § 3-1-5

flèches d'écoulement
visualisation § 7-9-6

flux entrant
définition § 12-4

fond
visualisation § 7-9-7

fond d'écran
utilisation § 7-3

forage
définition § 3-1-2
propriété § 6.4 tableau 6-2

formation de THM
définition § 12-12

H

hauteur piézométrique
définition § 3-1-1

I

Importation
partie de réseau § 11-4
projet § 11-3
schéma de réseau § 11-5

impression
mise en page § 10-2

incrément

définition § 2-3, figure 2-2
 injection en réseau
 qualité § 6-5-5
 itération
 définition § 8-1-1
 résoudre les problèmes § 8-3
 appendice C [OPTIONS], [REPORT]
 appendice D1

L

lac
 définition § 3-1-2
 propriété § 6-4, tableau 6-2
 légende
 éditeur § 7-7
 sélection § 4-7

M

mélange
 définition appendice C [MIXING]
 réservoir § 3-4-2
 menu
 affichage § 4-2-3
 aide § 4-2-7
 édition § 4-2-2
 fenêtre § 4-2-6
 fichier § 4-2-1
 projet § 4-2-4
 rapport § 4-2-5
 message d'erreur
 définition appendice B
 modulation
 débit, pompage, énergie... voir [courbe de modulation](#)

N

navigateur
 données § 4-6
 schéma § 4-7
 niveau
 affichage § 9-2
 nœud
 ajouter § 6-2-1
 classification appendice C [TAGS]
 coordonnées appendice C [COORDINATES]
 couleur § 9-1 ; § 7-7
 définition appendice C [JUNCTIONS]
 définition § 3-1-1 ; § 6-1
 demande appendice C [DEMANDS]
 demande multiple § 6-5-4
 édition des propriétés § 4-8

modulation de la demande [voir courbe de modulation](#)
 paramètres [§ 7-1](#)
 propriété [§ 2-5 figure 2-5](#) ; [§ 6.4 tableau 6-1](#) ;
 représentation du paramètre [§ 4-7](#)
 tableau de résultats [§ 9-3](#)
 tableau récapitulatif [voir rapport/tableau.....](#)
 trace [§ 2-4](#)
 valeurs par défaut [§ 5-2-1, § 2-3 figure 2-2](#)
 visualisation [§ 7-9-1, § 2-3 figure 2-3](#)

O

objet

- déplacer [§ 6-9](#)
- édition [§ 6-4](#)
- groupe [§ 6-10, § 6-11](#)
- rechercher [§ 7-6](#)
- sélection [§ 6-3](#)
- supprimer [§ 6-8](#)

 options

- définition [appendice C \[OPTIONS\]](#)

 orifice calibré

- définition [§ 3-1-4 ; appendice C \[EMITTERS\]](#)

P

perte de charge particulière

- courbe : éditeur [§ 6-5-1](#)

 pertes de charge linéaires

- définition [§ 3-1-5](#)
- formules [§ 3-1-5](#)
- valeurs [§ 3-1 tableau 3-2](#)

 pertes de charge singulières

- définition [§ 3-1-6](#)
- valeurs [§ 3-1 tableau 3-2](#)

 point d'injection

- définition [appendice C \[SOURCES\]](#)

 pompe

- ajouter [§ 6-2-2](#)
- consommation énergétique [§ 8-1-5](#)
- courbe caractéristique [§ 3-2-1-1, § 6-5-1](#)
- courbe de rendement [§ 3-2-1-2 ; § 6-5-2](#)
- définition [§ 3-1-7 appendice C \[PUMPS\]](#)
- dimensionner Q,H [§ 12](#)
- vitesse [§ 6-4 tableau 6-5 ; appendice C \[pumps\]](#)
- propriété [§ 6-4 tableau 6-5](#)

 poteau d'incendie

- dimensionner [§ 12-5](#)

 préférence du programme

- générale [§ 4-9-1](#)
- option de format [§ 4-9-2](#)

 pression

- affichage [§ 9-2](#)

projet
 ouvrir définition § 5-1
 résumé définition § 5-4
propriétés édition § 12-13

Q

qualité
 affichage § 9-2
 définition [appendice C \[QUALITY\]](#)
 réaction de modification § 3-4-3
 temps de séjour § 3-4-4
qualité de source
 éditeur § 6-5-5
questions / réponses § 12

R

rapport
 définition du contenu [appendice C \[REPORT\]](#)
rapport complet
 visualisation § 9-4-5
rapport d'énergie
 visualisation § 9-4-2
rapport d'état
 visualisation § 9-4-1
rapport de calage
 visualisation § 9-4-3
réaction
 coefficient par défaut réservoir § 8-1-3
 coefficient particulier du réservoir § 6-4, tableau 6-3
 coefficient par défaut tuyau § 8-1-3
 coefficient particulier du tuyau § 6-4, tableau 6-4
 définition des paramètres [appendice C \[REACTIONS\]](#)
 modification de la qualité § 3-4-3, § 8-1-3
 visualisation du rapport § 9-4-4
réducteur de pression
 définition § 3-1-8 ; § 6-4, tableau 6-4,
 état initial, [appendice C \[VALVES\]](#)
réseau
 tracé manuel §2.4
réservoir
 courbes de volume § 3-2-1-3, § 6-5-1
 définition § 3-1-3 [appendice C \[TANK\]](#)
 mélange § 3-4-2
 propriété § 6.4 tableau 6-3

- résultats d'une simulation
 - affichage § 9-1
 - affichage graphique § 9-2
 - balance en eau § 9-2
 - courbe de distribution § 9-2
 - courbe de niveau (pression, demande, altitude, chlore..) § 9-2
 - graphe d'évolution § 9-2
 - profil longitudinal § 9-2
 - requête § 9-1-1
- rivière
 - définition § 3-1-2
 - propriété § 6.4 tableau 6-2
- rugosité coefficients
 - définition § 3-1-5, tableau 3-2

S

- schéma
 - visualisation des éléments § 7-9
 - vue d'ensemble § 7-8
- schéma du réseau
 - définition § 4-5
 - déplacement § 7-5
 - dimensions § 7-2
 - légende § 7-7
 - zoom avant / arrière § 7-4
- simulation
 - affichage § 9-2
 - algorithmes [Appendice D](#)
 - erreur « équations sans solution » § 8-3-5
 - erreur « pression négative » § 8-3-3
 - erreur « réseau déconnecté » § 8-3-2
 - erreur « système non équilibré » § 8-3-4
 - erreur « débit pompe » § 8-3-1
 - exécution § 8-2 § 2-8
 - message d'erreur [appendice B](#)
 - option énergie § 8-1-5
 - option hydraulique § 8-1-1
 - option qualité de l'eau § 8-1-2
 - option réactions § 8-1-3
 - option temps § 8-1-4
 - paramétrage des temps § 2-8
 - qualité § 2-9
 - tableau de résultats § 9-3
- simulation en parallèle
 - réalisation § 12-14
- simulation sous « DOS »
 - [appendice C](#)

source
définition § 6-5-5
dépistage § 3-4-4
édition § 6-5-5

stabilisateur de pression amont / aval
définition § 3-1-8
état initial § 6-4, tableau 6-6, appendice C [VALVES]

symboles
visualisation § 7-9-5

T

temps (durée)
définition [appendice C \[TIMES\]](#)

temps de séjour
affichage § 9-2

texte
ajouter § 6-2-3
définition § 6-1 [appendice C \[LABELS\]](#)
propriété § 6-4 tableau 6-7
utilisation d'un fichier § 6-2-6
visualisation § 7-9-3

titre
définition [appendice C \[TITLE\]](#)

tuyau
définition § 3-1-5
propriété § 6.4 tableau 6-4

U

unité de mesure
[appendice A](#)
choix § 2-3 ; §5-2-3 ; § 8-1-1

V

valeurs par défaut

étiquettes d'identification § 5-2

options hydrauliques § 5-2-3

propriété des arcs § 5-2-2

propriété des nœuds § 5-2-2

vanne

définition § 3-1-8 appendice C [VALVES]

état initial § 6-4, tableau 6-6,

propriété § 6-4 tableau 6-6

vanne d'isolement

courbe de perte de charge § 3-2-1-4

vitesse de l'eau

affichage § 9-2

vitesse de réaction

§12-10

vitesse des pompes

modification § 6-4 tableau 6-5 ; appendice C [pumps]

vue d'ensemble

affichage § 7-8