

NOTICE CANOE

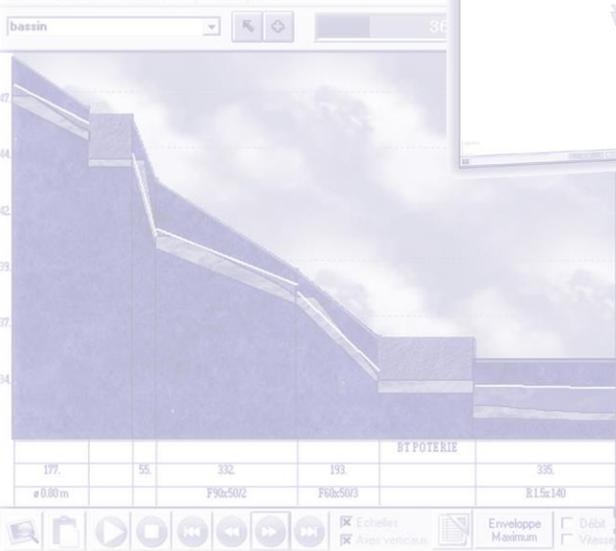
CANOE

Logiciel
Hydrologie
Urbaine 

Conception et évaluation de réseaux d'assainissement
Simulation des pluies, des écoulements et de qualité des eaux



Présentation du logiciel



197.	5%	332	193	BT POTERIE	335
ø 0.80m		F90x502	F90x503		R15x140





Version 3

Coordinateur : Bernard Chocat
Janvier 2014

Présentation de CANOE

1.1. CANOE : le résultat d'une collaboration originale

CANOE résulte d'un mariage entre deux des logiciels français les plus utilisés en France dans le domaine de l'hydrologie urbaine : CEDRE, développé par le laboratoire URGC-Hydrologie urbaine de l'INSA de Lyon et CAREDAS, mis au point par SOGREAH.

L'objectif poursuivi par les initiateurs du projet était de réaliser l'outil le mieux adapté possible aux besoins des différents gestionnaires de réseaux d'assainissement. Pour ceci, ils ont associé, dès le départ, plusieurs partenaires à la définition du cahier des charges. La Communauté Urbaine de Lille, la Communauté Urbaine de Lyon, le Département de Seine Saint Denis, le Département du Val de Marne, le Ministère de l'Agriculture et la ville de Marseille ont ainsi joué un rôle majeur dans le choix des fonctionnalités. Ces partenaires, associés aux villes de Rennes et de Besançon et à la Communauté urbaine de Strasbourg continuent à jouer un rôle majeur dans la définition précise de l'outil et dans son développement.

Ce mode de partenariat présente de multiples avantages pour les développeurs, mais également pour les autres partenaires :

- associer des partenaires ayant des besoins différents, mais possédant tous une longue expérience de l'utilisation des outils informatiques, permet d'échanger ces expériences, d'éliminer au maximum les éléments ayant soulevé des difficultés chez l'un ou l'autre d'entre eux, et au contraire de retenir toutes les idées ayant produit des résultats favorables ;
- disposer du support expérimental constitué par les réseaux de grandes collectivités, souvent bien équipés sur le plan métrologique, pour tester le logiciel, est une garantie importante de qualité ;
- pouvoir intervenir, dès l'origine sur la définition des fonctionnalités, le choix des modèles, etc., garantit aux partenaires de disposer d'un outil parfaitement adapté à leurs besoins ;
- enfin, cette association de partenaires a permis de dégager les ressources financières nécessaires au montage de l'opération.

CANOE résulte d'un mariage entre deux des logiciels français les plus utilisés en France dans le domaine de l'hydrologie urbaine : CEDRE, développé par le laboratoire URGC-Hydrologie urbaine de l'INSA de Lyon et CAREDAS, mis au point par SOGREAH.

L'objectif poursuivi par les initiateurs du projet était de réaliser l'outil le mieux adapté possible aux besoins des différents gestionnaires de réseaux d'assainissement. Pour ceci, ils ont associé, dès le départ, plusieurs partenaires à la définition du cahier des charges. La Communauté Urbaine de Lille, la Communauté Urbaine de Lyon, le Département de Seine Saint Denis, le Département du Val de Marne, le Ministère de l'Agriculture et la ville de Marseille ont ainsi joué un rôle majeur dans le choix des fonctionnalités. Ils continuent à jouer un rôle majeur dans la définition précise de l'outil et dans son développement.

Ce mode de partenariat présente de multiples avantages pour les développeurs, mais également pour les autres partenaires :

- associer des partenaires ayant des besoins différents, mais possédant tous une longue expérience de l'utilisation des outils informatiques, permet d'échanger ces expériences, d'éliminer au maximum les éléments ayant soulevé des difficultés chez l'un ou l'autre d'entre eux, et au contraire de retenir toutes les idées ayant produit des résultats favorables ;
- disposer du support expérimental constitué par les réseaux de grandes collectivités, souvent bien équipés sur le plan métrologique, pour tester le logiciel, est une garantie importante de qualité ;

Présentation CANOE

- pouvoir intervenir, dès l'origine sur la définition des fonctionnalités, le choix des modèles, etc., garantit aux partenaires de disposer d'un outil parfaitement adapté à leurs besoins ;
- enfin, cette association de partenaires a permis de dégager les ressources financières nécessaires au montage de l'opération.

1.2. CANOE : un logiciel multi-fonctionnel

CANOE est un logiciel constitué de plusieurs applicatifs, permettant d'apporter une aide à la plupart des activités des services techniques chargés de l'assainissement.

Tous les applicatifs utilisent un système de gestion de données centralisé et une interface utilisateur unique.

- les accès à cette base de données, pour un applicatif particulier, se font au travers d'un modèleur, capable d'extraire les données strictement nécessaires à l'applicatif et de les structurer pour que les programmes de calcul puissent les utiliser.
- chaque applicatif est ainsi individualisé et relativement indépendant des autres applicatifs.

La figure 1 ci-dessous représente schématiquement l'organisation générale du logiciel.

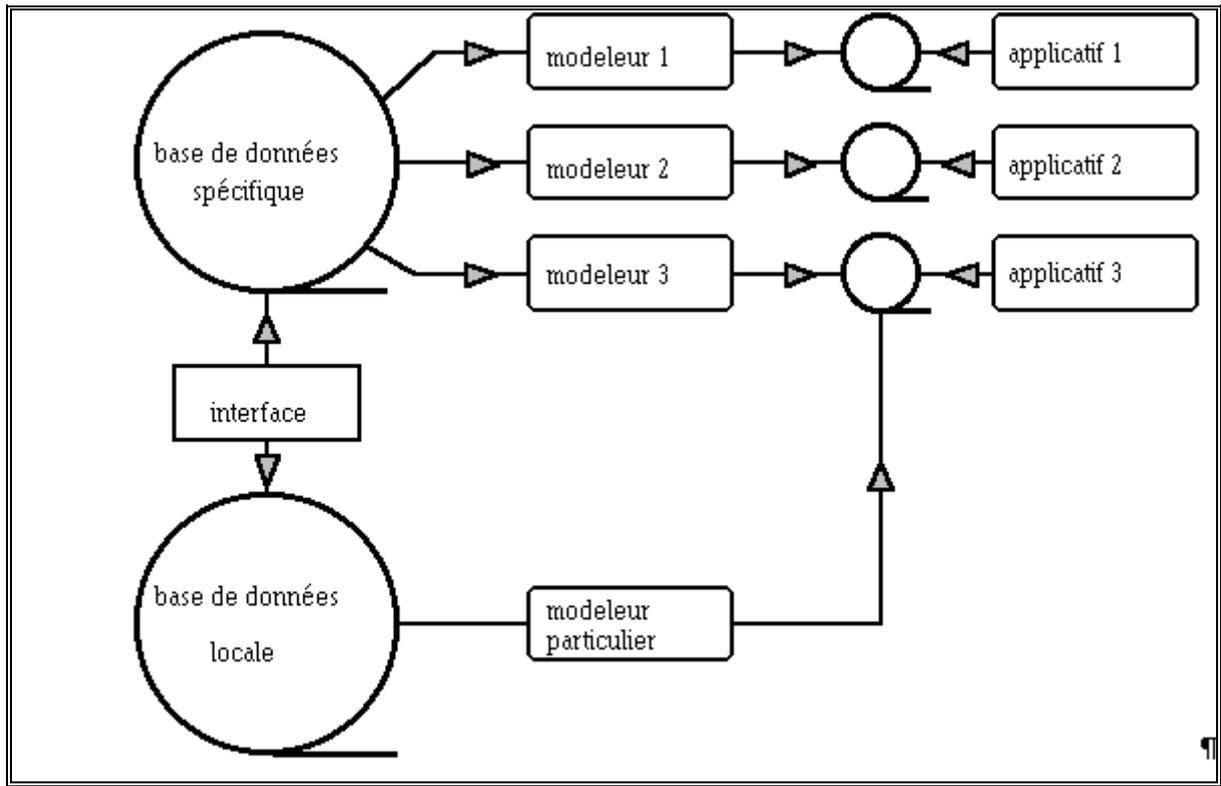


Figure 1 : organisation générale de CANOE

1.3. CANOE : un logiciel d'une nouvelle génération

La principale particularité de CANOE, qui en fait un logiciel différent de ceux qui existent déjà, est qu'il est organisé autour de trois fonctions complémentaires :

- une fonction technique conforme à ce qui a été décrit précédemment,
- une fonction pédagogique,
- une fonction d'expertise.

1.3.1. Fonction pédagogique

La fonction pédagogique poursuit un double rôle :

- permettre à l'utilisateur de bien comprendre et de bien maîtriser le logiciel ainsi que les modèles de simulation qu'il manipule ;
- permettre à l'utilisateur de progresser dans sa compréhension des concepts de l'hydrologie urbaine et d'affiner sa façon de poser et de résoudre les problèmes posés par la gestion du système d'assainissement.

Pour ceci, CANOE propose une aide en ligne permanente sur les concepts manipulés, sur les modèles, sur les paramètres, etc., ainsi que des conseils à l'utilisation. Il est couplé à une encyclopédie explicitant l'ensemble des notions utilisées en hydrologie urbaine.

2. Applicatifs

Les différents outils constituant CANOE sont structurés en 5 applicatifs regroupant des actions particulières. Chacun de ces cinq applicatifs est accessible à partir du menu principal de CANOE. Ils peuvent être activés depuis l'écran principal soit en utilisant le menu, soit en cliquant sur l'icône qui les représente.

2.1. *Applicatif de gestion des données structurelles*

Cet applicatif est indispensable pour l'utilisation de CANOE. Il est accessible par l'icône suivante :



Il permet de saisir, mettre à jour, consulter, visualiser l'ensemble des objets décrivant le système d'assainissement à étudier : les nœuds, les bassins versants, les tronçons, les bassins de rétention, les ouvrages spéciaux, les capteurs ainsi que certaines données phénoménologiques (histogrammes, mesures, points d'injection).

2.2. *Applicatif de gestion des bibliothèques de conduites*

Cet applicatif permet de saisir, visualiser ou mettre à jour une bibliothèque de formes de conduites. Il est accessible par l'icône suivante :



2.3. *Applicatif de gestion des bibliothèques de pluies*

Cet applicatif permet de saisir, visualiser ou mettre à jour une bibliothèque de pluies. Il est accessible par l'icône suivante :



2.4. *Applicatif de simulation hydrologique et hydraulique*

Cet applicatif permet de simuler le fonctionnement d'un système d'assainissement dans des conditions déterminées. Il est accessible par l'icône suivante :



2.5. *Applicatif boîte à outils d'aide au projet (non disponible dans CANOE^{LT})*

Cet applicatif apporte des aides à la conception d'un réseau d'assainissement (recherche du tracé en plan, dimensionnement, profil en long, estimatif, production de documents graphiques ou alphanumériques,...). Il est accessible par l'icône suivante :



2.6. Outils externes

Certains outils associés à CANOE sont regroupés dans l'applicatif Utilitaires de CANOE.

Cet applicatif permet en particulier de manipuler les bases de données de CANOE. Il n'est pas accessible à partir du menu principal de CANOE, mais directement à partir du gestionnaire de programme.

Pour le lancer cliquer sur l'icône suivante :



Dans le cas d'une installation standard de CANOE, cette icône se trouve dans le même groupe de programmes que l'icône CANOE.

3. Modélisation

3.1. Modélisation de la pluie

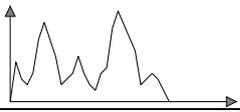
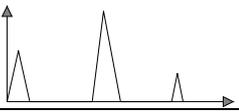
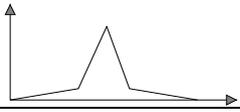
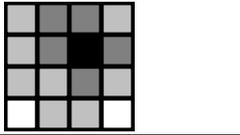
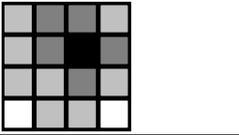
3.1.1. Différentes possibilités et vocabulaire

CANOE permet de construire et d'utiliser différents types de données pluviométriques.

- des pluies ponctuelles : il peut s'agir de pluies réelles mesurées sur un poste pluviométrique particulier ou de pluies de projet associées à un point de l'espace identifié. Une pluie ponctuelle est définie par sa position et par un hyétogramme, plus des données associées. Elle peut éventuellement être affectée d'un abattement spatial.
- des événements 3D : il s'agit de pluies spatialement distribuées, définies par leurs intensités sur chacune des mailles d'un quadrillage régulier de l'espace.

Par ailleurs, les pluies peuvent être utilisées sous la forme d'événements isolés ou sous la forme de chroniques constituées par un ensemble d'événements successifs.

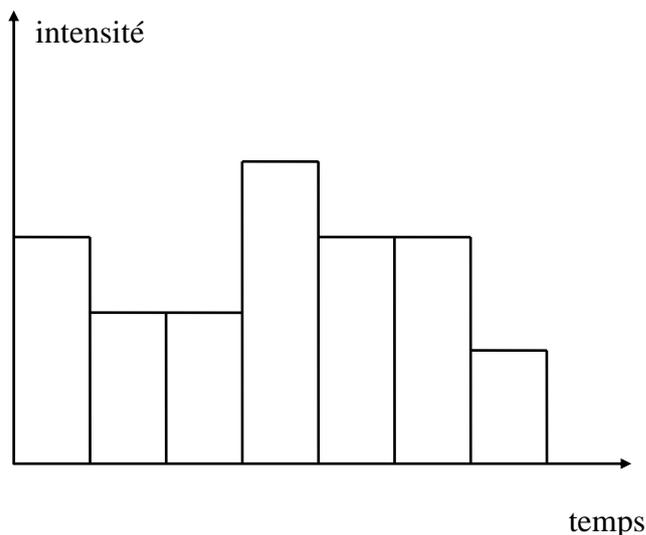
Le tableau suivant synthétise les différentes possibilités.

		pluie isolée	chronique de pluies
Pluies Ponctuelles	Pluies réelles		
	Pluies de projet		
Evénements 3D			

3.1.2. Présentation des différents types de modèles de pluie

3.1.2.1. Pluie isolée "réelle"

Une pluie isolée "réelle" est définie par son hyétogramme. Celui-ci doit être construit sous la forme d'une fonction en escalier, pas de temps par pas de temps, la valeur du pas de temps étant fixe.



Ce type de modèle peut correspondre à une pluie mesurée sur le site étudié ou sur un autre site, ou à une pluie artificielle considérée comme une référence intéressante.

Les pluies de ce type peuvent être positionnées dans l'espace, ce qui permet leur utilisation ultérieure comme composante d'une pluie 3D, ou plus simplement ce qui permet de leur attacher un coefficient d'abattement spatial (voir § 3.1.2.3).

Elles peuvent également être horodatées.

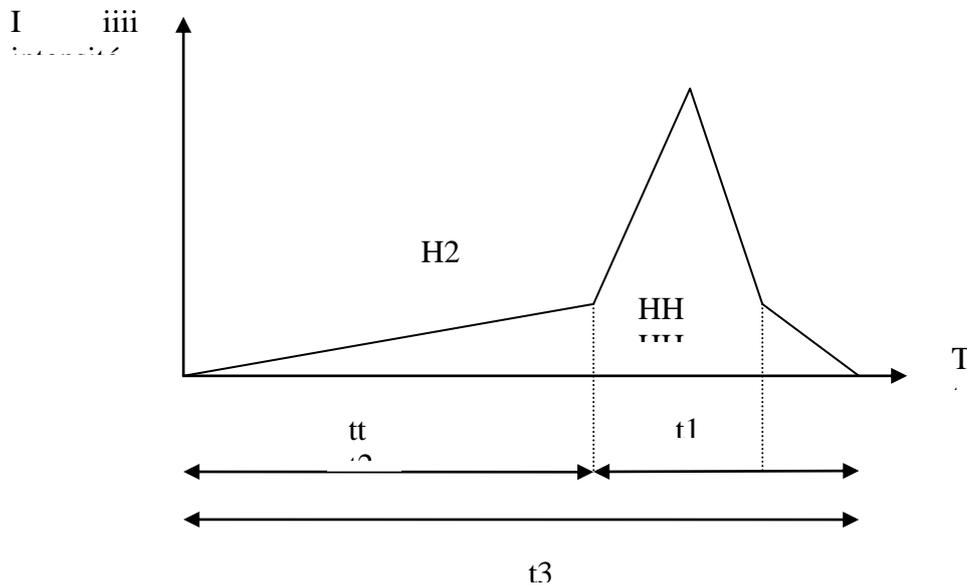
3.1.2.2. Pluie de projet

Il s'agit d'une pluie fictive (synthétique) conforme à un modèle préétabli et telle qu'il est théoriquement possible d'associer une période de retour aux conséquences qui lui sont associées (en général débit de pointe).

Dans CANOE, les pluies de projet peuvent être des pluies simple ou double triangle symétrique ou des pluies double triangle non symétrique.

pour en savoir plus : Pluie de projet

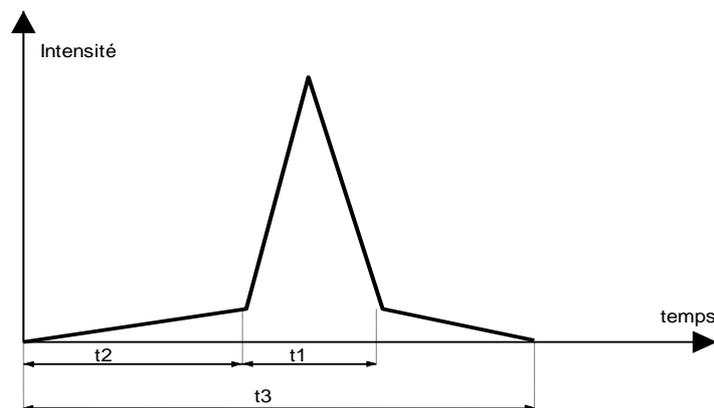
3.1.2.2.1. Choix des paramètres des pluies de projet double triangle quelconque



Les paramètres à fournir sont les suivants :

- la durée totale de la pluie (t_3) : généralement entre 4 et 6 heures ;
- la durée de la période de pluie intense (t_1) : quelques dizaines de minutes (généralement 15 à 30), d'autant plus longue que le bassin étudié est grand ;
- la position de la pointe d'intensité par rapport au début de la pluie (paramètre téta égal au rapport t_2 / t_3) : la valeur classique est $2/3$;
- la hauteur précipitée pendant la période de pluie intense : à choisir de façon à ce que l'intensité moyenne correspondante ait une période de retour égale à celle que l'on souhaite associer à la pluie ;
- la hauteur précipitée en dehors de la période de pluie intense : à choisir de façon à ce que l'intensité moyenne correspondante ait une période de retour comprise entre 0,2 et 0,5 fois celle que l'on souhaite associer à la pluie.

3.1.2.2.2. Choix des paramètres des pluies de projet symétriques



Pluie de projet double - triangle symétrique

Les paramètres décrivant cette pluie sont au nombre de cinq :

- la durée totale : t_3 ;
- la durée de la période de pluie intense : t_1 ;
- la position de la pointe d'intensité par rapport au début de la pluie : rapport t_2 / t_3 ;
- l'intensité moyenne pendant la période de pluie intense : i_1 ;
- l'intensité moyenne en dehors de la période de pluie intense : i_2 .

Le seul paramètre temporel à fournir est la durée de la période de pluie intense t_1 , la durée t_3 est choisie automatiquement égale à $10 \times t_1$. Le fait que la pluie soit symétrique impose la relation : $(t_2 + t_1 / 2) = t_3 / 2$, soit $t_2 = (t_3 - t_1) / 2$

Mode de construction du hyétogramme : Le calcul des intensités s'effectue à partir des coefficients a et b d'un ajustement de type Montana de la pluviométrie locale

$$i_1 = (t_1)^b \frac{1 - (0,1)^{b+1}}{0,9 \times 0,1^b} \cdot 120 \cdot a \cdot 2^b$$

$$i_2 = (t_1)^b \frac{(0,1)^b - 1}{0,9 \times 0,1^b} \cdot 120 \cdot a \cdot 2^b$$

le temps t_1 est en min et les intensités i_1 et i_2 en **mm/min**

Les valeurs de a et b peuvent provenir d'un ajustement local (lequel peut éventuellement être obtenu par CANOE - voir §3.1.5). Elles peuvent également être calculées directement à partir de la région pluviométrique et de la période de retour (utilisation des valeurs de l'Instruction technique de 1977).

Pour en savoir plus, voir : Chocat B., Thibault S., Bouyat M. ; "Etude comparative des résultats fournis par la méthode de Caquot et le modèle du réservoir linéaire" ; TSM l'eau ; n°7 ; pp 417-424 ; juillet 1981.

Valeurs de a et de b

Période De retour	Région 1		Région 2		Région 3	
	a	b	a	b	a	b
10 ans	5,9	-0,59	6,7	-0,55	6,1	-0,44
5 ans	5,0	-0,61	5,5	-0,57	5,9	-0,51
2 ans	3,7	-0,62	4,6	-0,62	5,0	-0,54
1 ans	3,1	-0,64	3,5	-0,62	3,8	-0,53

Les valeurs de débit de pointe calculées à l'exutoire d'un bassin versant donné sont peu sensibles aux valeurs de t1 et t2. CANOE fournit une fourchette de surface de bassins versants à l'exutoire desquels la période de retour du débit de pointe obtenu sera voisine de la période de retour utilisée pour construire la pluie (si T est la période de retour de la pluie, la période de retour du débit pour les bassins versants dont la surface est comprise dans la fourchette sera comprise entre 0,9T et T).

Pour les petits bassins versants, il est préférable de choisir une pluie simple triangle.

3.1.2.3. Abattement spatial

Il est possible d'associer un abattement spatial aux pluies ponctuelles (pluies réelles et pluies de projet). L'intensité sera calculée en fonction de la distance entre le centre de gravité du bassin versant et l'épicentre de la pluie par une relation de la forme :

$$i(d) = i_0 \times (1 - a \cdot d^b)$$

- avec :
- i(d) : intensité à la distance d de l'épicentre
 - i₀ : intensité sous l'épicentre
 - a et b : paramètres

Cette relation permet le calcul direct de l'abattement de la pluie à appliquer sur un petit bassin versant situé à une distance importante de l'épicentre. Pour calculer l'abattement à appliquer sur un grand bassin versant, il est possible de procéder de la façon suivante :

- Calcul de l'intensité moyenne i_m au centre de gravité du bassin versant en appliquant la formule précédente.
- Calcul de l'abattement surfacique en supposant que le bassin versant est de forme circulaire et que son centre est situé sur le centre de gravité (voir encadré).

passage d'un abattement surfacique à un abattement fonction de la distance

$$i_{\text{moy}} = \frac{1}{S} \int_0^R i(r) \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr = \frac{2\pi}{S} \int_0^R i_0 (1 - a \cdot r^b) r \cdot dr = \frac{2\pi \cdot i_0}{\pi \cdot R^2} \int_0^R (r - a \cdot r^{b+1}) dr$$

$$= \frac{2 \cdot i_0}{R^2} \left[\frac{r^2}{2} - a \frac{1}{b+2} r^{b+2} \right]_0^R = \frac{2 \cdot i_0}{R^2} \left[\frac{R^2}{2} - a \frac{R^{b+2}}{b+2} \right] = i_0 \left[1 - a \frac{2 \cdot R^b}{b+2} \right]$$

De façon générale, ce type de modèle donne une représentation beaucoup trop schématique de la répartition spatiale réelle des intensités et il est préférable d'utiliser les pluies 3D dès que la surface totale à étudier dépasse 2000 à 3000 hectares.

pour en savoir plus : Abattement spatial

3.1.2.4. Chronique de pluies ponctuelles

Une chronique de pluies ponctuelles correspond à un ensemble de pluies "réelles" définies au même point. Il peut par exemple s'agir des différentes pluies mesurées sur un même poste pluviométrique pendant une période donnée de temps.

Utiliser en entrée une chronique de pluies permet une évaluation beaucoup plus objective des périodes de retour associées aux différentes conséquences de cette série (débits de pointe, volumes, masses de polluants, etc.) en différents points du système d'assainissement.

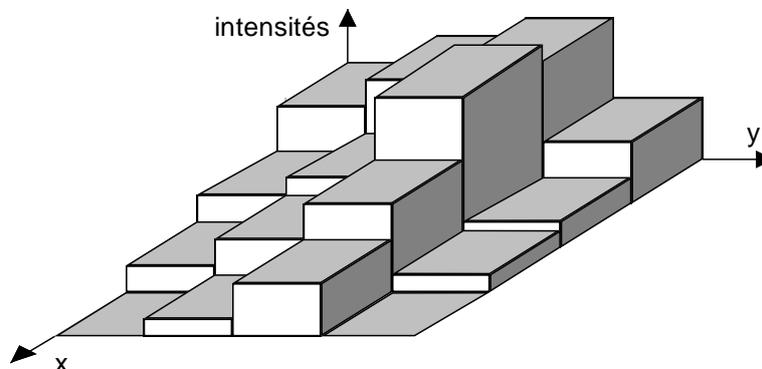
CANOE dispose en effet d'outils permettant d'effectuer directement cette analyse.

Il est également possible d'effectuer une analyse statistique d'une chronique de pluies ponctuelles (détermination des courbes IDF - voir §3.1.5.2).

<i>pour en savoir plus : Série chronologique de pluies</i>
--

3.1.2.5. Événement 3D isolé.

Un événement 3D est un événement pluvieux spatialement distribué, défini par les hyétogrammes sur chacune des mailles d'un quadrillage régulier de l'espace



La taille des mailles est quelconque. Elle doit cependant être cohérente, d'une part avec la variabilité spatio-temporelle du phénomène représenté, d'autre par avec la densité des informations disponibles. Des mailles de 2×2 km donnent de bons résultats et il est généralement inutile de descendre en dessous de 1×1 km.

Les données utilisées pour affecter les hyétogrammes sur chaque maille élémentaire peuvent provenir d'un radar météorologique (un format d'échange permet la récupération directe des données) ou d'un réseau de postes pluviométriques.

Dans ce dernier cas, l'affectation des hyétogrammes sur le maillage peut être automatique ou manuelle.

Pour en savoir plus : spatio-temporelle (répartition)

3.1.2.6. Chronique d'événements 3D

Une chronique de pluies 3D est un ensemble de pluies 3D mesurées sur une même zone géographique pendant une période donnée de temps. Ce type d'entrée généralise la chronique de pluies ponctuelles, mais ne peut pas faire l'objet d'étude statistique par CANOE.

3.1.3. Comment construire une pluie 3D (non disponible dans CANOE^{LT})

La saisie d'une pluie 3D se fait en trois étapes.

3.1.3.1. Saisie des données générales

Le nom (8 caractères au maximum).

Les autres données de cette fenêtre de saisie (position (x, y), date et heure de début, durée de temps sec, pas de temps, nombre de pas de temps) seront renseignées après avoir choisi les pluies ponctuelles constituant l'événement pluvieux.

3.1.3.2. Saisie des pluies ponctuelles constituant la pluie 3D

Cette saisie se fait en sélectionnant les pluies à prendre en compte dans la bibliothèque active (attention les pluies ponctuelles doivent être positionnées). A la fin de la saisie, les caractéristiques concernant l'événement pluvieux sont affichées. Les caractéristiques par défaut de l'événement 3D sont calculées de la manière suivante :

- date et heure début : la date et l'heure de la première pluie par ordre chronologique ;
- nombre de pas de temps : celui nécessaire pour aller du temps minimum au temps maximum ;
- pas de temps : le plus grand pas de temps de toutes les pluies.

Elles peuvent être modifiées.

3.1.3.3. Saisie de la description spatiale de la pluie 3D

3.1.3.3.1. Description du quadrillage

Le quadrillage est constitué par défaut en fonction du positionnement des pluies ponctuelles sélectionnées, en utilisant les valeurs suivantes :

- largeur des colonnes : 2 km
- hauteur des lignes : 2 km
- Xorigine = Xmin - (largeur de colonne)/2 (en mètres)
- Yorigine = Ymin - (hauteur de ligne)/2 (en mètres)

Xmin et Ymin sont respectivement la plus petite abscisse et la plus petite ordonnée des pluies ponctuelles.

3.1.3.3.2. Affectation des intensités

Rappel : une pluie a une position unique, celle du pluviomètre sur lequel elle a été mesurée.

Le logiciel propose une solution initiale suivant la méthode suivante :

- si une seule pluie est affectée à la maille : l'intensité sur la maille est égale à celle de cette pluie,
- si plusieurs pluies sont affectées à la maille : l'intensité sur la maille est égale à la moyenne des intensités des pluies,
- si aucune pluie n'est affectée à la maille : l'intensité sur la maille est égale à celle de la pluie la plus proche du centre de la maille

Cette solution peut être modifiée manuellement en ajoutant ou enlevant des pluies sur chacune des mailles. Le hyétogramme retenu sur une maille où plusieurs pluies ponctuelles ont été superposées sera égal à la moyenne des hyétogrammes sélectionnés.

3.1.4. Comment construire une chronique de pluies

Une chronique de pluies ponctuelles peut être construite en choisissant successivement des pluies dans la liste des pluies ponctuelles ou en mettant en œuvre des critères de sélection. Les critères utilisables sont les suivants :

Sélection sur le poste pluviométrique: permet de ne retenir que les pluies observées sur un pluviomètre particulier.

Sélection sur les dates de début et de fin : permet de sélectionner les pluies sur une période de temps donnée.

Seuils de sélection : permet de ne retenir que les pluies dépassant certains seuils d'intensité moyenne maximales sur différentes durées.

Une chronique d'événements 3D ne peut être construite que manuellement.

3.1.5. Comment réaliser l'analyse statistique d'une chronique de pluies

L'analyse statistique d'une chronique de pluies s'effectue en deux étapes successives

3.1.5.1. Ajustement fréquentiel

La première étape consiste à déterminer les intensités moyennes maximales de chacune des pluies de la chronique sur différentes durées préalablement fixées (5min, 6min, 15min, 30 min, 1h, 2h, etc.). Cette recherche des intensités moyennes maximales est faite à origine mobile, avec un pas de déplacement de l'origine égal au pas de temps de description de la pluie.

Les intensités moyennes maximales sont ensuite classées par valeurs décroissantes. Par ailleurs, les pluies de la chronique correspondent à une certaine durée d'observation. Il est donc possible d'affecter à chaque intensité une période de retour empirique d'observation en divisant la durée d'observation par le rang (la pluie la plus forte observée en n années a une période de retour empirique de n années, la deuxième plus forte de n/2 années, etc..)

Détail des calculs

En réalité, si r est le rang et D la durée d'observation, la période de retour empirique T est calculée par la relation :

$$T = \frac{D}{r - 0,5}$$

Par ailleurs, pour des raisons évidentes (une probabilité ne peut pas être supérieure à 1), le nombre d'intensités effectivement pris en compte dans le classement est strictement inférieur à la durée d'observation (exprimée en jours dans CANOE).

Dans tous les cas, le nombre d'événements effectivement pris en compte pour l'ajustement est limité par l'une ou l'autre des deux règles suivantes :

- si durée d'observation < 10 ans alors nombre total d'événements classés < 20
- si durée d'observation > 10 ans alors nombre total d'événements classés < 2×D

Ces règles ont pour but d'éviter que la forme des lois d'ajustement ne soit trop fortement conditionnée par les événements les plus faibles.

Les couples (intensités, périodes de retour) dans CANOE sont ensuite ajustés par une loi choisie par l'utilisateur. Les lois actuellement disponibles sont les suivantes :

- $i(T) = aT^b$
- $i(T) = a(\log T)^b$

avec a et b = paramètres d'ajustement de la loi pour la durée D

pour en savoir plus : intensité–durée–fréquence (courbes)

3.1.5.2. Construction des courbes IDF

Une fois la loi précédente ajustée, il est possible de calculer les intensités moyennes maximales correspondant à une période de retour particulière (T) pour différentes durées (d) et d'ajuster les valeurs ainsi obtenues par des courbes de la forme Intensité(d) = f(d,T) (courbes intensité–durée–fréquence). Le type de loi est choisi par l'utilisateur dans un ensemble donné.

- $i(d) = a(T) d^{b(T)}$ (ajustement type Montana)
- $i(d) = a(T) / (d + b(T))$ (ajustement type Talbot)

d étant la durée et T la période de retour choisie

Les modèles de ce type ne permettent pas d'ajuster correctement la courbe IDF pour toutes les durées possibles d'analyse. Il est donc nécessaire de choisir les valeurs des durées que l'on souhaite utiliser (donc la fourchette de durées pour laquelle l'ajustement sera satisfaisant).

La séquence des durées d'analyse est déterminée par le choix par l'utilisateur de la plus petite des durées.

Si la durée la plus petite est :

- 5min, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 5min, 6min, 15min, 30min, 1h, 2h
- 6min, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 6min, 15min, 30min, 1h, 2h, 3h
- 15min,, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 15min, 30min, 1h, 2h, 3h,
- 30min,, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 30min, 1h, 2h, 3h,, 6h
- 1h, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 1h, 2h, 3h,, 6h et 12 h
- 2h , les durées prises en compte pour l'ajustement sont alors 2h, 3h,, 6h et 12 h, 24h

pour en savoir plus : intensité-durée-fréquence (courbes)

3.2. Transformation pluie-débit

3.2.1. Principes généraux

3.2.1.1. Fonction de production et fonction de transfert

La modélisation de la transformation pluie-débit a pour objectif de produire un hydrogramme d'eau pluviale à l'exutoire du bassin versant étudié. Bien que physiquement tous les processus contribuant à la transformation soient fortement interdépendants, CANOE décompose la modélisation en deux étapes distinctes et successives :

- la production,
- le transfert.

La fonction de production permet de définir la partie de la pluie précipitée (pluie brute) qui va effectivement s'écouler à l'exutoire du bassin versant. Le résultat de cette première transformation est un hyétogramme de pluie nette. Il s'agit d'une grandeur fictive. La pluie nette est calculée par différence entre la pluie brute et les pertes à l'écoulement (évaporation, rétention par la végétation, stockage dans les dépressions, infiltration). La pluie nette est ensuite exprimée sous la forme d'un débit de pluie nette en multipliant l'intensité instantanée de pluie nette par la surface du bassin versant.

La fonction de transfert a pour objectif de transformer le débit de pluie nette en débit à l'exutoire. Il s'agit là d'un opérateur conservatif (le volume de l'hydrogramme de pluie nette est le même que celui de l'hydrogramme à l'exutoire). Son seul but est de représenter les transformations de la forme de l'onde de débit lors de son passage à travers le bassin versant.

pour en savoir plus : Fonction de production et de transfert

3.2.1.2. Différents types de surface et organisation des calculs

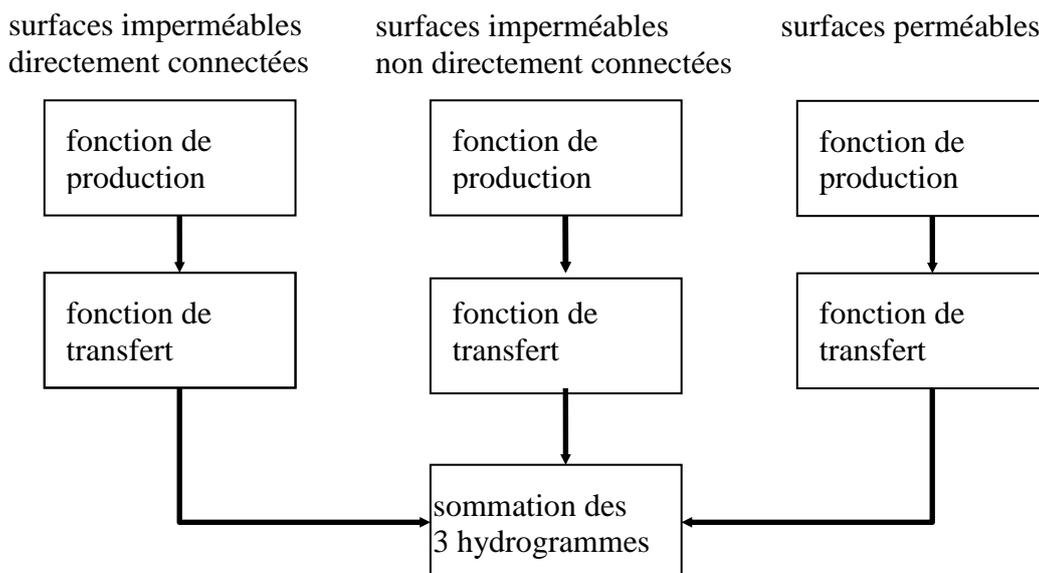
Dans la plupart des cas, le bassin versant est décomposé en trois types de surfaces :

- les surfaces imperméables en relation directe avec le réseau étudié,
- les autres surfaces imperméables,
- les surfaces perméables,

Les surfaces imperméables directement connectées sont des surfaces raccordées volontairement au réseau d'assainissement (toitures équipées d'un branchement, voiries équipées d'avaloirs, etc.).

Les autres surfaces imperméables sont celles susceptibles de ruisseler vers une surface perméable (allée dans une pelouse, toiture équipée d'une gouttière débitant vers un jardin, etc.) ou susceptibles de ruisseler vers un autre exutoire (route équipée d'un fossé connecté à la rivière, voirie directement connectée à un ruisseau, etc.).

Le calcul est réalisé par type de surface, et les hydrogrammes produits par chaque type de surface sont ensuite sommés pour produire l'hydrogramme à l'exutoire (comme si l'on avait trois bassins versants en parallèle). Du fait de la linéarité des modèles utilisés, ce mode de description ne pose aucune difficulté de calcul. Le schéma ci dessous représente l'organisation des calculs :



Organisation générale des calculs pour la transformation pluie débit

pour en savoir plus : Pertes au ruissellement

3.2.1.3. Différents types de bassins versants pris en compte

CANOE est un logiciel d'hydrologie urbaine. Il est donc normalement destiné à simuler le fonctionnement de bassins versants urbains équipés d'un réseau d'assainissement. Cependant, du fait de l'imbrication des surfaces urbanisées, rurales ou plus ou moins naturelles d'une part, et des réseaux hydrographiques naturels et artificiels d'autre part, il est souvent nécessaire de prendre en compte d'autres types de bassins versants.

CANOE permet de traiter trois types de bassins versants :

- bassins versants urbains stricts (zones urbanisées équipées d'un réseau d'assainissement, imperméabilisation totale supérieure à 30%)
- bassins versants ruraux stricts (zones rurales ou naturelles, imperméabilisation totale inférieure à 5%)
- bassins mixtes (zones partiellement urbanisées, imperméabilisation comprise entre 5 et 30%) ; les bassins versants mixtes sont eux-mêmes de deux types différents : bassins urbain/urbain modifié et bassins urbain/rural.

pour en savoir plus : Bassin versant

3.2.2. Différents modèles utilisables pour la production

3.2.2.1. Coefficient de ruissellement constant

La modélisation la plus simple et la plus classique en hydrologie urbaine consiste à considérer un coefficient de ruissellement constant. Cette modélisation semble en effet être adaptée à des unités fortement urbanisées, homogènes, à surfaces actives à peu près constantes, et généralement assimilables aux surfaces imperméables ruisselant en direction du réseau d'assainissement. En réalité, l'hypothèse de constance des surfaces actives n'est pas toujours réaliste et il est nécessaire d'être prudent dans l'application de cette méthode :

- Dans le cas de pluies faibles, les pertes initiales peuvent correspondre à un pourcentage non négligeable de la hauteur totale précipitée (les pertes initiales peuvent atteindre 0,5 à 1,5 mm sur les surfaces imperméables). De la même manière, il est difficile de négliger la perméabilité des revêtements de chaussée si l'intensité est peu importante (selon l'état du revêtement, la perméabilité d'une chaussée peut varier entre 10^{-6} et 10^{-7} m/s, soit une capacité d'absorption de 0,36 à 3,6 mm/h).
- Dans le cas de pluies exceptionnelles (intensité dépassant 50 mm/h et durée supérieure à une heure), les apports dus aux surfaces non revêtues peuvent devenir très importants par rapport à ceux des surfaces imperméables.

En conclusion, ce modèle devrait donc être réservé :

- A des bassins versants fortement urbanisés ($C_{imp} > 30\%$),
- A des pluies moyennes à fortes (hauteur totale précipitée en deux heures comprise entre 40 et 80 mm).

Il est d'autre part extrêmement dangereux de caler la valeur du coefficient de ruissellement en utilisant des mesures faites sur des pluies faibles à moyennes et d'utiliser la valeur ainsi obtenue pour des pluies plus fortes. On risque en effet de minorer de façon importante les valeurs des volumes ruisselés.

Ce modèle ne fait pas de distinction entre les différents types de surface.

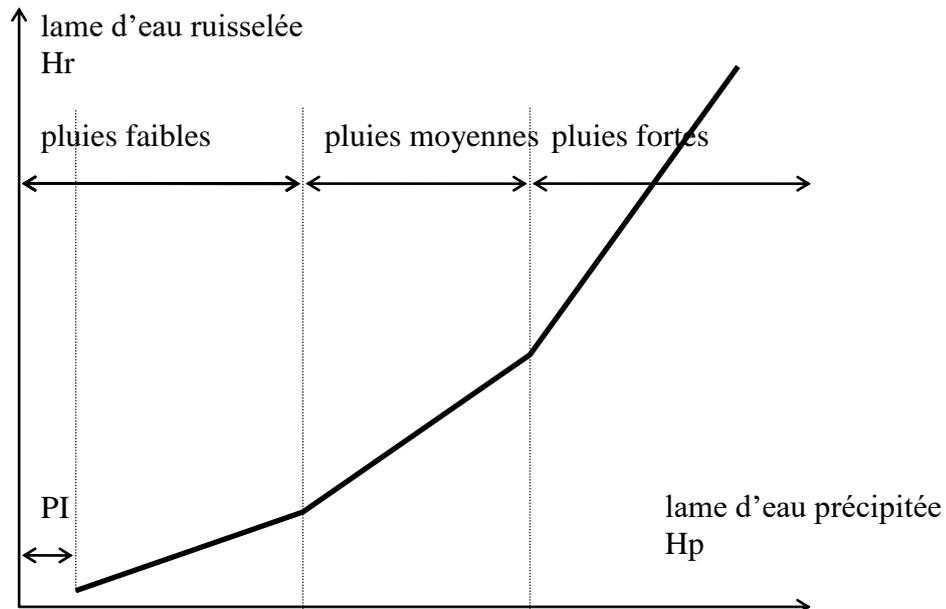
pour en savoir plus : Coefficient de ruissellement

3.2.2.2. Modèle standard

Le modèle standard s'applique indifféremment sur les trois types de surface préalablement identifiées (surfaces imperméables en relation directe avec le réseau, autres surfaces imperméables, surfaces perméables), et suppose un comportement différent selon l'importance de la précipitation.

Il prend en compte des pertes initiales constantes (PI) et des pertes continues proportionnelles à l'intensité de la pluie (coefficient de ruissellement). Ce coefficient de proportionnalité peut prendre trois valeurs différentes selon l'importance de la précipitation (pluie faible à moyenne, pluie forte à très forte, pluie exceptionnelle). Il représente le pourcentage de l'eau précipitée sur un type donné de surface qui aboutit effectivement au réseau d'assainissement (après avoir enlevé les pertes initiales). Les coefficients de proportionnalité pour les trois types de surface et les trois types de pluie, de même que les critères permettant de faire la distinction entre les types de pluie sont des paramètres généraux du projet qui doivent être fixés par l'utilisateur (voir §3.2.5 paramétrage des modèles).

Le schéma suivant montre comment évolue la hauteur totale ruisselée en fonction de la hauteur précipitée.



Détail des calculs

On notera :

H_p : hauteur totale précipitée (mm)

H_r : lame d'eau ruisselée (mm)

PI : pertes initiales (mm)

h_1 : hauteur précipitée limite entre pluies faibles et moyennes - PI

h_2 : hauteur précipitée limite entre pluies moyennes et fortes - PI

C_r : coefficient volumétrique de ruissellement

$i_b(t)$: intensité de pluie brute à l'instant t

$i_n(t)$: intensité de pluie nette à l'instant t

$coef1$, $coef2$, $coef3$ sont les coefficients de proportionnalité pour chaque type de pluie
 a_1 , b_1 , a_2 , b_2 , a_3 et b_3 sont respectivement les coefficients des équations des 3 segments de droites

étape 1 : On retranche les pertes initiales à la pluie brute

étape 2 : On calcule les équations des 3 segments de droite de façon à assurer la continuité des coefficients de ruissellement lorsque l'on change de type de pluie:

pluies faibles : $a_1 = coef1$ et $b_1 = 0$ (les pertes initiales ont déjà été retranchées)

pluies moyennes : $a_2 = coef2$ et b_2 tel que $a_1 \times H_1 = a_2 \times H_1 + b_2$

pluies fortes : $a_3 = coef3$ et b_3 tel que $a_2 \times H_2 + b_2 = a_3 \times H_2 + b_3$

étape 3 : On calcule le coefficient de ruissellement :

$$CR = a_i * (H_r - PI) + b_i \quad (i \text{ selon la pluie})$$

étape 4 : on calcule la pluie nette

$$i_n(t) = i_b(t) \times CR$$

3.2.2.3. Modèle de Horton

La modèle de Horton est destiné à représenter le comportement d'un sol perméable soumis à une pluie régulière. Il consiste à exprimer la capacité d'infiltration normale du sol sous la forme suivante :

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt}$$

- avec f_0 : capacité d'infiltration maximum du sol ;
 f_c : capacité d'infiltration du sol saturé ;
 k : constante de temps positive.

Les valeurs d'infiltration sont généralement exprimées en millimètres par heure et les temps en minutes.

Ce modèle donne une bonne approximation des courbes d'infiltration dans un sol saturé dans son horizon superficiel, ou dans un sol fortement végétalisé. Elle convient en revanche très mal pour les sols nus et secs où les problèmes d'interface eau/air dans la zone superficielle sont importants.

Pour le choix des paramètres (f_0 , f_c et k), voir le paragraphe 3.2.5.

<i>pour en savoir plus : Horton (modèle de)</i>

3.2.3. Différents modèles utilisables pour le transfert

3.2.3.1. Réservoir linéaire

Le modèle du réservoir linéaire est une fonction de transfert largement utilisée en hydrologie urbaine du fait de sa grande simplicité, de son faible nombre de paramètres (un seul) et de ses bonnes performances sur des bassins versants de faible taille (jusqu'à 100 hectares), équipés d'un réseau traditionnel d'assainissement.

Il combine l'équation de continuité

$$\frac{dV_S}{dt} = Q_e(t) - Q_s(t)$$

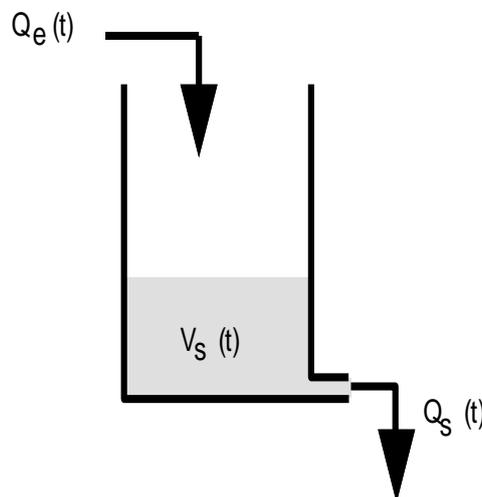
avec une équation de stockage reliant linéairement le volume stocké au débit sortant :

$$V_S(t) = K.Q_s(t)$$

avec :

- K : paramètre unique du modèle, homogène à un temps, appelé lag time ou temps de réponse (s) ;
- $Q_e(t)$: débit de pluie nette (m^3/s) ;
- $Q_s(t)$: débit à l'exutoire (m^3/s) ;
- $V_S(t)$: volume instantané stocké dans le bassin versant (m^3).

Ce modèle peut être représenté par un réservoir unique, dont la loi de stockage et la loi de vidange varient linéairement en fonction de la hauteur d'eau.



Représentation du modèle du réservoir linéaire.

Si l'entrée (débit de pluie nette Q_e) est discrétisée sous la forme d'une fonction en escalier avec un pas de temps constant Δt , et que l'on cherche la sortie sous la même forme (débit à l'exutoire Q_s), on peut calculer le débit au ième pas de temps par une relation de récurrence très simple :

$$Q_{si} = e^{-\frac{\Delta t}{K}} . Q_{si-1} + (1 - e^{-\frac{\Delta t}{K}}) . Q_{ei}$$

L'un des avantages majeurs de ce modèle est que le paramètre K peut être estimé sur des bassins versants non jaugés (c'est à dire sur lesquels on ne dispose pas de mesures) en fonction des caractéristiques du bassin versant (surface, pente, longueur du plus long parcours de l'eau, coefficient d'imperméabilisation, etc.). Voir à ce sujet le paragraphe 3.2.5.3.2.

pour en savoir plus : Réservoir linéaire (modèle du)

3.2.3.2. Modèle de Nash

Il s'agit d'une cascade de réservoirs linéaires identiques débitant les uns dans les autres. Il s'agit donc d'un modèle à deux paramètres (lag time K et nombre de réservoirs n). En théorie, le nombre n de réservoirs peut ne pas être entier.

D'une manière générale, dans le cas de bassins versants urbains, une cascade de n réservoirs identiques en série donne des résultats sensiblement meilleurs qu'un réservoir linéaire unique, notamment en ce qui concerne les décalages des hydrogrammes "observés" et "calculés". Cependant, les valeurs ajustées des paramètres K et n sont fortement corrélées et cette interdépendance des paramètres K et n, de même que la valeur de n souvent voisine de 1, incitent à penser que l'amélioration relative des performances est davantage à mettre sur le compte de l'introduction d'un paramètre supplémentaire de calage que sur celui d'une meilleure adéquation de la modélisation.

Ce modèle est cependant intéressant dans le cas de bassins versants peu urbanisés, ou peu équipés en réseaux d'assainissement, ou de surface importante (supérieure à 50 hectares), car il retarde davantage la sortie pour un même amortissement. Pour des questions d'intelligibilité et de plus grande facilité d'utilisation CANOE impose un nombre de réservoirs entier.

Voir le paragraphe 3.2.5.3. pour le choix des paramètres.

pour en savoir plus : Réservoir linéaire (modèle du)

3.2.4. Emboîtements possibles selon le type de bassin versant

Les emboîtements décrits ci-dessous correspondent au choix d'un coefficient de ruissellement non constant.

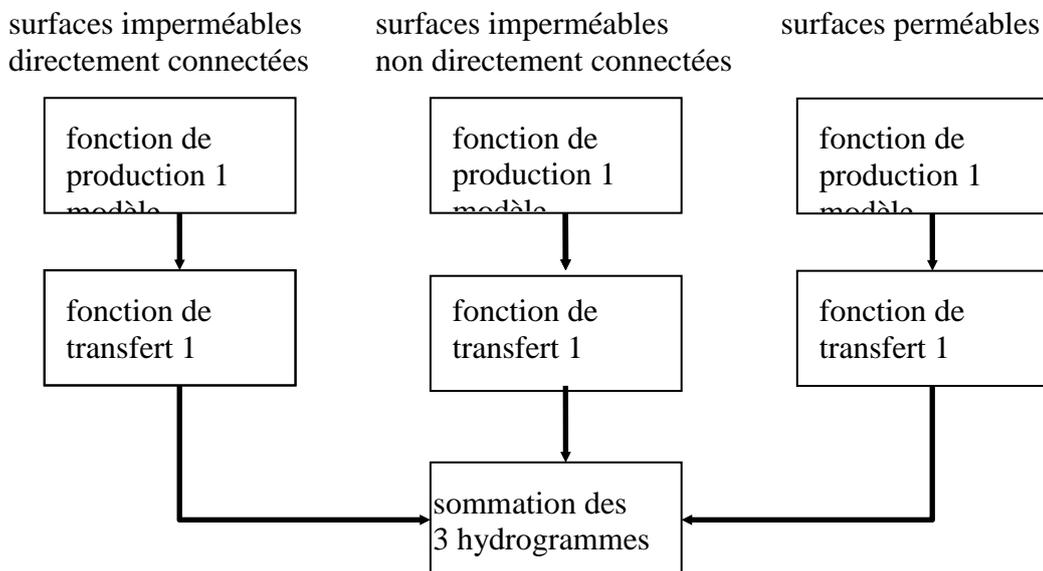
Dans le cas d'un coefficient de ruissellement constant, les pertes initiales sont toujours nulles et la notion de type de surface n'a aucun sens.

3.2.4.1. Bassin versant de type urbain strict

3.2.4.1.1. Mode de traitement

Les trois types de surface sont traités de façon identique :

- même perte initiale,
- modèle standard comme fonction de production,
- même fonction de transfert (voir documentation écran de saisie)



3.2.4.1.2. Domaine d'application

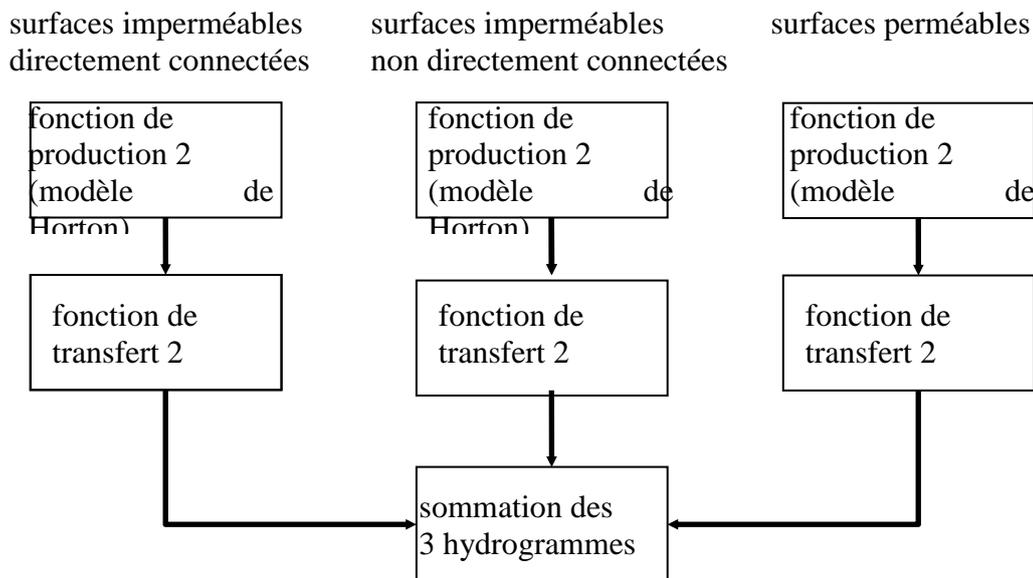
Ce choix est le plus simple et le plus classique en hydrologie urbaine. Il peut être utilisé pour les bassins versants urbanisés (systématiquement si $C_{imp} > 30\%$ et sans difficulté majeure si $C_{imp} > 20\%$) et équipés d'un réseau d'assainissement bien développé.

3.2.4.2. Bassin versant de type rural strict

3.2.4.2.1. Mode de traitement

Les trois types de surface ne sont pas différenciés :

- même perte initiale,
- modèle de Horton comme fonction de production,
- même fonction de transfert (voir documentation écran de saisie).



3.2.4.2.2. Domaine d'application

Ce choix peut être utilisé chaque fois que l'on veut simuler le comportement d'un bassin versant rural ou naturel. Les résultats sont très sensibles au choix des paramètres (en particulier des paramètres d'infiltration f_0 et surtout f_c). L'utilisation de ce modèle sans calage est donc déconseillée.

3.2.4.3. Bassin versant mixte de type urbain-urbain modifié

3.2.4.3.1. *Mode de traitement*

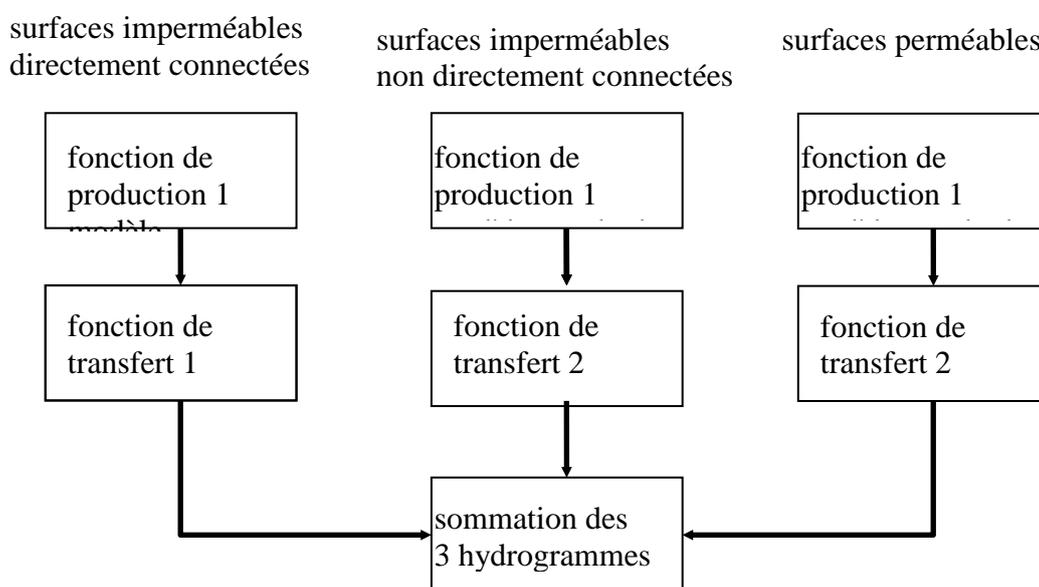
Les surfaces imperméables directement connectées sont simulées par une première chaîne de traitement :

- modèle standard pour la fonction de production,
- fonction de transfert utilisée avec les paramètres de la partie principale

Les surfaces imperméables indirectement connectées et les surfaces perméables sont simulées par une seconde chaîne de traitement :

- modèle standard pour la fonction de production,
- fonction de transfert utilisée avec les paramètres de la partie secondaire

Les pertes initiales sont supposées être les mêmes sur tout le bassin versant.



3.2.4.3.2. *Domaine d'application*

Ce modèle s'applique particulièrement bien aux bassins versants urbanisés (apports des surfaces imperméables très supérieurs aux apports des surfaces perméables), mais pour lesquels le réseau artificiel de collecte n'est pas totalement développé. Un exemple classique est celui des zones rurales situées à l'amont des grandes villes en développement. Les zones nouvellement urbanisées sont drainées par un réseau artificiel, alors que les zones les plus anciennes ou les moins denses utilisent le plus souvent un réseau hydrographique naturel (permanent ou non permanent) plus ou moins aménagé (utilisant en particulier beaucoup des fossés enherbés le long des routes). Dans la plupart des cas les deux réseaux ("naturel" et artificiel) ne sont pas totalement indépendants et les eaux recueillies par les fossés et les petits ruisseaux aboutissent finalement au réseau artificiel. Ce modèle permet de tenir compte des temps de transfert très différents que l'on peut observer dans ces deux types de systèmes de collecte.

3.2.4.4. Bassin versant mixte de type urbain-rural

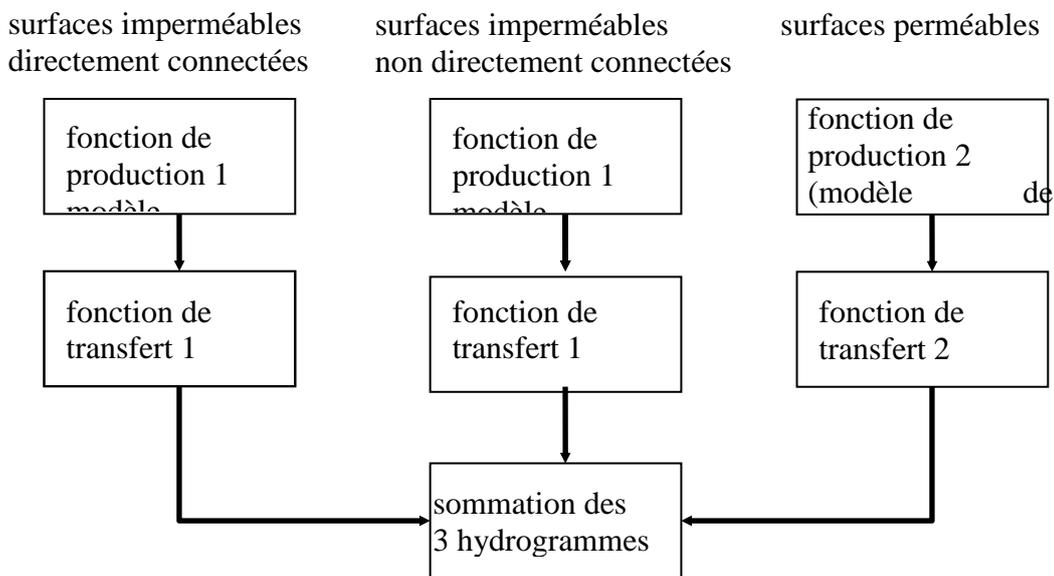
3.2.4.4.1. Mode de traitement

Les surfaces imperméables directement ou indirectement connectées sont simulées par une première chaîne de traitement :

- pertes initiales associées à la partie principale,
- modèle standard pour la fonction de production,
- fonction de transfert utilisée avec les paramètres associée à la partie principale

Les surfaces perméables sont simulées par une seconde chaîne de traitement :

- pertes initiales associées à la partie secondaire,
- modèle de Horton pour la fonction de production,
- fonction de transfert utilisée avec les paramètres associée à la partie secondaire



3.2.4.4.2. Domaine d'application

Ce modèle s'applique bien aux bassins versants peu urbanisés pour lesquels les apports des surfaces imperméables sont du même ordre de grandeur que les apports des surfaces perméables. Un exemple classique est celui des zones rurales situées à l'amont des grandes villes et qui commencent à se développer. Il peut en particulier être utile lorsque le réseau hydrographique (généralement naturel) recueillant les eaux sur le bassin versant a pour exutoire le réseau d'assainissement pluvial urbain situé plus à l'aval (ou lorsque l'on s'intéresse spécifiquement au fonctionnement hydrologique du réseau naturel).

3.2.4.4.3. Différence entre les deux modèles mixtes

Le modèle urbain/urbain modifié permet d'utiliser deux paramétrages différents de la fonction de transfert selon la nature des sols. Il est adapté aux bassins versants où les apports des zones imperméables constituent la part principale.

Le modèle urbain/rural permet d'utiliser deux fonctions de production différentes selon la nature des sols. Il est adapté aux bassins versants où les apports des zones imperméables sont du même ordre que ceux des zones perméables.

3.2.5. Paramétrage des modèles

3.2.5.1. Paramétrage du modèle standard

3.2.5.1.1. Valeurs des coefficients d'imperméabilisation

Le coefficient d'imperméabilisation total de la zone est un paramètre physique qui peut facilement être mesuré. Des enquêtes de terrain sont indispensables pour évaluer la surface effectivement connectée. Ces enquêtes peuvent être faites sur un échantillon représentatif des différentes formes urbaines, puis extrapolées sur des bassins versants de même type.

Les valeurs initiales (valeurs par défaut) sont déduites du type d'urbanisme en fonction du tableau suivant (éventuellement modifiable). Ce tableau est accessible par l'option *Paramétrage des bassins versants* (commande *Paramètres* du menu *Projet* de la fenêtre principale de CANOE)

Urbanisme \ Coef. imper.	Cs 1	Cs 2	Cimp
Urbain quelconque	30	20	50
habitat individuel	15	20	35
habitat collectif	30	25	55
zone d'activité	50	30	80
grand équipement public	20	20	40
centre urbain récent	30	40	70
centre urbain ancien	40	30	70
Coefficient constant	40	0	40

pour en savoir plus : Coefficient de ruissellement

3.2.5.1.2. Valeurs des coefficients de production

Les coefficients de production sont les paramètres généraux fondamentaux du modèle standard. Ils sont les mêmes pour tous les bassins versants d'un même projet. Cependant leurs valeurs peuvent être définies en fonction du type de raccordement (unitaire, séparatif EP, séparatif EU, pseudo séparatif EP, pseudo séparatif EU), ce qui offre une certaine souplesse. Ces coefficients représentent le pourcentage de l'eau recueillie sur un type de surface donné et pour un type de pluie particulier qui arrive effectivement au réseau étudié.

Les coefficients a_i correspondent aux surfaces imperméables en relation directe avec le réseau.

Les coefficients b_i correspondent aux autres surfaces imperméables.

Les coefficients c_i correspondent aux surfaces perméables.

Les valeurs 1, 2, 3 pour l'indice i correspondent respectivement aux pluies faibles à moyennes, fortes, exceptionnelles.

Les seuils d'intensité moyenne maximale en deux heures permettant de séparer les pluies en trois classes distinctes sont également paramétrables. Le modèle est relativement peu sensible à ces paramètres.

Dans la version 1.7. (septembre 1998), les valeurs par défaut sont les suivantes.

Coef. alfa, beta et gamma	a1	b1	c1	a2	b2	c2	a3	b3	c3
unitaire	90	0	0	100	100	0	100	100	40
séparatif eaux pluviales	95	0	0	95	90	0	95	90	40
séparatif eaux usées	5	0	0	5	10	0	5	10	0
pseudo séparatif eaux pluviales	90	0	0	90	85	0	90	85	35
pseudo séparatif eaux usées	10	0	0	10	15	0	10	15	5

Hauteurs d'eau (en mm) précipitées en 2heures définissant le type de pluie

1 : pluies faibles à moyennes < 25 < 2 : moyennes à fortes < 80 < 3 : très forte

les valeurs a,b et c représentent respectivement les coefficients alpha, beta et gamma permettant la construction des droites hauteur ruisselée en fonction de la hauteur précipitée.

Valider

Ce tableau est accessible par l'option *Paramétrage des bassins versants* (commande *Paramètres* du menu *Projet* de la fenêtre principale de CANOE).

Ces valeurs ont été choisies, d'une part en fonction d'une analyse détaillée du comportement des différentes surfaces urbaines et d'autre part en fonction de mesures faites sur différents bassins versants représentatifs.

3.2.5.1.3. Valeurs des pertes initiales

Le logiciel propose une valeur initiale pour les pertes initiales. Cette valeur est calculée en fonction de la pente du bassin versant :

surfaces imperméables :

$$PI = 2 \text{ mm si pente} < 1,5\%$$

$$PI = 0,5 + (3 - \text{pente}) \text{ mm si pente comprise entre } 1,5 \text{ et } 3\%$$

$$PI = 0,5 \text{ mm si pente} > 3\%$$

surfaces perméables :

$$PI = 12 \text{ mm si pente} < 0,5\%$$

$$PI = 2 + 4 \cdot (3 - \text{pente}) \text{ mm si pente comprise entre } 0,5 \text{ et } 3\%$$

$$PI = 2 \text{ mm si pente} > 3\%$$

3.2.5.2. Paramétrage du modèle de HORTON

La principale difficulté consiste à évaluer correctement les paramètres f_0 , f_c et k . Ceux-ci varient beaucoup avec les caractéristiques physiques du sol (porosité), mais aussi avec sa teneur initiale en humidité, sa couverture végétale, la dimension des gouttes de pluie, la température, etc. Ils peuvent être mesurés en laboratoire, in situ (éventuellement sous pluie artificielle), ou estimés à partir de valeurs fournies par la littérature. Dans ce cas, on considère généralement que la valeur de k est comprise entre 0,05 et 0,1 (si les temps sont en minutes). Les valeurs de f_c peuvent par exemple être choisies en utilisant les deux tableaux suivants :

Nature du sol Type d'espace	très imperméable	imperméable	moyennemen t perméable	perméable	très perméable
Forêts-cultures	$100 \leq f_c \leq 200$	$200 \leq f_c$	$200 \leq f_c$	$200 \leq f_c$	$200 \leq f_c$
jardins	$10 \leq f_c < 50$	$10 \leq f_c < 50$	$50 \leq f_c < 100$	$100 \leq f_c < 200$	$200 \leq f_c$
prairies - pelouses	$f_c < 10$	$10 \leq f_c < 50$	$50 \leq f_c < 100$	$100 \leq f_c < 200$	$200 \leq f_c$
terrains de sport - espaces résidentiels	$f_c < 10$	$f_c < 10$	$f_c < 10$	$f_c < 10$	$10 \leq f_c < 50$

Plages de variation de la capacité limite d'infiltration (paramètre f_c), en fonction de la perméabilité du sol et de la nature de sa couverture (en mm/h).

On peut également utiliser le tableau suivant

type de sol	capacité limite d'infiltration
Terres sableuses	15 à 25 mm / h
Terres lourdes	3 à 15 mm / h
Terres très argileuses	3 mm / h

Exemples de valeurs de capacité limite d'infiltration (paramètre f_c de la formule de Horton) en fonction du type de sol.

La valeur de f_0 peut pour sa part être choisie en fonction de f_c en tenant compte en particulier de la pluviosité antécédente. Si le sol est saturé en humidité au début de l'écoulement on peut considérer que f_0 est égal à f_c . Pour un sol sec, on utilise généralement le modèle de Holtan : $f_0 = 4 \cdot f_c$

3.2.5.3. Paramétrage des fonctions de transfert

Deux paramètres doivent être choisis : le nombre de réservoirs et le lag time (K).

3.2.5.3.1. Nombre de réservoirs

Les règles suivantes sont appliquées pour proposer des valeurs par défaut :

- partie principale imperméable ou bassin urbain strict- surface < 500 ha : 1 seul réservoir - ajustement de Desbordes pour le calcul du lag time
- partie principale imperméable ou bassin urbain strict- surface > 500 ha : 2 réservoirs - ajustement de Desbordes pour le calcul du lag time
- partie principale perméable ou bassin rural - surface < 500 ha : 2 réservoirs - ajustement de Passini pour le calcul du lag time
- partie principale perméable ou bassin rural - surface > 500 ha : 3 réservoirs - ajustement de Passini pour le calcul du lag time

Influence du choix des paramètres :

- Augmenter le nombre de réservoirs pour une même valeur de lag time augmente la valeur du débit de pointe (hydrogramme plus pointu).

- Augmenter la valeur du lag time pour un même nombre de réservoirs retarde et atténue la pointe de débit (hydrogramme plus long et plus plat).

Le choix effectué dans CANOE a consisté à considérer que le lag time était constant (indépendant de la pluie) pour un bassin versant donné (modèle linéaire). Ce choix permet de considérer le lag time comme un paramètre de calage.

3.2.5.3.2. Valeur du lagtime

Cas des bassins versants urbains

$$\text{Lagtime} = 0.254 \cdot (\text{surface})^{-0.0076} \cdot (\text{cimp})^{-0.512} \cdot (\text{pente})^{-0.401} \cdot (\text{longueur})^{0.6}$$

avec :

- surface : surface du bassin versant en ha
- cimp : % imperméabilisé (entre 0 et 100)
- pente : pente du bassin versant en mètre/mètre
- longueur : longueur du plus long parcours de l'eau en mètre

Cas des bassins versants périurbains

Lagtime = 2 fois le lagtime calculé par la formule précédente

Cas des bassins versants ruraux

$$\text{Lagtime} = \frac{2 \times \left(\frac{\text{surface}}{100} \times \text{longueur} \right)^{1/3}}{\sqrt{\text{Abs}(\text{pente}) + .0001}}$$

avec :

- surface : surface du bassin versant en ha
- cimp : % imperméabilisé (entre 0 et 100)
- pente : pente du bassin versant en mètre/mètre
- longueur : longueur du plus long parcours de l'eau en mètre

3.2.5.4. Aide au choix du modèle

CANOE propose des choix par défaut pour les modèles de transfert. Ces choix sont faits en utilisant les règles suivantes :

Dans le cas des bassins versants ruraux ou naturels, le modèle rural strict est imposé.

Les valeurs par défaut proposées pour choisir le modèle pour les autres types de bassins versants sont évaluées conformément aux règles suivantes en fonction de l'imperméabilisation totale :

Urbanisme \ Coef. imoer.	<10	10-20	20-35	>35
Urbain quelconque	0	3	2	1
habitat individuel	0	3	3	1
habitat collectif	0	3	2	1
zone d'activité	0	3	3	1
grand équipement public	0	3	2	1
Centre urbain	0	0	2	1

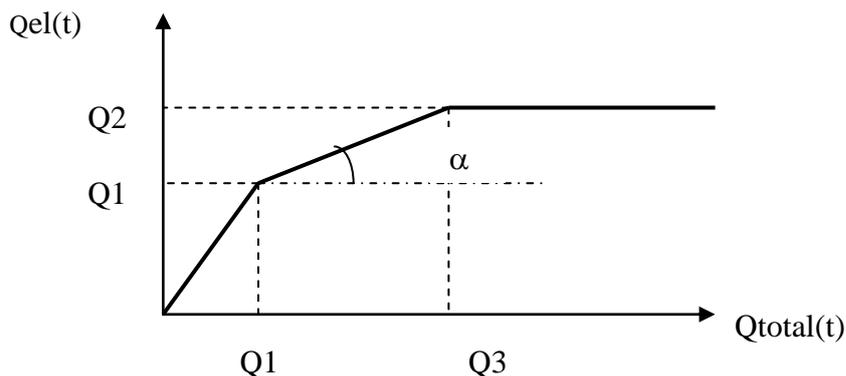
- 0 : choix inadapté (incohérence entre le type de bassin versant et la valeur de l'imperméabilisation).
- 1 : modèle urbain strict

- 2 : modèle urbain/urbain modifié
- 3 : modèle urbain/rural.

Ce tableau est modifiable. Il est accessible par l'option *Paramétrage des bassins versants* (commande *Paramètres des bassins versants* du menu *Projet* de la fenêtre principale de CANOE

3.2.6. Fonction filtre

La fonction "*Fonction filtre*" permet de tenir compte de la présence de déversoirs sur le bassin versant, sans obliger à les saisir et à les simuler.



Cette fonction filtre intervient après le calcul des débits eaux pluviales et eaux usées à l'exutoire du bassin versant (fonction de production + fonction de transfert).

On calcule le débit total EU + EP sortant du bassin versant ($Q_{total}(t)$) pour chaque pas de temps et on déduit le débit entrant dans le réseau ($Q_{entrant}(t)$) comme suit :

:

si $Q_{total}(t) \leq Q1$ alors

$Q_{entrant}(t) = Q_{total}(t)$

si $Q1 < Q_{total}(t) < Q3$

$Q_{entrant}(t) = Q1 + \alpha(Q_{total}(t) - Q1)$

si $Q_{total}(t) > Q3$

$Q_{entrant}(t) \text{ dans le réseau} = Q2$

avec :

$Q3 = Q1 + (Q2 - Q1) / \alpha$

$Q_{entrant}(t)$ = débit entrant dans le réseau

$Q1$ = débit minimum de déversement en l/s

$Q2$ = débit maximum à l'aval en l/s

$(1 - \alpha)$ = pourcentage de déversement

Le débit dérivé à chaque pas de temps est égal à $Q_{total}(t) - Q_e$

3.2.7. Calage (non disponible dans CANOE^{LT})

3.2.7.1. Importance du calage

Les modèles utilisés sont simples et généralement bien adaptés. Cependant le choix correct des paramètres est parfois délicat, particulièrement pour de petites pluies ou lorsque les zones perméables jouent un rôle important dans la transformation pluie-débit.

Dans ces situations, un calage effectué avec des mesures de terrain est souvent extrêmement utile.

3.2.7.2. Stratégie générale à utiliser

La démarche générale de calage consiste à commencer par caler les paramètres des fonctions de production (en utilisant le volume total comme critère), puis les paramètres des fonctions de transfert (en utilisant par exemple le débit de pointe ou un critère de ressemblance des hydrogrammes).

3.2.7.3. Outils utilisables dans CANOE

CANOE propose différents outils d'aide au calage.

- Un outil semi-automatique de calage des fonctions de production (voir la section calage).
- des outils de représentation permettant de superposer les hydrogrammes calculés et mesurés et d'évaluer différents critères d'écart.

Voir le chapitre spécifique consacré au calage.

3.3. Simulation hydraulique simplifiée

3.3.1. Principes généraux et limites d'utilisation

Cette option permet de simuler le fonctionnement d'un réseau à l'aide du modèle Muskingum. Le modèle utilisé est un modèle linéaire, ce qui assure la conservation des volumes. Il fournit les hydrogrammes en tous points du réseau et permet de représenter le décalage temporel et l'amortissement dus aux transferts dans les différents éléments constitutifs du réseau.

Le modèle Muskingum n'est pas un modèle hydraulique, mais un simple transformateur de signal. Il fournit des résultats corrects dans la mesure où le fonctionnement du réseau est à peu près normal. Les résultats s'éloigneront d'autant plus de la "réalité" que le réseau présentera des problèmes structurels (maille, ouvrages spéciaux) ou fonctionnels (mises en charge, influences aval).

<i>pour en savoir plus : Muskingum (modèle de)</i>
--

3.3.2. Simulation des parties courantes d'un réseau

La réponse du modèle est sensible au rapport pas d'espace/pas de temps. Des valeurs de pas d'espace de 100 à 300 mètres associées à des valeurs de pas de temps de 3 à 6 minutes fournissent de bons résultats.

Si les tronçons sont trop longs, CANOE les redécoupe automatiquement. En revanche, si le pas de temps choisi est trop long, aucune correction automatique n'est possible et les résultats risquent d'être imprécis.

L'utilisateur a le choix entre deux options pour représenter les mises en charge : avec ou sans écrêtement (sélection par la commande *Paramètres Muskingum*).

Le choix *Avec écrêtement* permet de limiter le débit à l'aval à la capacité de la conduite à surface libre.

Le choix *Sans écrêtement* permet de propager l'hydrogramme sans tenir compte d'un éventuel écrêtement dû à une mise en charge ou à un débordement (comme si la capacité de la conduite était suffisante pour fonctionner à surface libre avec le débit se présentant à l'amont).

Si les pentes et les types de conduites sont connues et que le réseau se mette en charge alors :

- le choix *Sans écrêtement* fournira un majorant des débits maximum
- le choix *Avec écrêtement* fournira un minorant des débits maximum

3.3.3. Simulation des confluences et des défluences

Les confluences sont représentées par une simple sommation des hydrogrammes amont.

En l'absence d'ouvrage spécial associé, les défluences sont représentées comme des séparateurs de débit. Le débit amont est partagé entre les différentes branches aval proportionnellement au débit maximum que le tronçon immédiatement à l'aval est capable d'écouler à surface libre (débitance de la conduite \times racine carrée de la pente du tronçon).

Il est possible de répartir différemment les débits incidents en associant un ouvrage spécial au nœud qui porte la défluence (voir § 3.3.5.).

3.3.4. Simulation des bassins de retenue

Le traitement des bassins de retenue s'effectue en résolvant à chaque pas de temps le système d'équations constitué par :

- l'équation de continuité : la variation du volume stocké entre deux pas de temps consécutifs est égale à la différence entre les débits moyens entrants et sortants du bassin pendant le pas de temps multipliée par la valeur du pas de temps.
- l'équation de stockage qui relie le volume stocké à la hauteur d'eau dans le bassin.
- les équations de vidange (une par tronçon aval) qui permettent de calculer le débit sortant par une branche en fonction de la hauteur d'eau dans le bassin.

Le mode de construction des équations de stockage et de vidange est le même que celui des équations de répartition dans les ouvrages spéciaux (voir §3.3.5).

Dans la simulation simplifiée, le sens d'écoulement est imposé, et il n'est pas possible de remplir le bassin de retenue par les tronçons aval (même si le niveau de l'eau est plus important dans ces tronçons que dans le bassin).

3.3.5. Simulation des ouvrages spéciaux

3.3.5.1. Principes généraux de description

En simulation simplifiée, dès que le nombre de branches aval est supérieur à 1, il est nécessaire de construire des lois de répartition permettant de partager le débit entre ces différentes branches. Le mode de construction de ces lois de répartition est choisi au moment de la saisie des ouvrages spéciaux

En pratique deux options sont possibles :

- simuler l'ouvrage en utilisant une loi arbitraire de répartition (de type déversoir d'orage ou de type défluence) (voir § 3.3.5.2.).
- simuler l'ouvrage spécial comme un bassin de retenue. Cette option permet de calculer le débit dans chacune des branches aval en tenant compte de la hauteur piézométrique à l'amont ainsi que des spécificités géométriques réelles des ouvrages installés. Elle permet de tenir compte de la modification éventuelle du stock à l'amont, imposée pour assurer la conservation du volume (voir § 3.3.5.3.).

3.3.5.2. Utilisation de lois simplifiées

Deux types de lois simplifiées sont possibles :

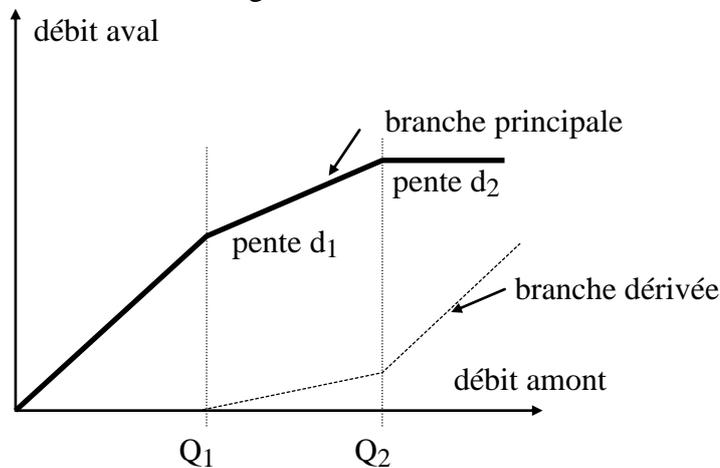
- déversoir d'orage simplifié,
- défluece simplifiée.

3.3.5.2.1. Déversoir d'orage simplifié

Cette option n'est utilisable que si le nombre de tronçons aval est strictement égal à deux (un tronçon dit principal et un tronçon dit dérivé). Elle permet de construire une relation arbitraire $Q_{\text{aval}} = f(Q_{\text{amont}})$, indépendante des composants saisis. Elle est à utiliser si l'on dispose de mesures ou en phase de conception (définition fonctionnelle du déversoir envisagé).

Nota : Il est possible de construire cette relation sans préciser les composants existants dans l'ouvrage spécial. Dans ce cas, la simulation sera bien évidemment impossible par le modèle Barré de Saint Venant.

La relation utilisée est constituée de trois segments de droite.



- Tant que le débit amont est inférieur à Q_1 (*débit mini de déversement*), tout le débit va vers le tronçon principal.

$$Q_{\text{prin}} = Q_{\text{amont}}$$

- Lorsque le débit amont est compris entre Q_1 et Q_2 , un pourcentage p_1 du débit amont est conservé dans la branche principale, le complément étant dérivé. Si d_1 est la pente du premier segment de droite, le débit conservé se calcule par la relation suivante :

$$Q_{\text{prin}} = Q_1 + d_1(Q_{\text{amont}} - Q_1)$$

- Lorsque le débit amont devient supérieur à Q_2 , un pourcentage p_2 du débit amont est conservé dans la branche principale, le complément étant dérivé. Si d_2 est la pente du second segment de droite, le pourcentage de débit conservé se calcule par la relation suivante :

$$Q_{\text{prin}} = Q_1 + d_1(Q_2 - Q_1) + d_2(Q_{\text{amont}} - Q_2)$$

Dans tous les cas, le débit déversé vaut :

$$Q_{\text{deriv}} = Q_{\text{amont}} - Q_{\text{prin}}$$

3.3.5.2.2. *Saisie directe défluence simplifiée*

Cette option est utilisable quel que soit le nombre de tronçons aval. Elle permet d'affecter arbitrairement un pourcentage donné du débit amont dans chacune des branches aval. Ce pourcentage est constant quel que soit le débit amont, ce qui implique en particulier que chaque branche aval est alimentée, quel que soit le débit amont. Cette option est à utiliser si l'on dispose de mesures ou en phase de conception (définition fonctionnelle de la défluence).

Nota : Il est possible d'utiliser cette option sans préciser les composants existant dans l'ouvrage spécial. Dans ce cas, la simulation sera bien évidemment impossible par le modèle Barré de Saint Venant.

3.3.5.3. Construction automatique des lois à partir des données géométriques existantes

Cette option est celle à retenir dans la majorité des cas. Elle permet de traiter n'importe quel ouvrage spécial comme un bassin de retenue au moment de la simulation. L'intérêt de cette méthode est que le débit calculé dans chacune des branches aval tient effectivement compte de la hauteur de charge à l'amont ainsi que des spécificités géométriques réelles des ouvrages installés (seuil, vannes, orifices, etc.). Elle permet de tenir compte de la modification éventuelle du stock à l'amont imposée pour assurer la conservation du volume.

Pour pouvoir traiter l'ouvrage comme un bassin de retenue, il est nécessaire de calculer une loi de stockage et n lois de vidange (si n est le nombre de branches aval). Ces lois sont de la forme :

$$Q_{\text{sortant}} = f(\text{hauteur})$$

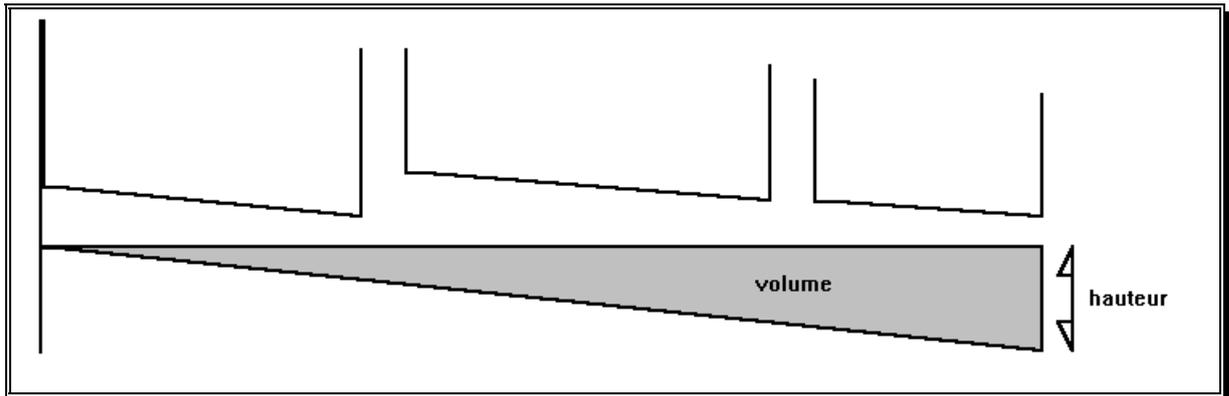
$$V_{\text{stocké}} = f(\text{hauteur})$$

En pratique, comme ces lois tiennent compte de la géométrie des conduites situées à l'amont de l'ouvrage, elles ne seront établies qu'au moment de la simulation. Ce choix permet de tenir compte d'une mise à jour des données relatives aux tronçons effectuée après la saisie de l'ouvrage spécial.

3.3.5.3.1. Construction de la relation $V_s = f(h)$

La relation $V_s = f(h)$ est construite de la façon suivante :

1. on calcule, pour n valeurs de hauteur exprimée à partir de la cote du nœud portant l'ouvrage spécial, le volume stocké dans chacun des tronçons amont. On considère la ligne d'eau comme horizontale, on rajoute éventuellement le volume de la chambre correspondant à cette même hauteur.
2. Ces valeurs permettront lors de la simulation de calculer la valeur du volume stocké à l'amont correspondant à une hauteur d'eau. Le volume à la hauteur h comprise entre h_i et H_{i+1} est calculé linéairement en fonction des volumes V_{s_i} et $V_{s_{i+1}}$ correspondants.



3.3.5.3.2. Construction des lois $Qs=f(h)$

On construit des lois de la forme $Qs_i = f(h)$, pour $i = 1$ à n , si n est le nombre de tronçons aval. Ces lois sont construites avec les hypothèses du régime permanent uniforme. Il s'agit en général de relations de la forme

$$Q = m.S.(g.h)^{1/2}$$

Avec :

- m : coefficient de débit ;
- S : section de l'écoulement ;
- g : accélération due à la pesanteur ;
- h : hauteur d'eau.

La démarche utilisée pour construire ces lois est la suivante :

on calcule, pour n valeurs de hauteur exprimée à partir de la cote du nœud portant l'OS, le débit de vidange dans chacun des tronçons aval. Ces valeurs permettront lors de la simulation de calculer la valeur du débit de vidange correspondant à une hauteur d'eau. Le débit à la hauteur h comprise entre h_i et H_{i+1} est calculé linéairement en fonction des débits Qs_i et Qs_{i+1} correspondants.

ATTENTION : Ce modèle possède actuellement plusieurs limites :

- seuls les composants placés sur des liaisons aboutissant à des connexions aval sont pris en compte pour construire les lois utilisées dans la simulation simplifiée. De plus, sur ces liaisons, seul le premier composant rencontré (le plus à l'amont) est pris en compte.
- s'il y a plusieurs liaisons internes à l'OS qui alimentent un même tronçon aval, seule la liaison présentant la plus faible perte de charge est prise en compte (en particulier si l'une des liaisons ne comporte pas de composant, elle sera la seule prise en compte).
- tous les paramètres des composants ne sont pas pris en compte par la simulation simplifiée. Dans ce cas la mention BSV indique, à côté du champ de saisie, que la donnée n'est utilisée que par les simulations par Barré de Saint Venant (par exemple débit de fuite des composants).
- les siphons et les régulateurs ne sont pas pris en compte.

3.3.5.4. Cas particulier des stations de pompage

Les stations de pompage peuvent être représentées en simulation simplifiée. Le mode de mise en route et de coupure des paliers de pompage est le même que dans la simulation par Barré de Saint Venant.

Le débit pompé est constant quelle que soit la charge hydraulique. Si l'on a défini une courbe caractéristique par des couples (H,Q) le débit pris en compte est le débit maximum.

3.3.6. Déversoir latéral (non disponible dans CANOE^{LT})

Au sens de CANOE, un déversoir latéral est un ouvrage linéaire assimilable à une conduite de faible longueur associée à une succession de départs latéraux.

Les déversoirs latéraux sont traités comme des déversoirs frontaux lors d'une simulation simplifiée.

3.3.7. Point de contrôle (non disponible dans CANOE^{LT})

Les régulateurs ne sont pas pris en compte en simulation simplifiée

3.3.8. Exutoires

Les exutoires ne sont pas pris en compte en simulation simplifiée

3.4. Simulation hydraulique

3.4.1. Principes généraux et limites d'utilisation

Cette option permet de simuler le fonctionnement d'un réseau à l'aide du modèle de Barré de Saint Venant, en prenant en compte le caractère transitoire des écoulements dans le réseau.

3.4.1.1. Equations utilisées

Le calcul de l'écoulement dans les conduites est réalisé par l'intégration des équations complètes de Barré de Saint Venant. Les équations prises en compte sont :

- l'équation de continuité qui exprime la conservation de la masse de fluide :

$$\frac{1}{B} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial Y}{\partial t} = 0$$

- l'équation dynamique qui exprime l'équilibre entre les forces motrices (pente et inertie) et les forces résistantes de frottement :

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{\alpha}{2} \frac{\partial V^2}{\partial x} + g \frac{\partial Y}{\partial x} + gKV|V| = 0$$

avec :

- x : abscisse longitudinale (m) ;
- t : temps (s) ;
- Y(x,t) : cote de la surface libre (m) ;
- V(x,t) : vitesse moyenne de l'écoulement (m²/s) ;
- Q(x,t) : débit (m³/s) ;
- B(x,Y) : largeur miroir (m) ;
- g : accélération due à la pesanteur (m/s²) ;
- alpha : coefficient de répartition des vitesses (sans dimension) ;
- K : coefficient de perte de charge (s²/m²).

Cette deuxième équation est écrite en fonction du débit sous la forme :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} - \frac{QB}{A} \frac{\partial Y}{\partial t} + \alpha \frac{Q}{A} \frac{\partial Q}{\partial x} - \alpha \frac{Q^2}{A^2} \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial Y}{\partial x} + gA \frac{Q|Q|}{D^2} = 0$$

avec

- A(x,Y) : section de l'écoulement
- D(x,Y) : débitance

pour en savoir plus : Barré de Saint Venant (modèle de)

3.4.1.2. Méthode de résolution

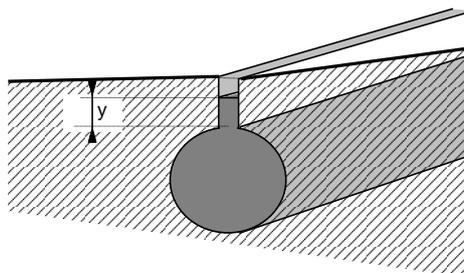
Les équations sont résolues en appliquant une méthode implicite de différences finies permettant une discrétisation du temps et de l'espace, selon un schéma à six pas, dit schéma de Preissmann. Les valeurs de pas de temps et de pas d'espace sont paramétrables.

Cette discrétisation conduit à un système matriciel linéaire, résolu par la méthode dite du double balayage.

3.4.1.3. Traitement des mises en charge

Les équations de Barré de Saint Venant sont normalement destinées à traiter les écoulements à surface libre. Dans les réseaux d'assainissement, les écoulements peuvent également se produire en charge. Du point de vue de la mécanique, les écoulements en charge sont plus simples à représenter que les écoulements à surface libre. La section mouillée est en effet alors égale à la section du collecteur et la propagation de l'onde devient quasi instantanée. C'est donc moins le phénomène lui-même que la partie du réseau qui se met en charge qu'il est difficile de modéliser. En effet, les mises en charge évoluent au cours du temps et se déplacent à l'intérieur du réseau. La plus grande difficulté réside dans le fait que la hauteur de charge dans une canalisation est fonction des débits amont qui y parviennent, mais réciproquement, que ces débits sont influencés par la hauteur de charge. Il est également indispensable que le modèle de simulation des écoulements en charge soit compatible avec le modèle de simulation des écoulements à surface libre, les deux types de modèle devant s'appliquer alternativement aux mêmes parties du réseau.

Pour résoudre ce problème, CANOE utilise un artifice de calcul connu sous le nom de fente de Preismann. Cette méthode consiste à considérer la canalisation ouverte sur sa partie supérieure et reliée à l'air libre par une fente très fine comme l'illustre la figure ci-dessous.



Le calcul peut être ainsi mené entièrement à surface libre, la hauteur d'eau dans la fente (y) représentant fictivement la hauteur de mise en charge.

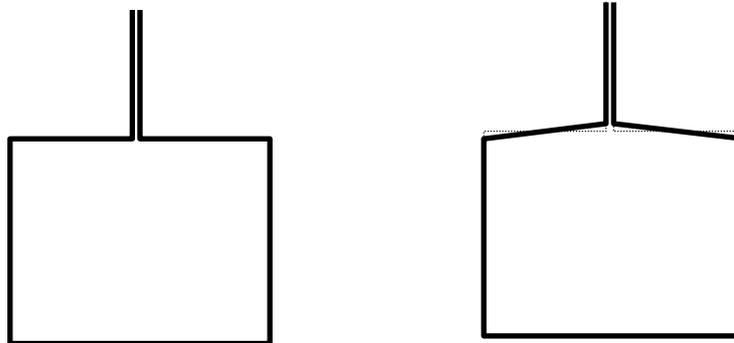
Cette méthode a l'avantage de délimiter une zone de mise en charge et de quantifier cette charge. Cependant, elle ne représente pas correctement l'influence de cette mise en charge sur l'écoulement amont, car elle néglige les phénomènes d'onde dynamique qui s'ensuivent. La zone de mise en charge et l'écoulement à surface libre la précédant ne sont donc pas exactement simulés. En revanche, cette méthode permet de simuler des phénomènes de mise en charge provenant d'une forte influence aval même si le débit transitant dans le tronçon est inférieur au débit capable.

La largeur de la fente peut également être choisie de façon à représenter les stockages supplémentaires susceptibles de se produire dans les parties non représentées du réseau (conduites tertiaires, branchements, cheminées, etc.).

Détail des calculs

L'écran paramètres Barré de Saint Venant permet de choisir la largeur de la fente.

Pour éviter une modification brutale de la valeur du rayon hydraulique lors du passage surface libre - charge, en particulier dans le cas où la voûte est très plate, la forme de la conduite peut être modifiée automatiquement. Le traitement permet un passage progressif de la largeur maximum de la surface libre à la largeur de la fente. Le pourcentage de la hauteur sur lequel s'applique ce lissage est également paramétrable.



pour en savoir plus : Charge (écoulement en)

3.4.1.4. Traitement des débordements

CANOE permet d'associer des points de débordement à la totalité ou à une partie des nœuds seulement. Si un nœud est défini comme point de débordement, la ligne d'eau ne pourra pas dépasser une cote maximum (cote de débordement), par défaut égale à la cote du sol. Les volumes débordés peuvent être en totalité ou en partie réinjectés dans le réseau.

A défaut de particularités constructives (tampons étanches fixés), il est préférable de mettre des points de débordements au moins aux nœuds où la cote de la ligne d'eau dépasse la cote sol de façon à bien représenter l'effet d'écèlement du débit à l'aval dû aux débordements.

3.4.1.5. Limites et précautions d'emploi

Les équations utilisées correspondent à des écoulements unidimensionnels. Ceci suppose donc :

- que l'écoulement se fasse le long d'une direction privilégiée x ;
- que les caractéristiques de ces écoulements puissent être considérées comme correctement approchées par leurs valeurs moyennes dans une section droite orthogonale à x .

En particulier, la vitesse considérée est une vitesse moyenne débitante, telle que l'on puisse écrire : $Q = V.S$, et la hauteur transversale est supposée constante sur la largeur de la surface libre. Il n'est donc pas possible de tenir compte de surélévation intrados-extrados dans les coudes, ce qui exclut, en toute rigueur, de simuler les écoulements dans des tronçons présentant des courbures importantes.

Une hypothèse importante sous-jacente à l'unidimensionnalité réside dans la répartition hydrostatique des pressions. Ceci suppose qu'il n'y a pas de composante verticale de la vitesse et donc qu'il n'y a pas de surélévation brutale de la ligne d'eau ou des fonds.

Utiliser ces équations en dehors de leur champ normal d'application, par exemple pour traiter de la propagation d'ondes associées à des manœuvres brusques, telles que des lâchures de barrage, des ouvertures rapides de vannes, etc. ou pour simuler des ouvrages dans lesquels les hypothèses d'unidimensionnalité de l'écoulement ne sont pas vérifiées peut donc conduire à des résultats très éloignés de la réalité.

3.4.2. Simulation des confluences et des défluences

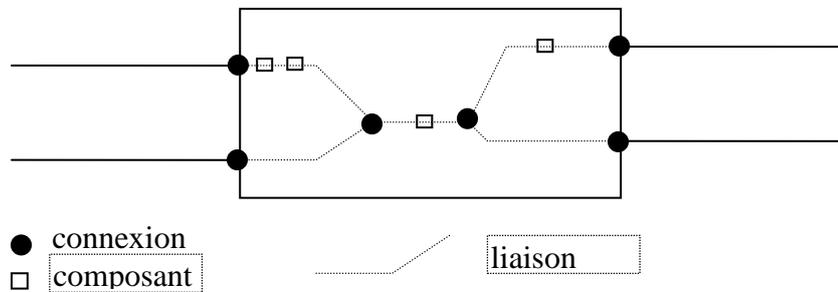
Pour le modèle de Barré de Saint Venant, le sens de l'écoulement est conventionnel (le débit et la vitesse peuvent être indifféremment négatifs ou positifs). La distinction entre confluence et défluence n'a donc aucun sens et le modèle utilise les mêmes équations :

- équations de conservation (somme des débits entrant = somme des débits sortant)
- égalité des hauteurs d'eau dans les différentes branches.

3.4.3. Simulation des bassins de retenue

Dans CANOE, un bassin de retenue est un ouvrage surfacique permettant de connecter différents éléments du réseau, mais se distinguant des tronçons par le fait qu'ils peuvent avoir plusieurs nœuds amont et plusieurs nœuds aval.

Schématiquement, un bassin de retenue peut-être représenté par une boîte. A l'intérieur de cette boîte, sont positionnées les connexions, des liaisons entre ces points de connexion et des composants situés sur ces liaisons.



Les liaisons représentent les différents flux à l'intérieur de l'ouvrage. Les liaisons vont d'un point de connexion à un autre.

Un bassin de retenue n'est pas forcément orienté. Ceci signifie qu'un même nœud peut être à la fois amont et aval et que le sens d'écoulement dans le bassin est susceptible de s'inverser. A un instant donné, en l'absence de composant modifiant les caractéristiques de l'écoulement, le sens d'écoulement est défini en fonction des hauteurs d'eau respectives dans le réseau et dans le bassin.

Les composants sont les mêmes que ceux utilisables pour les ouvrages spéciaux (voir §3.4.4.2.).

3.4.4. Simulation des ouvrages spéciaux

Les hypothèses du modèle de Barré de Saint Venant ne s'appliquent que sur les parties courantes du réseau. Les singularités doivent donc être modélisées à l'aide de modèles complémentaires, compatibles avec le modèle de base. Ces modèles spécifiques doivent utiliser les mêmes grandeurs que le modèle de base, c'est-à-dire les couples hauteur-débit. Ils reposent sur une description simplifiée de la géométrie des ouvrages spéciaux.

Dans la plupart des cas, c'est la représentation (géométrique et hydraulique) de ces ouvrages qui limite les performances du modèle de simulation hydraulique (risques d'instabilité et imprécisions des résultats). La description des ouvrages spéciaux doit donc être conduite avec beaucoup d'attention.

Voir à ce sujet le chapitre sur la modélisation des ouvrages spéciaux (§3.7).

3.4.4.1. Principes généraux de description

Un ouvrage spécial est un ouvrage ponctuel ou considéré ponctuel affectant le fonctionnement hydrologique ou hydraulique du réseau.

Comme un bassin de retenue, un ouvrage spécial peut schématiquement être représenté par une boîte où sont positionnées des connexions, des liaisons entre ces points de connexion et des composants situés sur ces liaisons.

Les liaisons représentent les différents flux à l'intérieur de l'ouvrage. Les liaisons vont d'un point de connexion à un autre.

Les composants sont des éléments modifiant le comportement hydraulique de l'ouvrage. Ces composants sont à placer sur les liaisons.

3.4.4.2. Composants élémentaires utilisables

Les composants élémentaires utilisables sont les suivants :

3.4.4.2.1. *Composants structurels*

- chambre
- décrochement de radier (chute ou marche)
- grille
- orifice ou clapet
- étranglement
- rétrécissement
- seuil
- siphons
- station de pompage ou de relèvement
- régulateur

3.4.4.2.2. *Composants fonctionnels*

- débit imposé
- hauteur imposée
- pertes de charge singulière
- limiteur de débit

3.4.5. Déversoir latéral (non disponible dans CANOE^{LT})

Au sens de CANOE, un déversoir latéral est un ouvrage linéaire assimilable à une conduite de faible longueur associée à une succession de départs latéraux (voir schéma ci dessous).

Sur le plan du calcul hydraulique, CANOE utilise les hypothèses suivantes :

- un seuil de déversoir d'orage latéral est traité comme une succession de n seuils.
- sur un seuil donné, la ligne d'eau est horizontale (la hauteur d'eau est constante), elle varie d'un seuil à l'autre.
- le mode de calcul du débit déversé sur un seuil est le même que pour un seuil frontal.

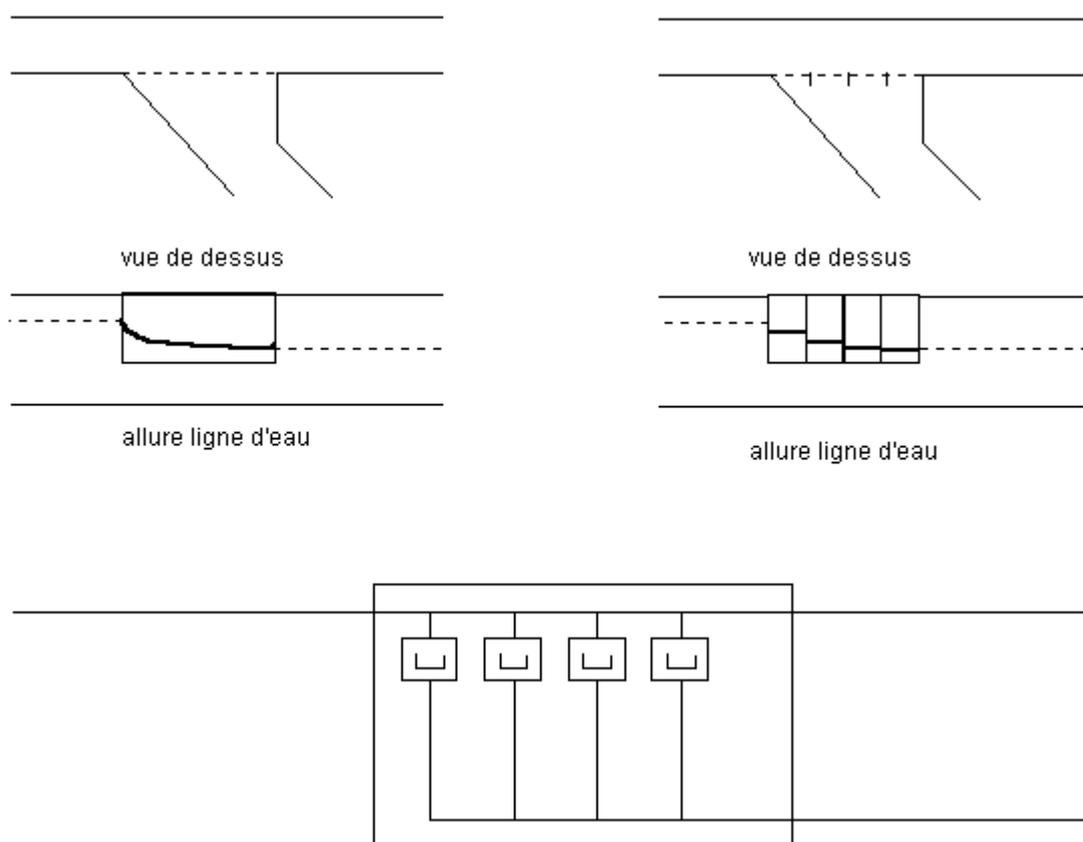


Schéma du modèle

Chacun des seuils élémentaires est découpé en petits seuils frontaux. Le nombre total de seuils frontaux est limité à 20. Le découpage n'a lieu que si la longueur de crête est supérieure à 1 mètre. Pour des seuils de longueur inférieure à 1 mètre, il est donc inutile de saisir un déversoir latéral.

3.4.6. Point de contrôle (non disponible dans CANOE^{LT})

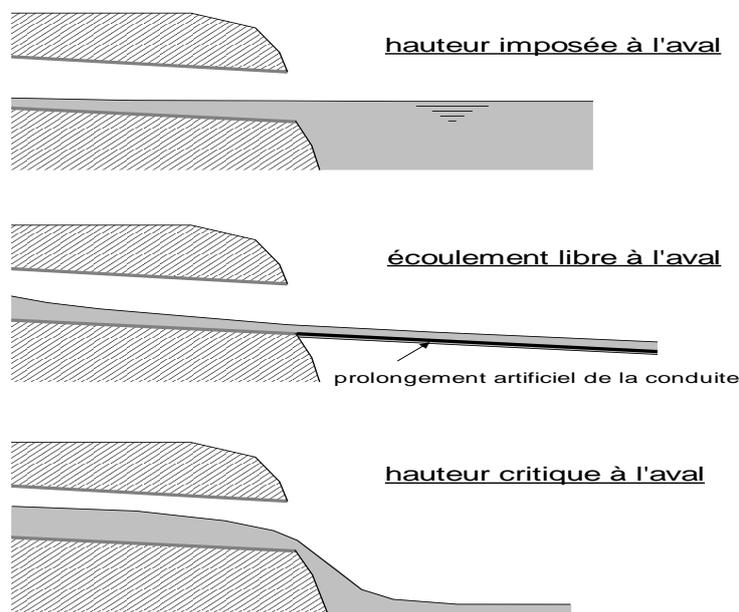
Un point de contrôle (capteur) est un point de mesure sur lequel on essaiera de réaliser une consigne en agissant sur un régulateur situé en un autre point du réseau.

Un point de contrôle est rattaché à un nœud. Ce nœud ne doit être affecté d'aucun ouvrage, chute ou seuil. Le point de contrôle doit être obligatoirement défini avant la saisie du composant régulateur auquel il sera associé.

3.4.7. Exutoire

CANOE permet de représenter différents types d'exutoires :

- exutoire à hauteur imposée à l'aval (définie par histogramme) ;
- exutoire à écoulement libre à l'aval (hauteur normale) ;
- exutoire à hauteur critique imposée à l'aval.



Dans le cas d'une hauteur imposée, l'historique correspondant doit être défini par pas de temps. Si la hauteur imposée est supérieure à la charge hydraulique dans le réseau, l'eau pénétrera dans le réseau par l'exutoire.

Dans le cas d'un exutoire à écoulement libre à l'aval, on suppose que l'on retrouve, après l'exutoire, les conditions d'un régime permanent uniforme correspondant à la pente du tronçon immédiatement à l'amont de l'exutoire. Il est donc indispensable que la pente de ce tronçon soit strictement positive.

Dans le cas d'une hauteur critique imposée, le logiciel crée un seuil et une chute juste sur l'exutoire.

3.5. Simulation qualité (non disponible dans CANOE^{LT})

3.5.1. Considérations générales sur la pollution de temps de pluie

Les principes généraux utilisés pour la modélisation reposent essentiellement sur des données issues de plusieurs campagnes de mesures menées en France entre 1987 et 1992 dans le cadre du programme de recherche sur les solides en réseaux d'assainissement et de la base de données développée au CERGRENE.

pour en savoir plus : Pollution des rejets urbains de temps de pluie

3.5.2. Principes généraux de la modélisation et vocabulaire

Le module qualité de CANOE a été construit en s'appuyant sur le fait qu'une grande partie des produits polluants transportés en temps de pluie dans les réseaux d'assainissement sont fixés sur les particules solides de petites dimensions et que le mode de transport principal des polluants en réseau est la suspension.

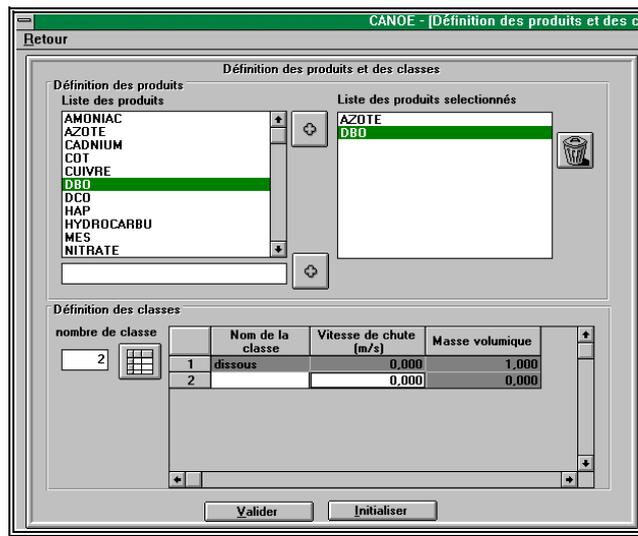
Sept principes de base ont été appliqués :

1. Les produits polluants sont associés à des particules définies par leur classe granulométrique ; les polluants dissous sont traités de la même manière que les polluants associés aux particules non décantables (vitesse de chute nulle).
2. L'association d'un produit polluant et d'une classe granulométrique constitue une espèce chimique (par exemple de la DCO fixée sur des particules de diamètre médian 50 µm ou de l'azote sous forme dissoute).
3. Le nombre d'espèces chimiques prises en compte est égal au produit du nombre de produits polluants par le nombre de classes granulométriques ; il n'est pas limité de façon arbitraire par le logiciel, cependant les contraintes techniques (temps de calcul et taille mémoire) risquent de limiter sa valeur.
4. Le logiciel gère indépendamment chacune des espèces chimiques ; les phénomènes susceptibles d'être pris en compte sont la convection, les échanges avec le fond (décantation et reprise) et éventuellement des réactions du premier ordre en espèces différentes ; le charriage n'est pas pris en compte.
5. Le comportement d'une espèce vis à vis des phénomènes de dépôt et de reprise dans un tronçon est régi par l'action combinée d'une vitesse de chute constante associée à la classe granulométrique et par celle des conditions locales de turbulence (générées par le module hydraulique) ; Ce comportement est indépendant de la concentration.
6. Les ouvrages spéciaux n'affectent pas les concentrations, sauf les bassins de retenue (qui peuvent être traités comme des tronçons).
7. Les conditions aux limites à fournir sont les pollutogrammes en concentration pour chacune des espèces chimiques à chacun des points d'entrée, les masses initiales disponibles au fond ainsi que les concentrations initiales, par espèces chimiques, dans chacun des tronçons ; le logiciel est susceptible de générer ces conditions aux limites automatiquement en utilisant différentes méthodes ; leur définition manuelle est également possible.

3.5.2.1. Définition des produits et des classes

La définition des produits et des classes constitue la première étape de la saisie des paramètres.

Elle utilise l'écran suivant :



La liste des produits doit être faite à partir d'une liste type qui peut être complétée ou modifiée à tout moment.

Les particules sont réparties en classes de vitesses de chute. A chaque classe est associée une vitesse moyenne de chute des particules (sur lesquelles se fixent les produits).

Il faut choisir le nombre de classes (la classe 0 ayant une vitesse de chute nulle et représentant les éléments dissous existe par défaut) et associer une vitesse de chute (en m/h) à chacune.

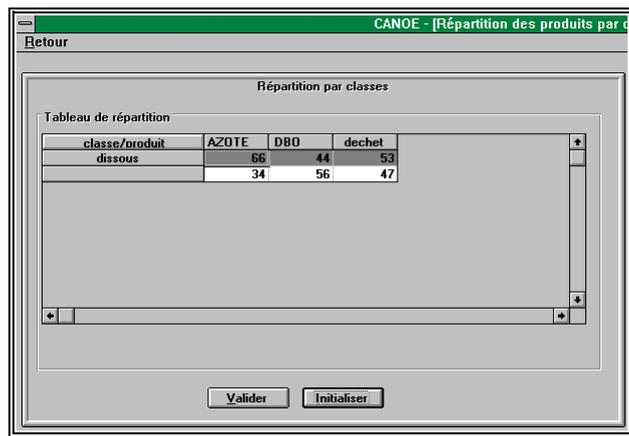
Le nombre de produits ou de classes de vitesse de chute n'est pas limité a priori. Il faut cependant tenir compte du fait que le nombre d'espèces se calcule par la relation :

$$\text{nombre d'espèces} = \text{nombre de produits} \times \text{nombre de classes} \times 2 - 1$$

Le temps de calcul est sensiblement proportionnel au nombre d'espèces.

3.5.2.2. Répartition des produits par classe

La deuxième étape consiste à répartir les produits par classe de vitesse de chute. Cette étape suppose que les produits restent suffisamment longtemps en contact avec les particules pour qu'un équilibre puisse s'établir. D'autre part la répartition est supposée rester la même partout dans le système d'assainissement, sauf si l'on prévoit explicitement des relations d'échange entre espèces.



Les tableaux suivants, extraits de la bibliographie récente, donnent des indications sur les valeurs possibles des répartitions par classe. Ils sont très disparates et assez difficiles à utiliser. Dans les années à venir, les données relatives à cet aspect vont probablement s'enrichir de façon importante. En tout état de cause, si des mesures sont prévues pour caler le modèle de qualité, il est préférable de demander les répartitions par classe de vitesse de chute plutôt que par classe granulométrique.

classe granulométrique	< 50 μm	50 μm < < 400 μm	400 μm < < 1600 μm
canalisations BV13	4.3	41.2	-
coll. amont BV13	3.7	130	433
collecteur 13	7.4	120	341
émissaire	8.9	130	401

Exemple de valeurs de V50 correspondant à 3 classes granulométriques, mesurées à Marseille (V50 valeur médiane de vitesse de chute : 50% des particules en masse vont plus vite, 50% vont moins vite) (Vitesse en m/h).

< 50	50 - 160	160 - 400	400 - 1600	> 1600
7,4	66	165	341	936

Valeurs de V50, découpage en 5 classes granulométriques (Vitesse en m/h, tailles des particules en μm).

	DCO	DBO	NTK	Hydrocarbures	Plomb
> 250 μm	28%	28%	26%	69%	13%
50-250 μm	4%	20%	58%	4%	34%
< 50 μm	68%	52%	16%	27%	53%

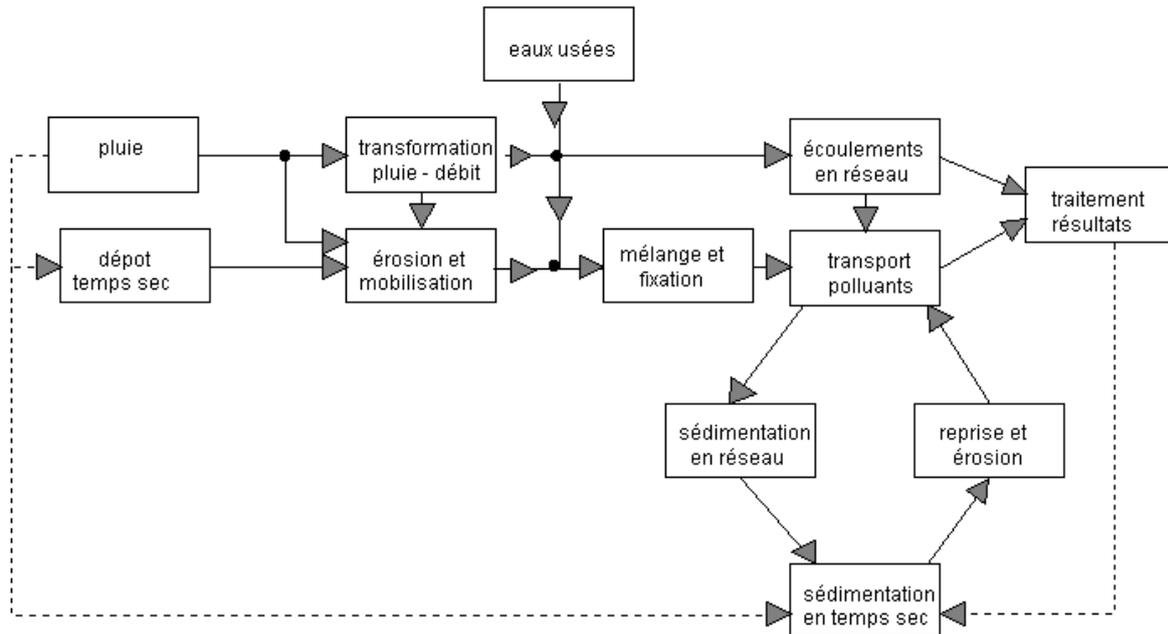
Exemple de répartition des produits polluants en fonction des classes granulométriques

Vs(m/h)	DCO	Phosphore
0,7 à 1,4	0	8
1,4 à 2,5	58	73
2,5 à 3,4	12	9
3,4 à 9,7	19	9
9,7 à 32,4	11	4

Exemple de répartition des produits polluants en fonction de la vitesse de chute.

3.5.3. Organisation générale du modèle

Sur le plan informatique, l'organisation générale du modèle est conforme au schéma suivant :



Ce schéma fait apparaître 12 modules élémentaires représentant les différents étapes du cycle de l'eau et des polluants dans le système d'assainissement.

Le calcul peut être fait :

- [1] pour un événement particulier,
- [2] pour une collection d'événements particuliers (différents événements sans lien entre eux),
- [3] pour une série chronologique d'événements.

Les résultats obtenus sont les suivants :

- masse totale rejetée par événement et par exutoire, pollutogramme en flux et en concentration par exutoire (cas [1] et [2]) ;
- masse totale rejetée pendant une période donnée (cas [3]) ;
- masse totale rejetée pendant une durée donnée pour une période de retour donnée (cas [3]).

Les calculs peuvent être effectués avec différents modèles, plus ou moins compliqués, et nécessitant un nombre de données plus ou moins important. Dans les options les plus détaillées, les 12 modules du schéma précédent sont traités de façon séparée. Dans les options plus simples, ils sont regroupés et font l'objet d'un traitement global.

Dans tous les cas, le calcul fait cependant toujours apparaître quatre étapes successives :

- sélection des pluies en entrée ;
- production des débits et des flux polluants ;
- transfert des débits et des flux polluants ;
- analyse des résultats.

3.5.4. Sélection des pluies en entrée

Le choix des pluies constitue probablement l'un des points clés de la simulation. Deux choix sont possibles : simuler une pluie isolée ou simuler une chronique de pluies.

3.5.4.1. Simulation d'une pluie isolée

La simulation d'une pluie isolée permet d'obtenir des informations détaillées sur l'évolution en tous points des concentrations et des débits massiques. La pluie choisie peut être une pluie réelle observée (en particulier cas du calage) ou une pluie de projet. Dans ce dernier cas, il est cependant délicat d'associer aux résultats (masse totale rejetée par exemple) la même période de retour que celle associée à la pluie. En effet, les modèles de pluie de projet utilisables dans CANOE (pluies double triangle) ont été construits dans un objectif de simulation hydraulique et non de simulation qualité. Il est particulièrement déconseillé d'utiliser une pluie de projet de très faible période de retour (moins d'un an) pour évaluer la masse rejetée (ou tout autre paramètre de pollution) correspondant à la même période de retour. L'analyse statistique des résultats produits par les différentes pluies observées sur une durée donnée donnera des résultats beaucoup plus fiables (voir § 3.5.4.2.).

3.5.4.2. Simulation d'une chronique de pluies

La simulation d'une chronique regroupant toutes les pluies significatives observées sur une durée d'une année (ou davantage) constitue la démarche la plus pertinente pour une étude qualité. Elle permet en effet de tenir compte de l'ensemble des caractéristiques de la pluviométrie (hauteur totale précipitée, intensité maximum, forme des hyétogrammes, horaire des pluies, durée de temps sec antécédente, période de l'année, etc.). CANOE permet une exploitation statistique simple des résultats obtenus, autorisant le calcul des grandeurs jugées significatives (par exemple masse rejetée en un point donné, associée à une période de retour particulière).

3.5.5. Production des débits et des flux polluants

La production des flux polluants se fait sur des bassins versants dont la surface est quelconque. Cependant, dans la plus grande partie des cas, cette surface est de l'ordre de plusieurs dizaines d'hectares. Ceci signifie que ces bassins versants sont dotés d'un réseau d'assainissement interne. Evaluer les flux polluants produits par un bassin versant donné pour une pluie donnée implique donc de représenter les phénomènes se produisant à la surface du sol (accumulation et reprise), mais également ceux qui se produisent à l'intérieur du réseau d'assainissement (non représenté en tant que tel) interne au bassin versant.

Différentes options sont possibles. Pour une simulation donnée, l'option de calcul est obligatoirement la même pour tous les indicateurs. Selon les cas, le calcul de la transformation pluie-débit se fait soit avant, soit en même temps que le calcul de la production de polluant. Les options proposées sont classées par ordre de complexité croissante.

3.5.5.1. Injection directe d'hydrogramme et de pollutogramme en concentration

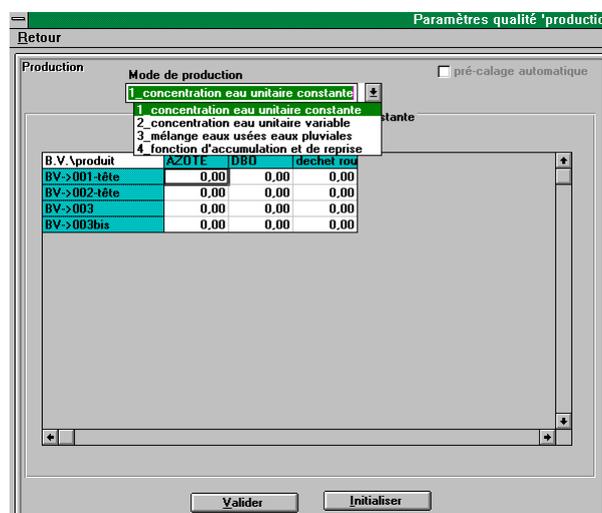
L'hydrogramme ainsi que le (ou les) pollutogramme(s) en concentration sont supposés connus pour chaque bassin versant. Ils résultent soit de mesures, soit d'une modélisation externe.

La démarche à utiliser est simple : on saisit les différents pollutogrammes, on les associe à un hydrogramme. Lorsque l'on affecte l'hydrogramme à un point d'injection (méthode identique à la saisie et à l'affectation des hydrogrammes utilisée pour la simulation hydraulique), les pollutogrammes associés sont également injectés. Il est impératif que le nom de produit associé au pollutogramme existe dans la liste des produits définis précédemment (Cf. paragraphe 3.5.2).

Nota : Cette méthode n'est pas alternative aux suivantes, elle peut être utilisée en même temps que n'importe quelle autre méthode.

3.5.5.2. Concentration eau unitaire constante

Il s'agit du mode de production le plus simple. La concentration est la même pendant tout l'événement pluvieux ; elle ne varie pas d'un événement pluvieux à l'autre. En revanche, elle peut être différente selon les bassins versants. Il faut donc fournir la concentration pour chaque produit et pour chaque bassin versant.



Le tableau suivant fournit quelques indications pour le choix des valeurs.

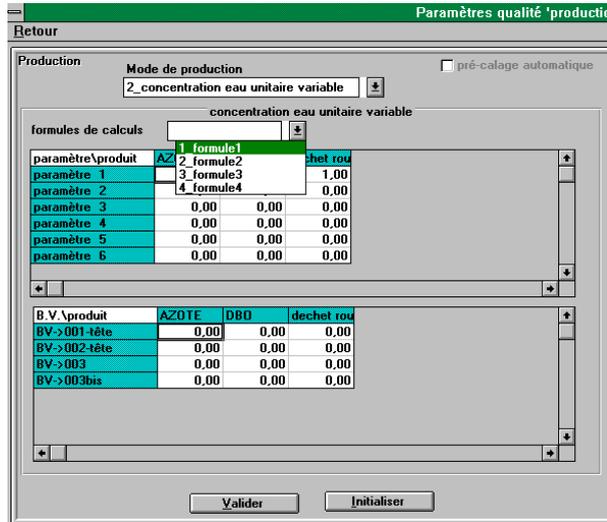
nature du polluant	séparatif strict	séparatif pollué	unitaire
MES	645 à 3800	780 à 2500	740 à 1800
DCO	500 à 1500	900 à 2700	840 à 1100
DBO ₅	50 à 750	250 à 820	250 à 480

Fourchette de concentration (mg/l) pendant une pluie selon la nature du réseau

Le calcul est fait de façon simple : on calcule l'hydrogramme à l'exutoire de chaque bassin versant, on en déduit les pollutogrammes en débit massique en multipliant à chaque pas de temps le débit par la concentration correspondante.

Nota : pour un indicateur donné, la concentration aux différents points de rejet ne dépend que du rapport de mélange de l'eau provenant des différents bassins versants. Elle peut varier au cours du temps si les concentrations sont différentes sur chaque bassin versant.

3.5.5.3. Concentration eau unitaire variable d'une pluie à une autre



La concentration de l'eau unitaire est supposée constante pour une pluie donnée pendant toute sa durée ; elle peut varier d'un événement à un autre ; elle est définie par une formule d'ajustement. Différentes formules d'ajustement sont proposées (voir plus bas). La forme générale de la formule est cependant obligatoirement la même pour tous les produits.

Les coefficients d'ajustement sont les mêmes pour tous les bassins versants. Pour permettre de différencier la concentration par bassin versant, on affecte à chacun un coefficient dit d'ajustement (par défaut = 1) qui permet de corriger la concentration calculée en la multipliant pour le bassin et le produit considérés par cette valeur.

Actuellement trois types de formules sont proposées :

3.5.5.3.1. Modèle de Servat :

$$Me = K.(M0 + Ka.Dts)^a .I_{max5}^b .Vr^c$$

$$C = \frac{Me}{Vr} = K.(M0 + Ka.Dts)^a .I_{max5}^b .Vr^{(c-1)}$$

- avec - C : concentration recherchée (mg/l) ;
- Me : masse entraînée (kg) ;
- Vr : volume ruisselé (m³) ;
- Dts : durée de temps sec (j) ;
- I_{max5} : intensité maximum en 5 minutes (mm/h) ;
- M0 : masse initiale disponible (kg/ha) ;
- Ka : facteur d'accumulation (kg/j/ha) ;
- K, a, b, c : coefficients numériques à caler.

Nota : Ka×Dts représente la masse accumulée par hectare pendant la durée de temps sec ; Me = M0 + Ka.Dts représente la masse totale disponible par hectare ; C.Vr représente la masse totale emportée qui doit être inférieure ou égale à la masse totale disponible. On doit donc vérifier la relation : C ≤ S×(M0+Ka.Dts) / Vr.

- S : surface du bassin versant (ha)

Les valeurs par défaut possibles sont les suivantes :

$$M0 = 0$$

Ka = 25 kg/j/ha	zone résidentielle dense
Ka = 6 kg/j/ha	zone résidentielle discontinue
Ka = 25 kg/j/ha	zone commerciale
Ka = 25 kg/j/ha	zone industrielle (FLUPOL)

3.5.5.3.2. *Modèle de Driver et Troutman type 1*

$$Me = K.Ht^a.A^b.D^c$$

$$C = Me / Vr$$

avec	- C	:	concentration recherchée (mg/l) ;
	- Me	:	masse entraînée (kg) ;
	- Vr	:	volume ruisselé (m ³) ;
	- Ht	:	hauteur totale de pluie (mm) ;
	- A	:	surface du bassin versant (km ²) ;
	- D	:	durée de la pluie (mn) ;
	- K, a, b, c:	:	coefficients numériques à caler.

3.5.5.3.3. *Modèle type Cedre :*

$$C = K.Dts^a.Ht^b.I_{max}^c$$

avec	- C	:	concentration recherchée (mg/l) ;
	- Dts	:	durée de temps sec (j) ;
	- Ht	:	Hauteur totale précipitée (mm) ;
	- I _{max}	:	intensité maximum (mm/h) ;
	- K, a, b, c:	:	coefficients numériques à caler.

3.5.5.3.4. *Organisation des calculs*

Quel que soit le modèle choisi, le calcul se fait en deux étapes successives :

étape 1 : calage des lois : cette étape sera préalable à la simulation proprement dite, elle consistera à choisir une loi reliant la concentration aux paramètres jugés représentatifs (durée de temps sec, saison, intensité maximum, hauteur totale, etc.), puis, soit à calculer les paramètres permettant un ajustement optimum de cette loi à partir de mesures locales, soit à les choisir a priori à partir des informations relatives au bassin versant.

étape 2 : calcul pour chaque pluie : On calcule l'hydrogramme à l'exutoire de chaque bassin versant, on en déduit le pollutogramme en débit massique en multipliant à chaque pas de temps le débit par la concentration constante.

Nota : Pour un événement donné, la concentration aux différents points de rejets ne dépend que du rapport de mélange de l'eau provenant des différents bassins versants. Elle peut varier d'un événement à l'autre. Cette option n'est donc intéressante à utiliser que si l'on veut simuler plusieurs événements pluvieux (cas [2] simulation d'une collection d'événements particuliers ou cas [3] simulation d'une série chronologique d'événements.

3.5.5.4. Mélange eau usée-eau pluviale

Dans ce mode de production, on distingue les eaux usées et les eaux pluviales qui font l'objet d'un calcul séparé.

Pour les eaux usées, la concentration peut être supposée constante ou varier selon l'heure de la journée. Dans ce cas, les plages horaires sont déterminées par leur heure de fin. L'heure de début de chaque plage est l'heure de fin de la plage précédente. Les concentrations eaux usées sont saisies par plage horaire et par produit.

La concentration de l'eau pluviale est obligatoirement constante pendant un événement, elle peut être constante ou variable d'un événement à l'autre. Si elle est variable, on procède comme pour les eaux unitaires variables, en sélectionnant la formule de calcul et en saisissant les paramètres de cette formule pour chacun des produits et pour tous les bassins versants et les paramètres d'ajustement par produit et par bassin versant. Les formules utilisables ainsi que les conditions de leur utilisation sont les mêmes que précédemment.

Pour effectuer la simulation, on calcule d'abord les hydrogrammes d'eau usée et d'eau pluviale à l'exutoire de chaque bassin versant, on en déduit les pollutogrammes d'eau usée et d'eau pluviale en débit massique en multipliant à chaque pas de temps le débit par la concentration correspondante. Le pollutogramme en débit massique de l'eau unitaire est obtenu en sommant les deux pollutogrammes précédents.

Nota : La concentration aux différents exutoires de bassins versants dépend du rapport de mélange entre l'eau usée et l'eau pluviale (et éventuellement de la valeur variable de la concentration de l'eau usée). La concentration des effluents rejetés va donc varier au cours du temps. Cette option est utile pour les indicateurs pour lesquels la concentration est nettement plus forte dans les eaux usées que dans les eaux pluviales (pollution bactérienne et dans une moindre mesure DBO). Elle doit cependant être utilisée avec précaution car les concentrations réelles de l'eau pluviales ne sont pas directement mesurables dans un réseau unitaire, et le modèle ne peut être calé que sur des valeurs issues d'un calcul de concentration de la forme :

$$C_{EP} = \frac{C_{moyen} \times Q_{total} - C_{EU} \times Q_{EU}}{Q_{total} - Q_{EU}}$$

Or en plus des incertitudes sur la mesure de Q_{total} et C_{moyen} , on rajoute celles sur les valeurs de Q_{EU} et C_{EU} qui doivent être estimées (par exemple en choisissant les valeurs mesurées à la même heure un jour de temps sec). L'incertitude finale est donc très importante.

3.5.5.5. Fonctions d'accumulation et de reprise

Les principes retenus pour la modélisation supposent que la concentration de l'eau unitaire résulte :

- de phénomènes d'accumulation se produisant pendant la période sèche précédant la pluie, d'une part sur la surface du bassin versant et d'autre part dans le réseau de surface et souterrain qui le draine¹ ;
- de phénomènes de reprise (lessivage, entraînement, érosion éventuelle) qui se produisent pendant la pluie ;
- du mélange de l'eau de ruissellement avec l'eau usée.

La définition des concentrations pour l'eau usée est faite comme dans le cas précédent (valeur constante ou variable selon l'heure de la journée).

Le modèle propose différentes formules d'accumulation et 7d'érosion dont les paramètres devront être définis par bassins versants.

pour en savoir plus : Transport solide

La méthode de simulation est la suivante : Sur chaque bassin versant, on calcule la masse accumulée pendant la période de temps sec qui a précédé la pluie ; puis on calcule en même temps, pas de temps par pas de temps, l'hydrogramme et les pollutogrammes en débit massique d'eau pluviale à l'exutoire de chaque bassin versant ; on en déduit les pollutogrammes en débit massique de l'eau unitaire en rajoutant le pollutogramme de l'eau usée (calculé comme précédemment).

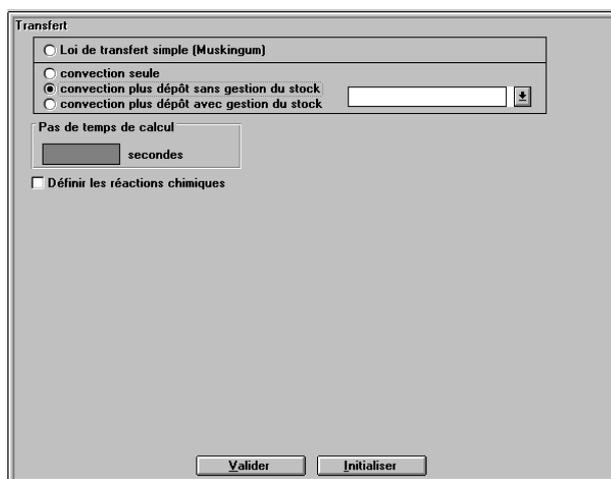
Nota : Il s'agit du modèle le plus complet, mais également le plus délicat à caler.

¹ En général, le bassin versant contient un système souterrain d'assainissement

3.5.6. Transfert des débits et des flux polluants ;

L'objet de cette étape est de représenter le transfert des flux de polluants dans le réseau. Deux éléments importants doivent être notés :

- la masse sortant peut être différente (voire très différente) de la masse entrant (inférieure ou supérieure), car des phénomènes de dépôt ou au contraire d'érosion peuvent se produire dans le système d'assainissement ; les risques d'erreurs sont donc beaucoup plus importants que dans le cas de l'hydraulique ;
- le modèle de transfert de la pollution ne peut pas être choisi indépendamment du modèle hydraulique, même si les deux étapes de simulation sont effectuées successivement.



Comme pour la production, le modèle est doté de différentes options de calcul, plus ou moins compliquées à caler et à utiliser. Ces options sont présentées ici par ordre de complexité croissante.

pour en savoir plus : Transport solide

3.5.6.1. Transport par loi de transfert simple

3.5.6.1.1. Principes du calcul

La concentration de l'eau unitaire est supposée invariable au cours du transfert dans les différents éléments constituant le système d'assainissement, sauf lors de la traversée de certains ouvrages spécifiques, qualifiés d'ouvrages de traitement. Pour ces derniers, on doit fournir en donnée un rendement de dépollution par polluant, éventuellement fonction du débit ou d'une autre grandeur (par exemple temps moyen de séjour dans un bassin de retenue). La concentration est cependant modifiée aux nœuds où arrivent plusieurs tronçons du fait du mélange d'effluents différents.

Le calcul consiste à propager les hydrogrammes et les pollutogrammes dans le réseau par la méthode Muskingum. On propage un pollutogramme par espèce.

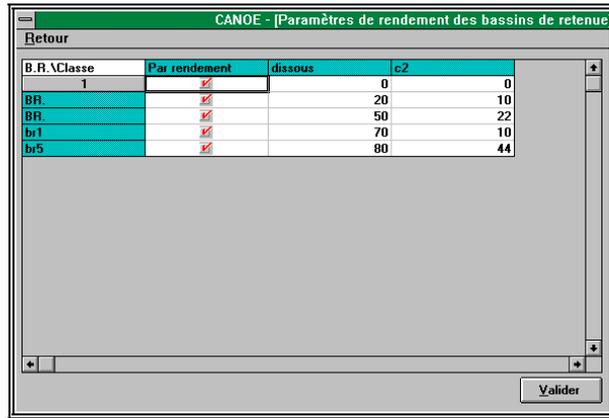
La concentration moyenne en un nœud est égale à la somme des masses arrivant en un nœud (tronçons amont + bassins versants + pollutogrammes injectés) divisée par la somme des volumes arrivant en ce nœud.

La concentration est la même dans tous les tronçons aval de ce nœud et égale à celle du nœud. Le débit massique à l'aval d'un tronçon est égal au débit massique à l'amont (pas de dépôt ni d'érosion dans le réseau).

3.5.6.1.2. Simulation des bassins de retenue

Il est possible de choisir entre plusieurs options pour la simulation simplifiée des bassins de retenue :

- utilisation d'un coefficient de rendement pour chaque polluant ;
- calcul des concentrations prenant en compte la décantation dans le bassin.



B.R. \Classe	Par rendement	dissous	c2
1	<input checked="" type="checkbox"/>		0
BR.	<input checked="" type="checkbox"/>		20
BR.	<input checked="" type="checkbox"/>		50
br1	<input checked="" type="checkbox"/>		70
br5	<input checked="" type="checkbox"/>		80

Si on choisit un traitement par rendement, les cases permettant d'entrer les coefficients de rendement pour chaque polluant sont accessibles.

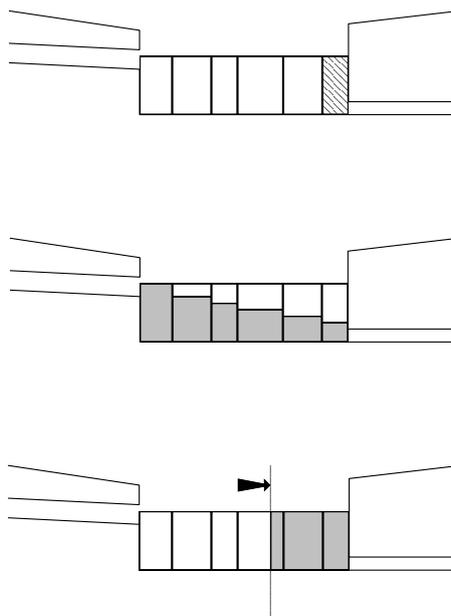
Dans le cas contraire, on suppose que les bassins de retenue jouent un rôle de décanteur. Le modèle choisi est le modèle de Hazen corrigé :

- chaque espèce décante à la vitesse de la classe de vitesse de chute à laquelle elle est associée ;
- la hauteur de chute moyenne d'une particule est égale à la vitesse de chute multipliée par le temps moyen de séjour dans le bassin ;
- la répartition des particules en entrée est homogène sur toute la hauteur du bassin ;
- toutes les particules qui atteignent le fond du bassin décantent.

pour en savoir plus : Décantation

La principale difficulté consiste à estimer le temps moyen pendant lequel une tranche particulière de débit sortant a séjourné dans le bassin ainsi que la hauteur d'eau moyenne pendant cette durée.

On travaille par tranche de débit et par pas de temps. Le principe utilisé est celui du premier entré - premier sorti ; ceci signifie qu'il n'y a pas de mélange dans le bassin de retenue. Le nombre de tranches est égal au nombre de pas de temps de calcul en entrée du bassin, les données rattachées à une tranche particulière de débit (indice, volume, concentration) sont celles du pas de temps correspondant en entrée dans le bassin.



Détail des calculs

La valeur initiale de pourcent (tranche, espèce) est égale à 100.

pour un pas de temps, on procède de la manière suivante :

étape 1 : calcul de la hauteur moyenne d'eau dans le bassin : haut

étape 2 : calcul du pourcentage de la masse de polluant non encore décantée à la fin du pas de temps pour chaque tranche de débit et chaque espèce : pourcent(tranche, espèce)

- Calcul de la hauteur du front de particules, par espèce, dans la tranche de débit en début du pas de temps :

$$\text{hauteur (tranche, espèce)} = \text{haut} * \text{pourcent(tranche, espèce)}$$

- calcul de la hauteur du front de particules en fin de pas de temps :

$$\text{hauteur(tranche, espèce)} = \text{hauteur(tranche, espèce)} - \text{Dt} * \text{Vitesse(espèce)}$$

$$\text{si hauteur(tranche, espèce)} < 0 \text{ alors hauteur(tranche, espèce)} = 0$$

- calcul du pourcentage résiduel de particules :

$$\text{pourcent (tranche, espèce)} = \text{hauteur(tranche, espèce)} / \text{haut}$$

étape 3 : recherche des tranches de débit sortantes, calcul de la concentration moyenne du débit à la sortie :

$$\text{volumesortant} = \text{débit sortant} * \text{Dt}$$

$$\text{volumesorti} = 0$$

$$\text{massesortie(espèce)} = 0 \quad (\text{pour toutes les espèces})$$

$$\text{tranche} = \text{tranchedébut}$$

```

tant que volume(tranche)+volumesorti < volume sortant alors

volumesorti=volumesorti+volume(tranche)

massesortie(espèce)=massesortie(espèce)+volumesorti*Concentration(tranche ,
espèce)*pourcent(tranche, espèce) (pour toutes les espèces)

tranche=tranche suivante(tranche+1)

fin tant que

massesortie(espèce)= massesortie(espèce)+ (volumesortant - volumesorti) *
Concentration(tranche, espèce) * pourcent(tranche, espèce) (pour toutes les espèces)

tranchedébut=tranche

volume(tranche)=volume(tranche) -(volumesortant - volumesorti)

Concentration en sortie(espèce)=massesortie(espèce)/volumesorti

```

Dans le cas d'une simulation utilisant la représentation des phénomènes de convection, les bassins de retenue doivent être modélisés par des conduites pour représenter correctement le stockage, la dilution et le dépôt des polluants.

3.5.6.2. Transport par convection - réaction

Cette option permet d'utiliser une description mécaniste des phénomènes de transport de particules. Sa mise en œuvre suppose que la simulation hydraulique soit effectuée par la méthode de Barré de Saint Venant.

On suppose que les polluants sont transportés dans la veine liquide à la même vitesse moyenne que le fluide (ce qui est exactement le cas des polluants dissous et approximativement le cas des particules solides transportées en suspension). Les autres hypothèses sont les suivantes :

- la concentration est suffisamment faible pour ne pas perturber l'écoulement ;
- la concentration peut s'exprimer sous la forme d'une concentration moyenne dans la section en travers qui est transportée à la vitesse moyenne de l'écoulement ;
- les réactions prises en compte sont uniquement des réactions d'ordre 1, correspondant soit à une décroissance naturelle (variation de la concentration proportionnelle à la concentration de la même grandeur), soit à une interaction entre 2 grandeurs (variation de la concentration d'une grandeur proportionnelle à la concentration d'une autre grandeur) ;
- les phénomènes de dépôt-reprise des particules solides sont assimilables à des réactions d'ordre 1. Dans ce cas, la valeur des termes de proportionnalité (K_0 et K_1) peut être fonction des conditions de l'écoulement.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = K_0 + K_1.C$$

avec

C : concentration ;
 K_0 et K_1 : paramètres de la dynamique ($K_0 + K_1.C > 0$ si reprise ;
 $K_0 + K_1.C < 0$ si dépôt)

Il est nécessaire de fixer la valeur des constantes intervenant dans la définition des paramètres des dynamiques d'ordre 0 ou 1 des réactions prises en compte.

Trois options de calcul sont disponibles.

3.5.6.2.1. *Convection seule*

Les polluants se déplacent d'amont en aval avec une vitesse moyenne égale à celle du courant. Il n'y a aucun échange avec le fond, ce qui implique que la masse sortante est égale à la masse entrante (si le temps de simulation est suffisant)

L'équation différentielle qui décrit la conservation de la masse totale d'un polluant transporté dans un écoulement unidimensionnel s'écrit :

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} = 0$$

Le rapprochement de cette équation avec l'équation de continuité liquide permet d'écrire l'équation de convection :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V \frac{\partial C}{\partial x} = 0$$

avec :

- x : distance longitudinale (variable indépendante) (m) ;
- t : temps (variable indépendante) (s) ;
- A : section mouillée (m²) ;
- Q : débit (m³/s) ;
- V : vitesse moyenne de l'écoulement = Q/A (m/s) ;
- C : concentration moyenne du polluant en suspension (mg/l ou g/m³).

L'équation de convection est discrétisée sur chacun des tronçons de calcul. Ces équations discrétisées sont résolues par la méthode de caractéristiques de Holly-Preissmann. Cette méthode présente de bonnes qualités de conservativité et minimise la diffusion numérique.

Une extension du schéma original de Holly-Preissmann permet le calcul sans contrainte de pas de temps Dt ou d'espace Dx. Les résultats sont cependant d'autant plus justes que le nombre adimensionnel de Courant : Ct=V. Dt/Dx est proche de 1.

Tous les ouvrages sont transparents pour la pollution. L'ouvrage est sans dimension ni stockage. Les débits et les concentrations sont égaux respectivement à l'amont immédiat et à l'aval immédiat d'un ouvrage.

Dans une confluence d'écoulements, on suppose que le mélange est parfait et instantané. Un bilan - masse des flux d'eau et de polluant - permet de calculer la concentration dans la branche aval.

Dans le cas d'une déflueuse, toutes les branches aval portent la même concentration.

Lors d'un débordement, le calcul ne prévoit pas le stockage de la masse de polluant qui sort du réseau. Dans le cas du retour dans le réseau d'une partie du volume débordé, la concentration de l'eau réinjectée est nulle.

Voir §3.5.8. pour des développements plus importants

3.5.6.2.2. *Convection plus dépôt sans gestion du stock*

Les polluants se déplacent d'amont en aval avec une vitesse moyenne égale à celle du courant. Ils peuvent se déposer ou/et être érodés par le flot.

Le type de fonctionnement (érosion ou dépôt) est régi par une relation entre la concentration moyenne en suspension des particules portant les polluants et la concentration maximum potentielle, laquelle dépend des conditions hydrauliques (essentiellement vitesse de l'eau).

Si la concentration moyenne dans l'écoulement est supérieure à la concentration maximum potentielle, les sédiments se déposent et la concentration diminue. La gestion de la masse des sédiments déposés n'est pas prise en compte (perte de matière).

Si la concentration en suspension dans l'écoulement est inférieure à la concentration maximum potentielle, soit la concentration de la veine fluide reste constante (pas d'érosion), soit la concentration croit, sans tenir compte du fait que le stock est nécessairement limité.

Voir §3.5.8. pour des développements plus importants

3.5.6.2.3. Convection plus dépôt avec gestion du stock

Dans ce cas, il y a prise en compte du stock de sédiment effectivement présent dans chacun des tronçons. En particulier, il est impossible d'éroder plus de matière qu'il n'y en a effectivement dans le tronçon.

Si une des options convection plus dépôt est sélectionnée, il faut choisir la formule de calcul permettant de calculer les flux déposés ou érodés, ainsi que les paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette formule.

Si l'option gestion du stock est choisie, il faut en plus fixer les valeurs initiales stockées dans chacun des tronçons du réseau :

- soit de façon manuelle, en utilisant l'écran suivant.

Cette fenêtre permet de définir les conditions initiales de flux et de stock dans le réseau au début de la simulation (d'un événement isolé ou d'une série chronologique).

- soit de façon semi-automatique (utilisation d'une formule).

Pour ceci, nous proposons d'utiliser le modèle de Laplace.

$$M = a.(1 - e^{-b.Dts})$$

avec :

M : masse déposée dans le réseau (kg/ml) ;

- Dts : durée de temps sec ou temps écoulé depuis le dernier curage (j) ;
 a, b : coefficients numériques à caler.

Voir le §3.5.8. pour des développements plus importants.

3.5.6.2.4. *Prise en compte des ouvrages*

Dans la version 1.7, aucun ouvrage spécial n'affecte les concentrations. Dans tous les cas, la concentration est la même à la sortie qu'en entrée.

Attention : Ceci est également vrai pour les bassins de retenue. Dans la version 1.7, la prise en compte de la décantation dans les bassins de retenue impose de représenter le bassin par une grosse conduite.

3.5.6.3. Utilisation de réactions chimiques

On appelle ici réaction tous les phénomènes physiques ou chimiques qui font varier la concentration du polluant indépendamment de la convection. L'équation différentielle qui décrit la concentration du polluant est complétée par un terme source/puits :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{S}{A} = 0$$

avec : S : flux source (par unité de longueur de conduite) ((g/s)/m).

Pour conserver toutes les qualités du schéma de Holly-Preissmann, le modèle résout séparément le système des équations qui décrit l'ensemble des réactions pour un point donné (méthode des pas fractionnaires).

3.5.6.3.1. *Classification des différents polluants*

On peut classer les différents polluants d'après leur comportement vis à vis de ces divers phénomènes :

- Polluant en convection uniquement. C'est un produit conservatif sous forme colloïdale ou dissoute (associé à la classe de vitesse de chute nulle). Il est quantifié par sa concentration (en mg/l).
- Polluant colloïdal et dissous en général. C'est un produit sous forme colloïdale ou dissoute qui subit une dégradation, une aggradation (croissance), ou qui réagit avec un autre polluant colloïdal, par exemple OD dans la réaction d'oxydation avec la DCO. Il est quantifié par sa concentration (en mg/l).
- Produit fixé à une classe de vitesse de chute non nulle, dans l'état «*En suspension*». Ce polluant est convecté et subit une dégradation régie par la loi d'échange décrite ci-dessous. Dans le cas où l'on tient compte du stock, le flux de dégradation de ce polluant est compté en flux d'aggradation pour le polluant qui représente la même espèce mais dans l'état «*Au sol*». Dans le cas où l'on ne tient pas compte du stock, l'espèce est non conservative et les dépôts éventuels sont «*oubliés*». Il est quantifié par sa concentration (en mg/l).
- Produit fixé à une classe de vitesse de chute non nulle, dans l'état «*Au sol*». Ce polluant n'est présent dans le calcul que si l'option «*Gestion du stock*» a été sélectionnée. Il échange avec le polluant de même espèce dans l'état «*En suspension*». Il est quantifié par la masse de polluants stocké par mètre de conduite (stock en kg/m). On ne prend pas en compte la variation de la géométrie de la section qui pourrait résulter de cette accumulation, ni du tassement ou de la consolidation éventuels. Ce type de polluant n'est pas transporté par l'écoulement. L'équation de convection n'est pas appliquée.

3.5.6.3.2. *Classification des différentes réactions*

Les réactions prises en compte sont de deux types :

- réaction d'ordre zéro ou du premier ordre entre espèces colloïdales. Réactions à coefficients constants définies par l'utilisateur.
- réaction de dépôt des polluants « pesants », c'est à dire de produits fixés à une classe de vitesse de chute non nulle.

Tout autre échange entre polluants ne pourra pas être calculé, en particulier, on exclut :

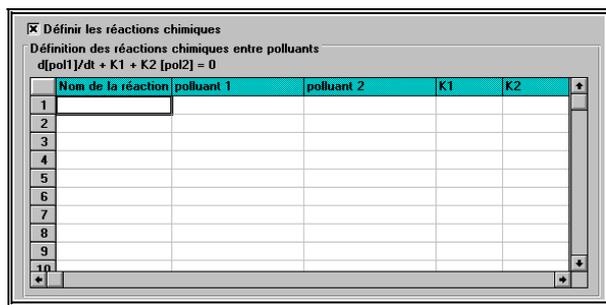
- les réactions biologiques ou chimiques mettant en jeu un produit fixé sur une classe de vitesse de chute non nulle.
- les transitions éventuelles entre les différentes classes de vitesse de chute (comme par exemple la formation de floes).

Les réactions sont décrites dans le logiciel par des relations de la forme :

$$\frac{\partial C}{\partial t} = K_0 + K_1.C$$

- avec C : concentration ;
 K₀ et K₁ : paramètres de la dynamique (K₀ + K₁.C > 0 si reprise ;
 K₀ + K₁.C < 0 si dépôt)

Les réactions sont définies dans un tableau (une par ligne). Pour chaque réaction, il faut donner le nom des deux polluants concernés, ainsi que les coefficients K₁ et K₂ de l'équation de réaction (cinétique du premier ordre rappelée sur l'écran de définition).



3.5.7. Détail des calculs dans le modèle de transport solide

3.5.7.1. Hypothèses et simplifications

On suppose que le seul mode de transport est la suspension. En particulier, il n'y a pas de transport par saltation ni charriage. Dans la direction de l'écoulement, les particules en suspension se déplacent à la même vitesse que les particules fluides.

On néglige pour le calcul de la convection les phénomènes de turbulence, c'est à dire les variations spatiales et temporelles (de petite échelle) de la vitesse autour d'une valeur moyenne. On considère aussi un écoulement moyen dans une section en travers, en négligeant les hétérogénéités de vitesse moyenne dans cette section. On néglige en particulier les effets de convection différentielle qui pourraient résulter de ces hétérogénéités.

Cette section en travers constitue dans le modèle mathématique un point de calcul dont les caractéristiques géométriques et de l'écoulement sont connues.

Dans la section en travers, on considère une concentration moyenne pour chacun des polluants en suspension et on prend éventuellement en compte la gestion du stock de la même espèce déposé au fond de la conduite.

Notations utilisées :

- z_f : cote du radier (m) ;
- y : cote de la surface libre (m) ;
- h : profondeur d'eau (égale à y - z_f) (m) ;
- A : section mouillée (m²) ;
- Q : débit (m³/s) ;
- V : la vitesse moyenne de l'écoulement (égale à Q/A) (m/s) ;
- B : largeur moyenne de la section mouillée (égale à dA/dh) (m) ;
- C : concentration moyenne du polluant en suspension (mg/l ou g/m³) ;
- M : stock déposé de la même espèce (kg/m).

3.5.7.2. Flux net échangé

Outre la convection, les sédiments en suspension sont soumis à deux effets contraires :

- Leur poids propre qui tend à les faire se déposer sur le fond de la conduite.
- Les effets de la turbulence et de l'agitation qui les maintiennent en suspension. Ces effets de turbulence sont aussi responsables de l'érosion éventuelle d'un dépôt existant.

Ces deux effets contraires se traduisent par des flux massiques entre le polluant en suspension et le polluant de même espèce présent au fond de la conduite (le stock).

Le flux net échangé entre ces deux polluants est égal à la différence entre le flux d'entraînement (ou de mise en suspension) et le flux de dépôt :

$$S = S_E - S_D$$

avec :

- S : flux net échangé (par unité de longueur de conduite) ((g/s)/m) ;
- S_E : flux d'entraînement ((g/s)/m) ;
- S_D : flux de dépôt ((g/s)/m).

L'équation de continuité du polluant en suspension s'écrit alors :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V \frac{\partial C}{\partial x} - \frac{S}{A} = 0$$

L'équation de continuité du stock s'écrit de façon symétrique :

$$\frac{\partial M}{\partial t} + f_u S = 0$$

$f_u = 0,001 \text{ kg/g}$ est un facteur d'unité pour respecter la cohérence entre l'unité de C (mg/l) et celle de M (kg/m).

Quand le flux d'entraînement S_E est supérieur au flux de dépôt, il y a érosion, le flux net S est positif et la concentration C croît.

Quand le flux de dépôt est supérieur au flux d'entraînement, le stock M augmente et la concentration en suspension C diminue.

3.5.7.3. Dépôt

Les particules en suspension dans la veine fluide sont soumises à leur poids propre qui leur donne une vitesse verticale de chute supposée constante w (m/s). Considérons le volume de contrôle constitué par la veine fluide sur une longueur infinitésimale dx . La frontière inférieure de ce domaine est un élément de surface de largeur approximative b qui sépare le volume de contrôle considéré du fond de la conduite.

Le flux de sédiments qui quitte le volume de contrôle du fait de la vitesse de chute est égal au produit des quantités suivantes :

- La concentration en suspension au voisinage de cette frontière inférieure. On a admis que la concentration C est uniforme dans la section mouillée.
- La vitesse de chute w .
- La surface d'échange $B \cdot dx$.

Par unité de longueur de conduite, le flux de dépôt est $S_D = B \times w \times C$.

3.5.7.4. Entraînement

De nombreuses formules empiriques expriment le débit solide potentiel en suspension en fonction des conditions d'écoulement et des caractéristiques des particules :

$$g_s = f(d, \rho, V, h, \dots)$$

avec :

- g_s : débit solide massique (g/s) ;
- d : diamètre moyen des sédiments (mm) ;
- ρ : masse volumique des sédiments (kg/m^3) ;
- V : vitesse moyenne de l'écoulement (m/s) ;
- h : profondeur (m) ;

Nota : ρ et d déterminent la vitesse de chute w .

On peut aussi dégager la notion de concentration moyenne potentielle en suspension :

$$C^* = \frac{g_s}{Q}$$

Dans cette expression, C^* (g/m^3) est la concentration maximale qui correspond aux conditions locales et instantanées. C'est la concentration d'équilibre qui serait obtenue dans une conduite infiniment longue et en écoulement uniforme, après dépôt des particules en excès.

Suivant Benet et Nordin, on écrit le flux d'entraînement de la façon suivante :

$$S_D = b \times \omega \times C^*$$

Le flux net d'échange de sédiment entre la veine fluide et le stock s'écrit donc :

$$S = S_D - S_E = b\omega(C^* - C)$$

On remarquera qu'à l'équilibre, le flux net est nul et que la concentration en suspension est égale à la concentration potentielle.

3.5.7.5. Mise en œuvre dans CANOE

3.5.7.5.1. *Transport potentiel*

Il existe dans la littérature de nombreuses expressions du transport potentiel. Celles-ci ont souvent été établies et réglées pour des conditions très particulières (qualité des sédiments, conditions d'écoulement). La plupart sont adaptées des formules utilisées en hydraulique fluviale et correspondent à des conditions de transport et de granulométrie très différentes.

Il est difficile de généraliser une formule valable dans tous les cas de l'hydraulique urbaine. Il est dangereux même de proposer à l'utilisateur de CANOE une formule et des coefficients par défaut qui risqueraient d'être utilisés directement sans la validation nécessaire. C'est pourquoi CANOE propose une forme simple très schématique en laissant à l'utilisateur la liberté du choix des coefficients.

$$C^* = \frac{\alpha}{\omega} V^\beta$$

avec :

- C^* : concentration potentielle en suspension (mg/l ou g/m^3) ;
- ω : vitesse de chute (m/s) ;
- V : vitesse moyenne de l'écoulement (égale à Q/A) (m/s) ;
- α et β : coefficients de calage de la formule ;

3.5.7.5.2. *Limitation des échanges*

Les flux échangés entre les polluants fixes sur des sédiments en suspension et le fond sont donc fonction de l'écart entre la concentration effective et la concentration potentielle (ce que peut transporter l'écoulement).

Un fluide qui contient plus de sédiments qu'il ne peut en transporter déposera ces sédiments dans le fond de la conduite. Un fluide peu chargé pourra au contraire remettre en transport des sédiments déposés.

Dans CANOE, les échanges peuvent être aussi simplifiés selon les choix de l'utilisateur (calcul du stock ou non). On résume les différents cas par le tableau suivant :

	Pas de calcul du stock	Le calcul du stock est demandé
$C < C^*$	$dC/dt=0$: pas d'entraînement supplémentaire, pas de dépôt.	Si $M > 0$ (le stock existe) $dC/dt > 0$, $dM/dt < 0$: mise en suspension de matériaux et érosion du stock. Si $M = 0$ (conduite propre) $dC/dt=0$: pas d'entraînement supplémentaire
$C > C^*$	$dC/dt < 0$: disparition de sédiments de la veine fluide. Les sédiments déposés ne sont pas comptabilisés.	$dC/dt < 0$, $dM/dt > 0$: dépôt des sédiments en suspension, augmentation du stock localement.

Dans CANOE, les choix sont explicites (il y a ou non un stock présent au fond). Les échanges sont exprimés de façon semi implicite (moyenne pondérée entre les valeurs de la concentration respectivement au début et à la fin du cycle de calcul).

La quantité de sédiments échangée pendant un cycle de calcul est proportionnelle au pas de temps de calcul Dt . Si les flux sont importants, il convient de limiter Dt .

Bien entendu, seuls les produits fixés sur une classe de sédiments dont la vitesse de chute n'est pas nulle sont concernés par ces réactions d'échange.

3.5.7.5.3. Conditions initiales et conditions aux limites

Par défaut la concentration initiale de chaque polluant est nulle. Le stock initial est nul lui aussi.

Pour les polluants en suspension, cet état initial est « oublié » dans un temps plus ou moins grand qui dépend des vitesses d'écoulement dans les conduites. L'état de pollution est alors directement dépendant des conditions aux limites amont. Dans le cas d'un reflux des écoulement par les exutoires, le calcul considère par défaut que la concentration des polluants est nulle dans l'eau qui pénètre dans le réseau.

3.5.7.5.4. Ouvrages et singularités

Le calcul ne permet pas de prendre en compte directement certains ouvrages dépolluants particuliers (exemple : dégrilleur). Les réservoirs de décantation doivent être modélisés par des conduites de grande dimension de façon à calculer effectivement le temps de transit allongé dans ces réservoirs et les faibles vitesses de l'écoulement qui permettent la décantation.

Bien entendu, la modélisation CANOE est unidimensionnelle. Elle n'a pas pour objectif la modélisation en détail des écoulements au voisinage des ouvrages. En conséquence, le modèle ne peut prendre en compte les phénomènes de dépôt/érosion souvent observés sur ces sites.

3.6. Construction d'un modèle

3.6.1. Principes généraux et origines des difficultés

3.6.1.1. La stricte représentation géométrique n'est pas nécessairement adaptée

CANOE a été conçu de façon à permettre une saisie des différents objets composant le système d'assainissement aussi naturelle que possible. Ceci implique en particulier que l'image à donner des tronçons et des ouvrages spéciaux se rapproche le plus possible de la géométrie réelle de ces ouvrages.

Malgré tout, il est important de garder à l'esprit que toute description formelle d'un système réel constitue une modélisation de ce dernier, c'est à dire une représentation construite dans un but particulier. La conséquence pratique de cette règle de base est qu'il est plus important de construire un modèle bien adapté au but particulier poursuivi que de construire un modèle dont l'image géométrique soit la plus voisine possible de la réalité.

Il pourra ainsi être parfois utile de décrire les objets non pas tels qu'ils sont sur le plan strictement géométrique, mais de telle sorte que leur fonctionnement modélisé soit le plus proche possible de leur fonctionnement réel.

3.6.1.2. Le modèle utilisé suppose que différentes hypothèses soit vérifiées

Le modèle de Barré de Saint Venant est un outil efficace et pertinent de simulation hydraulique lorsqu'il est utilisé dans un cadre permettant la vérification des hypothèses qui ont permis sa construction. Dans le cas contraire, il risque d'être inefficace (instabilité numérique) ou pire, non pertinent (résultats fournis faux).

Les deux hypothèses les plus contraignantes sont d'une part le caractère unidirectionnel des écoulements et d'autre part le fait que les écoulements doivent être graduellement variés.

3.6.1.2.1. *Implications de l'hypothèse d'unidirectionnalité des écoulements*

Les deux conséquences principales de cette hypothèse sont les suivantes :

- Il n'est pas possible de tenir compte de surélévation intrados-extrados dans les coudes, ce qui exclut, de simuler les écoulements dans des tronçons ou dans des ouvrages présentant des courbures importantes.
- la répartition des pressions est hydrostatique, ce qui suppose qu'il n'y a pas de composante verticale de la vitesse et donc qu'il n'y a pas de modification brutale de la ligne d'eau ou des fonds.

Cette deuxième conséquence est particulièrement importante. Elle signifie que des changements brutaux de pente, des chutes, des élévations brutales du radier, etc., ne pourront pas être décrits correctement par le modèle.

3.6.1.2.2. *Implications de l'hypothèse de gradualité dans les variations de l'écoulement*

La principale conséquence de cette hypothèse est que toute variation brutale des caractéristiques de l'écoulement ne peut pas être correctement représentée, ceci quelle que soit sa cause (externe : augmentation brutale du débit d'apport par exemple, ou interne : modification brutale d'une consigne, ouverture d'une vanne, etc.).

3.6.1.3. Les schémas numériques ne sont pas adaptés à n'importe quel type d'écoulement

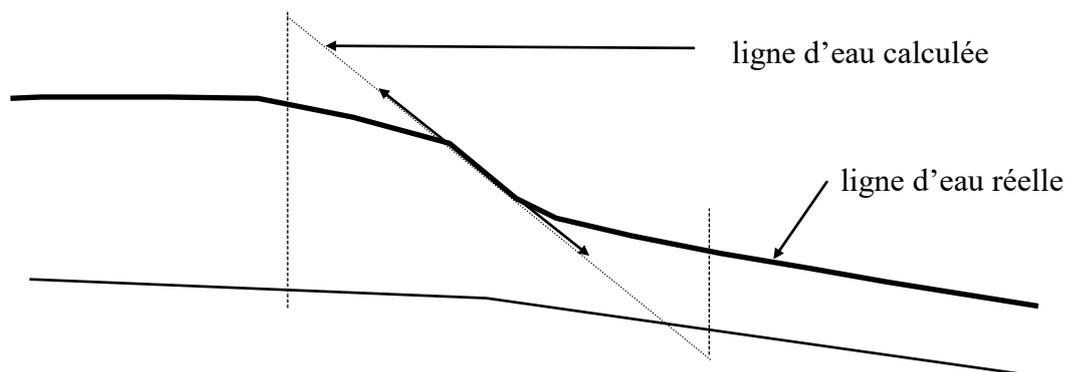
Le schéma de base utilisé est de type implicite, c'est à dire que toutes les variables (débit et hauteur en tous les points de calcul) sont calculées en même temps pour tout le système. Ceci implique que les conditions de l'écoulement soient préalablement connues partout, ce qui n'est pas nécessairement le cas. Par exemple une chute peut être noyée ou dénoyée. Selon le cas, elle n'est pas décrite par les mêmes équations. Pour savoir quelles équations doivent être utilisées, il est donc nécessaire de faire une hypothèse sur la hauteur d'eau à l'amont et à

l'aval de la chute avant de résoudre le système d'équations. Les hauteurs d'eau calculées après résolution vont confirmer ou infirmer l'hypothèse de départ. Des itérations et un minimum « d'explicitation » sont donc indispensables.

Par ailleurs, l'équation à résoudre est du second ordre par rapport à la variable d'espace. Il est donc nécessaire de fournir deux conditions aux limites en x . Selon la nature de l'écoulement dans un bief particulier (fluvial ou torrentiel), les conditions doivent être fournies aux deux extrémités du bief (cas fluvial) ou uniquement à l'amont (cas torrentiel). Or la nature de l'écoulement ne peut être connue qu'après résolution...

3.6.1.4. Les schémas numériques peuvent amplifier des perturbations hydrauliques réelles

Un système hydraulique aussi compliqué qu'un système d'assainissement est nécessairement fortement perturbé, en particulier lorsqu'il doit écouler les flots produits par une pluie importante. Perturbation signifie ici variation brutale de la ligne d'eau ou de la vitesse. Dans la réalité, ces perturbations sont souvent très localisées du fait de la présence de systèmes d'autorégulation (« toute cause provoque un effet qui a tendance à s'opposer à la cause qui lui a donné naissance »). La discrétisation spatiale et temporelle des phénomènes nuit à l'efficacité de ces systèmes d'autorégulation. Par exemple, si l'on calcule en un point une pente forte de la ligne d'eau (qui peut parfaitement correspondre à un phénomène réel là où elle est calculée), cette pente va être projetée sur toute la valeur du pas d'espace et peut donc conduire aux extrémités du pas de calcul à des valeurs de hauteur très forte ou très faible (voire inférieure au radier, c'est à dire se traduisant par un « fond sec »).



3.6.2. Règles à respecter

Pour éviter les différentes causes possibles d'anomalies présentées dans le paragraphe 3.6.1, il est nécessaire de prendre certaines précautions lors de la construction du modèle.

3.6.2.1. Définition des nœuds et des tronçons

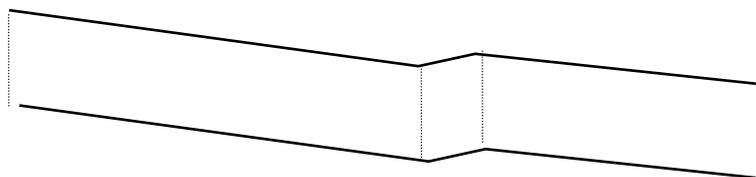
3.6.2.1.1. *Construire un modèle aussi simple que possible*

Le principe de base est le suivant : plus le modèle est simple, plus il est facile de le maîtriser. En conséquence, les seuls éléments à représenter sont ceux vérifiant l'une ou l'autre des deux conditions suivantes :

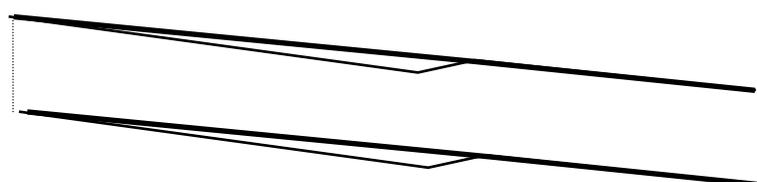
- éléments dont on souhaite connaître le fonctionnement,
- éléments dont on pense qu'ils jouent un rôle significatif sur le fonctionnement du réseau.

Il est en particulier généralement inutile de représenter :

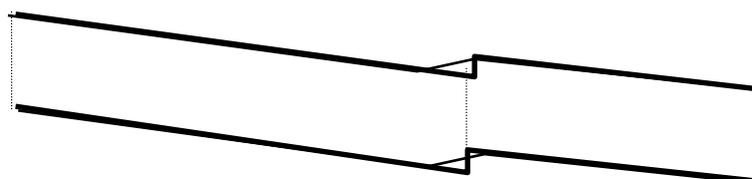
- les conduites de petite dimension situées à l'amont du système d'assainissement. On peut le plus souvent les intégrer dans les bassins versants en augmentant la taille de ces derniers.
- les tronçons de conduites de faible longueur et dont la pente est très différente des tronçons situés à l'amont et à l'aval (ces conduites jouent généralement un rôle mineur dans le fonctionnement hydraulique du système et induisent des perturbations importantes dans la résolution. En cas de doute, on peut les représenter par des chutes ou des seuils).



Profil en long de départ.



Profil en long simplifié (on néglige la contre-pente)



Profil en long simplifié 2 (on remplace la contre pente par un seuil). Cette amélioration n'est nécessaire que si la contre pente est importante.

- les arrivées latérales de petites conduites dans les gros collecteurs, particulièrement si leur pente est forte.

3.6.2.1.2. Adoucir les accidents structurels trop violents

Dans les systèmes d'assainissement, on rencontre fréquemment, en dehors des ouvrages spéciaux proprement dits, des accidents structurels (cassure de pente, coude, etc.), tels que les hypothèses du modèle ne peuvent pas être vérifiées à leur voisinage. De ce fait, ces accidents sont susceptibles de provoquer des instabilités. Il est préférable, lors de la construction du modèle, d'atténuer la brutalité de ces accidents de façon à se rapprocher des hypothèses (voir §3.6.1.2.). Si l'on juge que cette action peut modifier de façon trop forte le fonctionnement réel du réseau, il sera alors nécessaire d'introduire un ouvrage spécial adapté.

3.6.2.1.3. Éviter les tronçons de pente trop forte

Le système d'équations de Barré de Saint Venant est théoriquement capable de représenter les écoulements torrentiels au même titre que les écoulements fluviaux. Ce n'est pas le cas du schéma numérique de résolution utilisé (voir §3.6.1.3.). On aura donc intérêt à éviter les tronçons de pente trop forte où les écoulements torrentiels sont susceptibles de se produire. En cas d'impossibilité à respecter cette règle, il pourra être nécessaire d'éliminer les termes d'inertie de l'équation dynamique (voir §3.6.3.3.2).

3.6.2.2. Description des ouvrages spéciaux

Les hypothèses du modèle de Barré de Saint Venant ne s'appliquent que sur les parties courantes du réseau. Les singularités doivent donc être modélisées à l'aide de modèles complémentaires, compatibles avec le modèle de base.

Dans la plupart des cas, c'est la représentation (géométrique et hydraulique) de ces ouvrages qui limite les performances du modèle de simulation hydraulique (risques d'instabilité et imprécisions des résultats). Le chapitre relatif à la simulation hydraulique (§ 3.4.5) fournit les informations de base sur les modalités de description des ouvrages spéciaux. Le chapitre relatif à la saisie des ouvrages spéciaux (§ 5.4.5.) détaille les modalités pratiques de cette description.

Le principe le plus important à utiliser lors de la construction du modèle consiste à représenter les ouvrages spéciaux de la façon la plus simple possible, en ne retenant que les caractéristiques qui conditionnent le plus le fonctionnement hydraulique de l'ouvrage. Ceci implique de faire systématiquement une analyse hydraulique avant de commencer la modélisation. On recherchera en particulier quels sont les éléments qui limitent le débit dans les différentes branches aval. La description retenue pourra dans certains cas être assez éloignée de la stricte description géométrique. Une annexe de l'aide (publication prévue juin 99) fournira différents exemples de modélisation des mêmes ouvrages en comparant les résultats obtenus avec chacun des modèles.

3.6.3. Stabilisation du modèle

3.6.3.1. Anomalies possibles

Il arrive parfois, lors de la simulation hydraulique, que les calculs ne puissent aller à leur terme du fait du développement d'instabilités de calcul. Le logiciel détecte ces instabilités et tente de les caractériser pour faciliter la recherche d'une solution palliative. Les différentes anomalies possibles sont les suivantes :

- fond sec (la plus fréquente) : signifie que, en un point donné, la hauteur d'eau devient négative (pas assez d'eau pour permettre d'assurer la continuité de l'écoulement). Il peut s'agir d'une anomalie réelle (débit insuffisant dans une conduite, anomalie souvent observée au début ou à la fin de la simulation) ou de la conséquence du développement d'une instabilité.
- variation trop rapide
- sortie de fente
- pas de convergence après le nombre maximum d'itérations.

3.6.3.2. Recherche des causes d'instabilité

Différentes méthodes peuvent être utilisées pour rechercher les causes d'une instabilité.

3.6.3.2.1. *Utilisation de l'option dessin des anomalies BSV*

Il s'agit de la méthode la plus performante, elle permet de connaître la nature de l'anomalie et de localiser la partie du réseau où elle se développe. Cette option est accessible par le menu analyse, à condition d'avoir choisi l'une des options « *Informations* ou « *Anomalies* » dans le paramètre « *Type de message à afficher* » (voir §3.6.3.2.4). On peut avancer et reculer dans le temps pour le dessin des erreurs survenues au cours d'une simulation de type Barré de Saint Venant.

3.6.3.2.2. *Utilisation de l'option information sur la simulation BSV*

Cette option permet d'obtenir le détail de toutes les anomalies détectées par le logiciel : type d'anomalie et cycle de calcul où l'anomalie se déclare. Si la simulation a été interrompue à cause d'un incident de calcul, cette fenêtre est ouverte dès que la simulation s'arrête, et les anomalies à considérer en priorité pour rechercher les causes d'instabilité sont celles qui se manifestent au dernier cycle de calcul.

Il est possible d'avoir un complément d'information en sélectionnant le menu *Détails des fichiers Caredas*. Ce menu permet de consulter les fichiers suivants:

- modele.dat données du modèle du réseau
- modele.ver bilan du contrôle des données
- modele.res affichage des objets du modèle construit
- puma.dat données du modèle de simulation
- puma.ver bilan du contrôle des données de simulation
- puma.res affichage des résultats de la simulation
- puma.deb fichier des points de débordement
- puma.noe fichier des résultats formatés pour CANOE

Attention : vérifier que la date de simulation indiquée dans ces fichiers est bien la même que celle donnée dans la fenêtre d'*Information sur la simulation Barré de Saint Venant*. En effet, les fichiers lus sont ceux de la dernière simulation (quel que soit le projet), alors que les résultats de la simulation sont ceux de la dernière simulation effectuée sur ce projet.

3.6.3.2.3. *Utilisation de l'option Diagnostic Instabilité de BSV*

Cette option donne la liste des tronçons pour lesquels, pendant la phase d'initialisation c'est-à-dire avant le début de la simulation, la variation de hauteur est supérieure à 2,5 mm et/ou la variation de débit à 1 l/s.

3.6.3.2.4. *Type de message à afficher*

La donnée « *Type de message à afficher* », dans l'écran des paramètres Barré de Saint Venant permet de définir les messages affichés au cours des différentes étapes de la simulation BSV. Les messages sont en effet classés en trois catégories:

- informations : compte rendu de contrôle, bilan, mise en œuvre d'une procédure corrective courante pendant certaines phases de calcul.

- anomalies : le programme a détecté une situation anormale. Il a mis en œuvre une action corrective. Il continue le travail.
- erreurs : le programme a détecté une situation anormale. Dans certains cas l'erreur provient d'une faute grave de l'utilisateur, non détectée par les procédures de contrôle amont dans CANOE. Il importe de prendre en compte cette erreur. Dans d'autres cas, la simulation a dégénéré vers une situation grave malgré les actions correctives successives qui ont précédé.

Le choix d'une option peut être fait en utilisant les règles suivantes :

- L'option 0 : "affichage complet" est recommandée lors des premiers calculs d'un projet. L'utilisateur vérifie alors la cohérence des messages d'information.
- L'option 1 : "anomalies+erreurs" permet de tracer l'avancement d'un calcul. Cette option est indispensable en cas d'issue fatale au cours de la phase de simulation, en effet une erreur fatale est toujours précédée d'anomalies.
- L'option 2 : "erreur" est réservée aux calculs rodés et vérifiés. Elle permet de limiter le volume des sorties.

L'option « *Stockage des cycles de stabilisation* » permet l'enregistrement sur un fichier secondaire (binaire) des anomalies rencontrées lors de la phase de stabilisation et peut permettre de trouver les causes de certaines erreurs se produisant avant le début de la simulation proprement dite. Voir encadré « Pour les experts de CAREDAS » dans le § 3.6.3.2.2. ou dans l'annexe.

3.6.3.2.5. Stratégie de recherche des causes d'anomalie

En cas de problème, la recherche des causes de l'anomalie peut se conduire de la façon suivante :

- 1) Relancer la simulation en choisissant l'option 2 dans le menu « *Type de messages à afficher* » et en retenant un pas de temps de stockage des résultats le plus proche possible du pas de temps de calcul.
- 2) Faire un dessin des anomalies ; repérer les zones où celles-ci se développent (tronçon ou ouvrage à partir duquel se développe l'anomalie, tronçon ou ouvrage jusqu' où elle s'est développée juste avant le diagnostic d'erreur.
- 3) visualiser l'évolution temporelle des différentes grandeurs (hauteur / vitesse / débit) dans les zones préalablement identifiées.
- 4) rechercher les spécificités de ces zones (changement brutal de pente, pente forte, ouvrages spéciaux, etc.).
- 5) supprimer par étapes successives chacune de ces spécificités jusqu'à aboutir à un modèle stable.
- 6) remettre par étapes successives chacune de ces spécificités en modifiant leur mode de description de façon à maintenir la stabilité du modèle.

nota : Si le réseau comprend un grand nombre d'objets, il peut être utile d'isoler la zone posant problème de façon à travailler sur un réseau plus petit et plus simple à analyser. Les options « *conserver une zone* » et « *enlever une zone* » du menu « *projet* » dans l'appliquatif de gestion de données permettent efficacement d'isoler la zone posant problème. Si la zone à isoler est située à l'aval, il est possible de simuler (simulation simplifiée si nécessaire) les zones amont, de façon à disposer d'hydrogrammes réalistes à injecter.

3.6.3.3. Paramétrage du modèle

Différents paramètres peuvent être utilisés pour améliorer la stabilité du modèle.

3.6.3.3.1. Paramètres de simulation

Pas de temps de simulation : La conception itérative de la méthode de calcul du programme assure théoriquement la stabilité et la justesse des résultats quelle que soit la valeur du pas de

temps. Cependant, la méthode de calcul utilisée est une méthode de différences finies et la précision du calcul est d'autant meilleure que les termes différentiels (DY, DQ) qui sont respectivement les variations de cote de ligne d'eau et les variations de débits pendant un pas de temps de calcul restent suffisamment petits, donc que le pas de temps de calcul lui-même est petit. Toutefois, au-delà d'une certaine valeur, le gain en précision devient négligeable et les temps de calcul deviennent prohibitifs. Le choix de Dt est donc le résultat d'un compromis entre la précision désirée et la durée des calculs.

Il est également important de noter que le choix d'un pas de temps de calcul supérieur au pas de temps de discrétisation de la pluie lissera cette pluie.

Pour fixer les idées, les valeurs couramment utilisées sont :

- 30 secondes ou 1 minute pendant la phase de montée de la crue et pendant la pointe ou durant toute la période de mise en charge s'il y a lieu. On choisira la valeur de 1 minute dans les cas où les variations de débit n'entraînent pas des passages en charge et des passages à surface libre très rapides (changements importants de régime et de configuration de l'écoulement).
- 1 min ou 2 min pendant la phase descendante de la crue, c'est-à-dire après la date estimée où toutes les conduites sont revenues à surface libre dans le cas d'éventuelles mises en charge.
- 2 min ou 5 min lorsque les variations de débit et de niveau sont lentes.

Pas d'espace : Il s'agit de la distance maximale entre deux points de calcul consécutifs. Plus ce pas est court, plus la ligne d'eau pourra être tracée de façon fine et plus le nombre de points de calcul (donc le temps de calcul) sera important. Une distance comprise entre 20 et 100 mètres est généralement convenable.

Le programme divise automatiquement les conduites en tronçons de calcul. Ces tronçons, et les points de calcul correspondants constituent le maillage de la discrétisation et de la résolution numérique (le Dx des équations).

Normalement, le schéma numérique est stable quel que soit le pas d'espace. En pratique, si les valeurs de pas de temps et de pas d'espace ne sont pas homogènes, des instabilités peuvent apparaître. Une règle empirique simple est que la valeur du pas de temps exprimée en secondes doit être voisine de la valeur du pas d'espace exprimée en mètres.

3.6.3.3.2. Paramètres de simulation - Utilisations avancées

La valeur de certains paramètres a été fixée par défaut dans CANOE. Dans certains cas, un utilisateur averti pourra quand même modifier les valeurs courantes adoptées pour améliorer la stabilité du modèle.

Nombre maximum d'itérations par cycle de calcul : Entier donnant le nombre maximal par excès d'itérations prévues dans un cycle de calcul ; le programme utilise une méthode itérative qui permet d'affiner le calcul à l'intérieur d'un pas de temps (en cas de variations rapides) ; normalement, le calcul converge très rapidement et on évitera une valeur supérieure à 10. Dans le cas d'une convergence difficile, il vaut mieux réduire le pas de temps plutôt que d'augmenter le nombre d'itérations. Il est préférable de prendre une valeur impaire qui permet de déceler plus facilement les instabilités éventuelles.

Coefficient du terme d'inertie de l'équation dynamique : Si l'écoulement torrentiel est à craindre, le terme d'énergie cinétique doit être supprimé (équation dynamique dégradée) : coef=0.0. Des instabilités de calcul apparaissent en effet dans l'intégration numérique des équations complètes de Barré de Saint Venant lorsque l'écoulement devient supercritique en un point du réseau. Ces instabilités sont dues au terme $V \cdot dV/dx$ (dérivée par rapport à x du terme d'inertie $((V \cdot V)/2g)$ et disparaissent lorsque ce terme est négligé. Le coefficient a de l'équation permet de prendre en compte ou de négliger ce terme selon qu'il est pris égal à 1 ou 0. Le plus souvent, l'influence de ce terme sur l'écoulement dans un réseau d'assainissement

est faible et on peut le négliger. Cette approximation n'est pas justifiée dans le cas des réseaux à faible pente, mais alors l'écoulement est toujours supercritique et le terme d'inertie peut être pris en compte.

Coefficient de pondération spatiale : L'équation dynamique est résolue entre deux points de calcul. La perte de charge moyenne par frottement est calculée en pondérant les valeurs en chacun des deux points. Une valeur proche de 1 (pondération amont) est conseillée en cas de fond sec. Le schéma de discrétisation utilisé (schéma de Preissmann) résout les équations sur les tronçons élémentaires entre deux points de calcul successifs. Ce coefficient ($0 < \beta < 1$) permet de donner aux points amont et aval plus ou moins de poids dans le calcul des valeurs "moyennes" du tronçon élémentaire. Une valeur proche de 1 donne plus de poids au point amont du tronçon. Elle est conseillée dans les réseaux d'assainissement souvent à forte pente.

Coefficient de pondération temporelle : Les équations de Barré de Saint Venant sont discrétisées entre deux cycles de calcul successifs. La méthode de résolution exige une valeur strictement supérieure à 0,5, qui assure la stabilité du schéma numérique. La valeur 1,0 réalise un calcul totalement implicite, au prix d'un lissage certain des discontinuités de niveau et de débit. Le schéma de discrétisation utilisé (schéma de Preissmann) est partiellement implicite. C'est à dire que les équations BSV sont résolues à un temps intermédiaire entre le début du cycle de calcul et la fin du cycle de calcul. Ce paramètre ($0,5 < \theta < 1$) permet de régler le poids respectif des deux cycles de calcul. Une valeur proche de 0,5 conserve la raideur des phénomènes transitoires mais sera moins stable. Une valeur proche de 1,0 produira un calcul plus stable. Le schéma est alors totalement implicite : les équations sont résolues à la fin du pas de temps au prix d'une diffusion numérique plus importante.

Débit de fuite des marches : débit minimum assuré au travers de certains ouvrages pour lesquels on ne définit pas un débit de fuite (décrochements de radier en particulier).

Débit injecté minimum : valeur minimum de débit injecté en tout point d'injection de débit (nœuds exutoires de bassins versants ou nœuds supportant une injection d'hydrogrammes). Ces deux valeurs peuvent être augmentées pour éviter l'assèchement des conduites qui serait fatal au calcul. Il est préférable que le débit injecté soit supérieur au débit de fuite de tous les ouvrages présents sur le réseau (débits de fuite définis dans la description des ouvrages spéciaux et débit de fuite des marches).

3.6.3.3.3. Conditions initiales

Les conditions initiales définissent l'état hydraulique (niveau, débit) dans le réseau au temps initial de la simulation. La simulation doit en effet démarrer à partir d'un état initial qui corresponde à une situation d'écoulement réaliste par rapport à la simulation que l'on veut effectuer (en général conditions de temps sec préalable à l'événement pluvieux) et stable.

CANOE permet de construire automatiquement cette condition initiale en réalisant une pré-simulation qui débute sur un état hydraulique où la hauteur d'eau est constante dans tout le réseau (fixée par le paramètre *Hauteur d'eau de départ pour calculer l'état initial*).

La stabilisation est ensuite réalisée en vidant progressivement le réseau. Pendant cette phase d'initialisation les ouvrages automatiques (pompes, régulateurs, lois fonctionnelles) sont désactivés.

3.6.3.3.4. Conditions initiales - Utilisations avancées

Durant la phase de stabilisation automatique certains paramètres numériques varient automatiquement, en particulier le pas de temps de calcul, les termes moteurs de l'équation dynamique (gravité), les conditions aux limites externes (injections) et internes (débit de fuite), en fonction de valeurs fixées par défaut. Ces valeurs ont été choisies de façon à assurer une stabilisation efficace dans la plupart des cas. Il peut cependant arriver que les valeurs par défaut ne permettent pas d'obtenir un état initial stable convenable.

Il est alors possible de modifier les paramètres par défaut de la procédure de stabilisation automatique en utilisant l'option « *Modification des autres paramètres de stabilisation* ». Les paramètres sur lesquels on peut jouer pour essayer d'améliorer la stabilité sont les suivants :

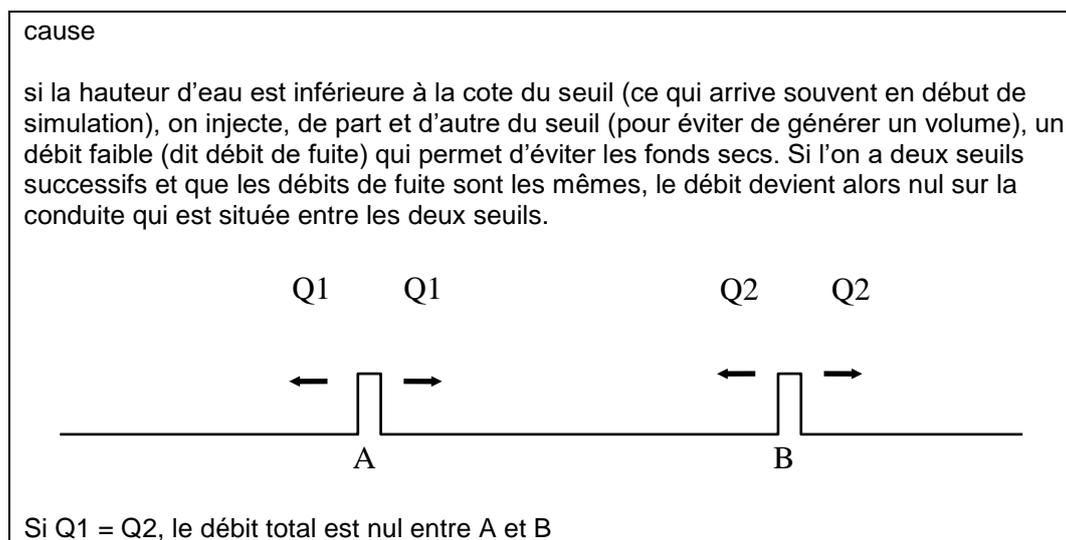
Pas de temps de stabilisation : Trois valeurs différentes peuvent être utilisées pour le pas de temps pendant la phase de stabilisation. Ces valeurs sont définies dans un tableau (ICSTAB / DTSTAB). La première colonne indique le cycle de calcul à partir duquel on appliquera la valeur du pas de temps précisée sur la même ligne dans la deuxième colonne. Les valeurs par défaut (-120, 0.5 / -70, 1 / -60, 5) indiquent par exemple que le logiciel effectuera 50 pas de temps (cycle -120 au cycle -70) avec un pas de temps de 30 secondes (0.5 minutes), puis 10 cycles (cycles -70 à -60) avec un pas de temps de 1 minute, et enfin 60 cycles avec un pas de temps de 5 minutes. L'un des éléments importants à prendre en compte est la durée totale de la phase de stabilisation qui doit être suffisante pour que la totalité du volume correspondant à la hauteur initiale ait été évacuée. En cas d'instabilité pendant la phase de stabilisation, on peut essayer de réduire les valeurs des pas de temps de calcul en augmentant leur nombre.

Gestion des valeurs de la gravité : Pour accélérer la vitesse d'évacuation du volume excédentaire, il est possible d'augmenter la valeur de la gravité. On appliquera une valeur de gravité égale à la gravité terrestre normale ($9,81\text{m/s}^2$) multipliée par un coefficient (« *Pourcentage de la gravité initiale* ») jusqu'au cycle de calcul fixé dans la case « *Gravité initiale jusqu'au cycle* ». On appliquera la gravité normale à partir du cycle défini dans la case « *9.81 à partir du cycle* ». Entre ces deux cycles de calcul, on appliquera une gravité décroissant régulièrement de la gravité initiale à la gravité finale. L'augmentation de la gravité peut dans certains cas jouer un rôle favorable sur la stabilité.

3.6.3.4. Trucs et astuces

3.6.3.4.1. *Gestion des seuils*

Eviter de mettre deux seuils successifs, ou si cette règle ne peut pas être vérifiée, faire en sorte que les débits de fuite soient différents.



3.6.4. Optimisation du modèle

3.6.4.1. Regroupement des objets (non disponible dans CANOE^{LT})

CANOE propose des outils de regroupement automatique des objets. Ces outils permettent de regrouper des éléments entre eux afin de construire, à partir du projet initial, un modèle structurellement plus simple et autorisant des simulations plus rapides et plus stables. Les règles utilisées doivent également faire en sorte que le modèle ainsi construit soit le plus similaire possible du projet initial quant à sa forme générale et aux résultats de la simulation.

La réduction du nombre d'objets s'effectue en deux temps :

- regroupement des bassins versants de façon à former des bassins versants plus grands équivalents à la somme des bassins versants initiaux. Ce traitement supprime, de plus, les tronçons et les nœuds inclus dans ces zones ;
- regroupement de tronçons consécutifs ayant des caractéristiques similaires (pente, forme de conduite, rugosité, etc.).

Ces outils sont accessibles par le menu *Regroupement* dans l'applicatif de *Gestion des données* qui ouvre une fenêtre dont le menu *Regroupement* est le suivant :

Regroupement
Regrouper les bassins versants
Regrouper les tronçons
Fermer

3.6.4.1.1. *Regroupement des bassins versants*

Le regroupement des bassins versants a pour objectif de diminuer le nombre de bassins versants et d'éliminer les tronçons les plus à l'amont (ceux de plus petite dimension).

Les bassins versants sont regroupés par type de bassins versants (bassins urbains, mixtes A, mixtes B, bassins ruraux), le logiciel calcule automatiquement les caractéristiques du bassin versant équivalent. Les bassins versants équivalents sont affectés au nœud de regroupement correspondant.

Plusieurs possibilités de regroupement existent :

- conserver tous les bassins versants présents dans le projet ;
- sélectionner les tronçons à l'aval desquels il n'y aura aucun regroupement ;
- ne regrouper que les bassins versants situés à l'amont de tronçons dont la débitance est inférieure ou égale à une débitance préalablement choisie.

Le réseau interne à la zone à regrouper ne doit pas contenir de bassin de retenue. En revanche, il peut contenir des mailles, à la condition que celles-ci soient fermées à l'intérieur de la zone à compacter (une seule sortie).

Règle de calcul des paramètres d'un bassin équivalent

surface = somme des surfaces de tous les bassins du même type à l'amont du nœud de regroupement

longueur = longueur du chemin amont qui drainait la plus grande surface

centre de gravité Xg, Yg : barycentre pondéré par les surfaces

Les lagtimes sont recalculés.

Les autres valeurs sont des moyennes pondérées par les surfaces

La forme du bassin est un triangle orienté, sa hauteur = longueur du parcours/2 (située dans l'axe nœud d'attache - centre de gravité)

nom du bassin : # BV type de bassin -> nom du nœud

Remarque

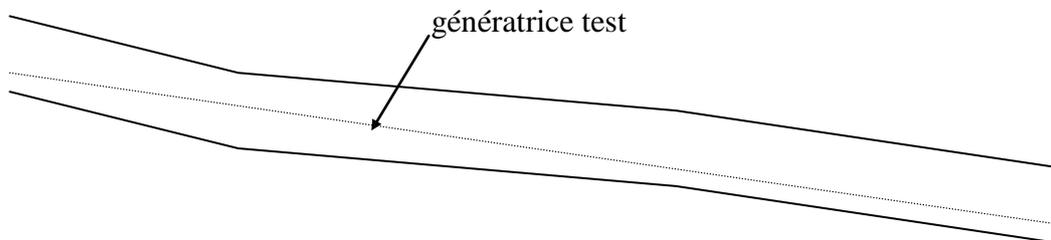
Dans le modèle, les bassins qui ont permis le regroupement et les tronçons en amont des points de regroupement sont supprimés

Les bassins situés sur un point de regroupement sont conservés.

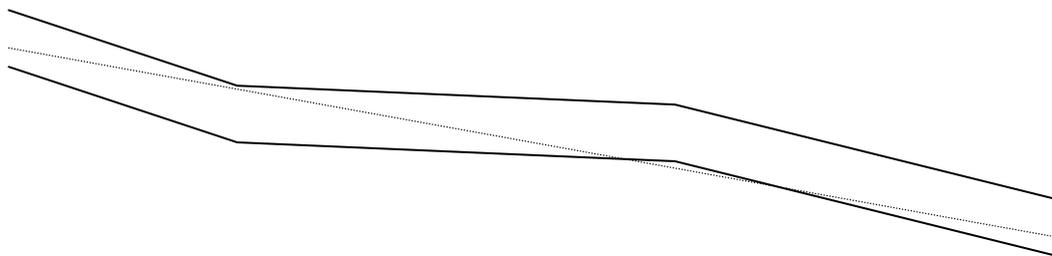
3.6.4.1.2. Regroupement des tronçons

Le regroupement des tronçons a pour but de limiter le nombre de tronçons et d'homogénéiser leurs pentes. Ce regroupement est effectué en utilisant différentes règles expertes paramétrables. En particulier :

- la longueur des tronçons équivalents ne peut pas dépasser une longueur donnée paramétrable.
 - deux tronçons successifs ne sont pas regroupés s'il existe une différence de niveau trop forte entre leurs extrémités (chute, décrochement de radier ou seuil).
 - deux tronçons successifs ne sont pas regroupés si l'écart relatif de leur débitance est supérieur à la tolérance choisie par l'utilisateur (en %).
 - deux tronçons successifs ne sont pas regroupés si un des tronçons a une débitance supérieure à la débitance maximum admise pour le regroupement.
 - deux tronçons successifs ne seront pas regroupés si la différence de pente est trop forte.
- Le critère numérique utilisé pour l'application de cette règle utilise une génératrice droite, dont la pente est égale à la pente moyenne de l'ensemble des tronçons à regrouper (différence de cote divisée par la longueur) et dont la position de départ et d'arrivée dans la conduite est paramétrable (en pourcentage de la hauteur totale). Les exemples ci-dessous illustrent le mode d'utilisation de cette génératrice test.



La génératrice test est entièrement dans les conduites, les trois tronçons peuvent être regroupés.



La génératrice test traverse le radier de l'une des conduites, les trois tronçons ne peuvent pas être regroupés.

Détail des calculs

La position de la pente moyenne permet d'autoriser ou d'interdire le regroupement de tronçons consécutifs. Cette valeur permet de tracer une ligne de pente moyenne entre le point amont et le pont aval d'une série de tronçons à regrouper. Les altitudes de ces points sont calculées à l'aide de cette valeur F (fraction des hauteurs des conduites).

Hamont = cote radier nœud amont + F x hauteur de la conduite amont

Haval = cote radier nœud aval + F x hauteur de la conduite aval

On trace la droite entre ces deux points. Le regroupement des tronçons est accepté si cette ligne de test reste en permanence à l'intérieur des conduites c'est à dire si elle ne coupe ni la ligne du bas des conduites, ni celle du haut des conduites. Sinon, le test est effectué en partant du même nœud amont et pour un nombre de tronçons égal à la moitié du nombre de tronçons précédent, ainsi de suite jusqu'à ce que la ligne de test reste à l'intérieur de la conduite.

La valeur par défaut est .5. Elle correspond au milieu des conduites. Une valeur supérieure à .5 rend le logiciel plus exigeant pour des formes concaves. Une valeur inférieure à .5 rend le logiciel plus exigeant pour des formes convexes.

Règles de regroupement

En partant des têtes du modèle on parcourt les tronçons consécutifs vers l'aval.

on regroupe un tronçon avec son tronçon aval si :

- il ne possède pas plus d'un tronçon amont
- il ne possède qu'un tronçon aval
- si ce tronçon et son unique tronçon aval
 - possèdent le même type de conduite
 - ont une différence de cote radier inférieure à une borne choisie
- si la longueur cumulée est inférieure à la longueur maximum choisie

Paramètres d'un bassin équivalent

Les nœuds et les tronçons situés entre le nœud le plus en amont et le nœud le plus en aval sont détruits, les bassins versants attachés à ces nœuds sont sommés sur l'amont du nouveau tronçon créé.

nom du tronçon : # nœud amont - nœud aval

nom des bassins créés : §BV type de bassin -> nom du nœud

N.B. Le regroupement conservera les nœuds qui ont été déclarés comme ne devant pas être regroupés dans la fenêtre de saisie des nœuds (voir §5.2.2.1.).

3.6.4.2. Outils de reparamétrage

Depuis la version 1.7., CANOE propose plusieurs outils de reparamétrage globaux permettant de modifier les règles de simulation d'un modèle en modifiant les caractéristiques de tous les éléments de même type. Ces outils sont accessibles dans l'applcatif « *Gestion de données* », menu « *Utilitaires* »

3.6.4.2.1. Gestion des points de débordements

Quatre options permettent d'associer automatiquement des points de débordement à tous les nœuds, uniquement aux nœuds amont (têtes), uniquement aux nœuds exutoires de bassins versants, ou au contraire de supprimer tous les points de débordement.

Pour accéder à ces options, sélectionner la commande correspondante dans le menu *Utilitaires* de l'appliquatif de *Gestion des données*.

Utilitaires

Débordement

Débordement sur chaque nœud

Débordement sur les nœuds amont

Débordement sur les bassins versants

Enlever tous les points de débordement

Dans le cas d'une affectation automatique, la cote de débordement est égale à la cote sol et 100% du volume débordé est réinjecté.

L'affectation de points de débordement peut permettre d'améliorer la stabilité dans le cas de tronçons très sous-dimensionnés provoquant des hauteurs d'eau très fortes (plusieurs mètres ou dizaines de mètres au dessus du sol). Ceci est particulièrement vrai lorsque ce sont les tronçons amont qui subissent des valeurs fortes de hauteur d'eau.

3.6.4.2.2. Gestion des tronçons à pente trop forte

Il est possible de remplacer automatiquement les tronçons à pente très forte (positive ou négative) par des tronçons de pente plus faible associés à des chutes ou à des décrochements de radier. La valeur de la pente du tronçon est prise égale à la valeur de la pente limite. Cette option améliore généralement la stabilité sans modifier notablement les résultats à l'aval. En revanche, elle peut modifier le fonctionnement de manière importante sur les tronçons dont on a modifié la pente (de façon évidente, un tronçon dont la pente est 10% peut évacuer à surface libre un débit beaucoup plus important que si sa pente est ramenée à 1%).

3.6.4.2.3. Vérifications des ouvrages spéciaux pour des projets créés avant la version 1.11

Les composants des projets créés avec une version de CANOE antérieure à la version 1.11. ne correspondaient pas toujours aux bonnes liaisons. Pour vérifier la cohérence des ouvrages, lancer la commande *Vérifier les ouvrages spéciaux* du menu *Utilitaires/Compatibilité*

3.6.4.2.4. Vérifications de la position des chutes

Permet de vérifier la cohérence des cote radier du nœud et des tronçons rattachés au nœud. Lancer la commande *Vérifier la position des chutes* du menu *Utilitaires/Compatibilité*

3.6.4.2.5. Activation des pompes régulées pour des projets créés avant la version 1.13

Pour pouvoir utiliser une pompe comme objet de régulation dans des projets créés avec une version de CANOE antérieure à la version 1.13., lancer la commande « Activer les pompes régulées ancien projet ». Lancer la commande *Activer pompes régulées ancien projet* du menu *Utilitaires/Compatibilité*

3.6.4.2.6. Débit minimum BSV des tronçons et des composants

Les commandes Débits minimum BSV des tronçons et Débits minimum BSV des composants du menu *Utilitaires* permettent d'affecter par défaut à tous les tronçons et à tous les composants la valeur de débit assurant une hauteur minimum de 1,5 mm d'eau.

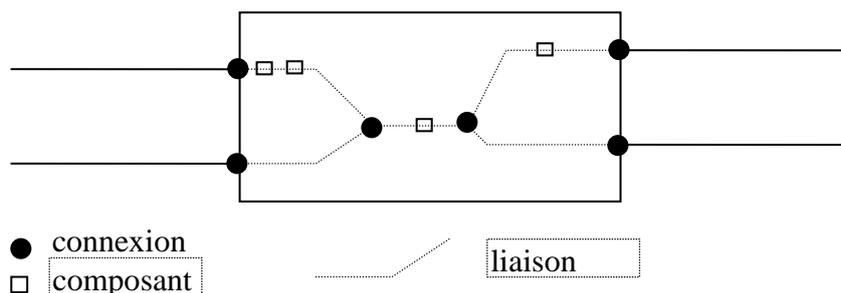
3.7. Modélisation des ouvrages spéciaux

3.7.1. Principes généraux de description

Un ouvrage spécial est un ouvrage ponctuel ou considéré ponctuel affectant le fonctionnement hydrologique ou hydraulique du réseau.

En dehors des bassins de retenue et des déversoirs d'orage latéraux qui font l'objet d'une description spécifique, CANOE considère les ouvrages spéciaux comme des assemblages libres d'éléments divers. Ce mode de description permet de décrire sans difficulté des ouvrages extrêmement compliqués.

Schématiquement, un ouvrage spécial peut ainsi être représenté par une boîte où sont positionnées des connexions, des liaisons entre ces points de connexion et des composants situés sur ces liaisons.



Les liaisons représentent les différents flux à l'intérieur de l'ouvrage. Les liaisons vont d'un point de connexion à un autre.

Les composants sont des éléments modifiant le comportement hydraulique de l'ouvrage. Ces composants sont à placer sur les liaisons. Les composants élémentaires pris en compte sont les suivants :

Composants structurels

- chambre
- décrochement de radier (chute ou marche)
- grille
- orifice ou clapet
- étranglement
- rétrécissement
- seuil
- siphons
- station de pompage ou de relèvement
- régulateur

Composants fonctionnels

- débit imposé
- hauteur imposée
- pertes de charge singulière
- limiteur de débit

Ces différents éléments font l'objet d'un prétraitement (modeleur) pour être ensuite simulés soit par le modèle hydraulique, soit par le modèle simplifié.

Règles de construction et de gestion des cotes, des connexions et des composants

Les connexions correspondant aux arrivées des tronçons amont de l'ouvrage ainsi qu'aux départs des tronçons aval sont automatiquement créées par le logiciel au moment de la saisie de l'ouvrage.

La cote d'une connexion amont est égale à la cote aval du tronçon amont correspondant.

La cote d'une connexion aval de l'ouvrage est égale à la cote amont du tronçon aval correspondant.

Les cotes des connexions internes de l'ouvrage sont égales à la cote du nœud qui porte l'ouvrage.

La cote d'un composant est calculée à partir de la cote du nœud en fonction des chutes ou marches éventuellement posées sur la liaison.

Attention : toutes les combinaisons de composants ne sont pas admises sur une liaison particulière. Le tableau suivant résume les règles à respecter.

aval amont	seuil	siphon	étrangl.	grille	bâche	fonction	orifice	pompe
seuil								
siphon								
étrangl.								
grille								
bâche								
fonction								
orifice								
pompe								

Les cases foncées indiquent que les deux composants amont-(case de la première colonne correspondante) et aval (case de la première ligne correspondante) ne peuvent être placés à la suite sur une même liaison. Les cases claires indiquent que cette succession est possible sur une liaison.

Une pompe doit être placée sur une liaison arrivant à une connexion aval de l'ouvrage.

Règles utilisées par le modeleur Barré de Saint Venant pour gérer les connexions et les liaisons

Les connexions créent des points nommés.

Liaisons :

Les liaisons créent des tronçons appelés "tronçon artificiels".

Caractéristiques des "tronçon artificiels".

longueur : 1 mètre ; forme de la conduite :

1) si la liaison est raccordée à une connexion amont : identique à la conduite du tronçon amont

2) si la liaison est raccordée à une connexion aval : identique à la conduite du tronçon aval

3) identique à la plus grande des conduites (plus grande débitance) si la liaison est située entre deux connexions internes.

Cote amont : cote de la connexion amont

Cote aval : cote de la connexion aval

Cote sol amont = Cote sol aval = cote sol du nœud portant l'ouvrage

Composants :

Pour le détail du traitement des écoulements dans les ouvrages par la simulation par Barré de Saint Venant, voir la saisie de chacun des composants.

Tous les composants sont placés sur les tronçons artificiels correspondant à la liaison portant l'objet. Il sont placés dans l'ordre où ils ont été saisis, tous les 10 cm à partir de l'amont du tronçon artificiel.

3.7.2. Représentation des différents composants

3.7.2.1. Chute et décrochement de radier

Au sens de CANOE, les chutes ou les décrochements de radier ne constituent pas à proprement parler des singularités et ne nécessitent pas obligatoirement d'être décrits par un ouvrage spécial.

Cependant :

- sur un nœud quelconque, le modeleur construira automatiquement une singularité de type chute ou de type décrochement de radier chaque fois que la différence de niveau entre deux tronçons consécutifs dépassera deux centimètres.
- Dans un ouvrage spécial, si une différence de cote existe entre deux connexions d'une même liaison, le logiciel imposera de poser un composant chute ou décrochement de radier (voir documentation écran de saisie)

Attention : Au moment de la simulation, CANOE traitera la chute soit en régime noyé, soit en régime dénoyé, selon le régime de fonctionnement lors du pas de temps précédent (schéma explicite). Dans le cas d'un régime dénoyé, la condition à la limite utilisée est une hauteur d'eau égale à la hauteur normale à l'amont de la chute.

Il est cependant possible d'imposer une hauteur d'eau égale à la hauteur critique en posant un seuil de hauteur nulle avant ou après la chute.

3.7.2.2. Seuil

Le composant seuil est normalement destiné à représenter des seuils frontaux. Il peut cependant être également utilisé pour représenter certains seuils latéraux, à la condition que la longueur du seuil soit suffisamment courte pour pouvoir faire l'hypothèse que la hauteur d'eau au dessus du seuil est sensiblement constante. Dans les autres cas, il sera préférable d'utiliser l'ouvrage spécial "déversoir latéral" (voir §3.7.3).

Au sens de CANOE, un seuil peut être un ouvrage complexe composé de plusieurs éléments qui ne sont pas obligatoirement horizontaux. La nature du seuil (mince, épais, etc.), est uniquement prise en compte en jouant sur la valeur du coefficient de seuil. Le coefficient de seuil (coefficient mu) ne doit pas être confondu avec le coefficient m de débit en régime dénoyé égal à deux tiers de mu.

La relation de perte de charge utilisée par le calcul dépend de l'option "*Energie cinétique*".

3.7.2.2.1. Calcul sans énergie cinétique

Avec cette option, la vitesse d'approche n'est pas prise en compte.

3.7.2.2.2. Calcul avec énergie cinétique

Cette option est à utiliser lorsque les effets de vitesse d'approche et de sortie sont importants.

Nota : Cette procédure de calcul est explicite et ne doit pas être utilisée dans le cas où les vitesses peuvent varier rapidement entre deux pas de temps de calcul.

<i>Pour en savoir plus : Seuil et Déversoir d'orage</i>

3.7.2.3. Orifice

Un orifice est une obstruction partielle d'une conduite généralement destinée à contrôler le débit à l'aval. Les orifices peuvent par exemple être utilisés pour contrôler le débit sortant d'un bassin de retenue ou à l'aval d'un déversoir d'orage. Selon les conditions d'écoulement à l'aval, on distingue les orifices noyés et les orifices non noyés.

CANOE permet de prendre en compte différents types d'orifices :

- masque ou fermeture de la conduite par le haut ou par le bas (épousant la forme de la conduite) ;
- orifice de section circulaire ;
- orifice de section rectangulaire.

L'ouvrage fonctionne en clapet (un seul sens d'écoulement) ou comme un orifice simple dans les deux sens.

Les orifices sont représentés par une perte de charge à la Borda :

$$Y_{am} - Y_{av} = K \frac{(V_c - V_{av})^2}{2g}$$

Cette équation exprime que la perte de charge entre l'amont et l'aval de l'ouvrage est une perte de charge due à l'élargissement brusque de la section de l'écoulement à l'aval de l'ouvrage. On suppose que les vitesses de l'écoulement à l'amont et à l'aval de l'ouvrage sont égales. Si l'on exprime le débit en fonction des cotes de surface libre à l'amont et à l'aval de l'ouvrage, on obtient :

$$Q = m\sqrt{2g} \left[\frac{S_{av} \cdot S_c}{S_{av} - S_c} \right] \sqrt{Y_{am} - Y_{av}}$$

avec :

- $Q_{am} = Q_{av} = Q$: débit qui passe dans l'ouvrage ;
- Y_{am} : cote de la surface libre à l'amont physique du point spécial ;
- Y_{av} : cote de la surface libre à l'aval physique du point spécial ;
- S_c : section contractée de l'ouvrage ;
- V_c : vitesse de l'écoulement dans la section contractée ;
- S_{av} : section de l'écoulement à l'aval physique de l'ouvrage ;
- g : accélération de la pesanteur ;
- $m = \sqrt{1/K}$: coefficient de débit.

3.7.2.4. Etranglement

Un étranglement est une conduite courte, de plus petite dimension, placée dans un réseau d'assainissement et généralement destinée à contrôler le débit à l'aval. Les étranglements peuvent par exemple être utilisés pour contrôler le débit sortant d'un bassin de retenue ou à l'aval d'un déversoir d'orage. Ils se distinguent des orifices par le fait que les pertes de charge linéaires le long de la conduite étranglée sont plus importantes que les pertes de charge singulières dues à l'entonnement et à l'élargissement brusque.

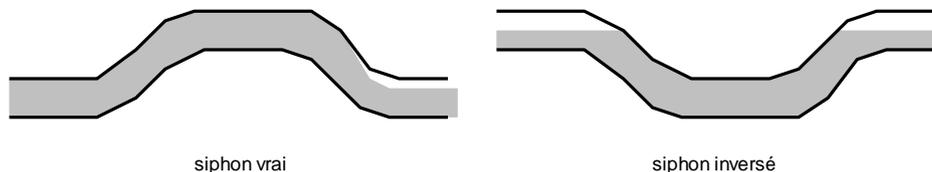
CANOE ne permet de représenter que des étranglements de forme circulaire.

L'étranglement est simplement représenté comme un tronçon de pente nulle.

Attention : aucune perte de charge singulière supplémentaire n'est prise en compte pour l'entonnement ou l'élargissement brusque. Il est nécessaire de prendre en compte ces éléments dans le choix du coefficient de Strickler.

3.7.2.5. Siphon

Un siphon réunit deux ouvrages, éventuellement situés à des niveaux différents, fonctionnant à surface libre, par une partie intermédiaire située à un niveau supérieur à celui de l'ouvrage le plus élevé (siphon vrai), ou au contraire à un niveau inférieur à celui de l'ouvrage le plus bas (siphon inversé).



Pour qu'il y ait écoulement, il faut amorcer le siphon, c'est à dire créer une dépression dans la partie haute. L'énergie de pression atmosphérique se convertit alors en énergie potentielle (et cinétique), ce qui permet au réservoir du haut de se vider dans celui du bas. La seule limite est que la hauteur entre le niveau d'eau du réservoir le plus bas et le point haut du siphon ne dépasse pas la hauteur correspondant à la pression atmosphérique (10 m), diminuée de la pression de vapeur de l'eau. L'écoulement dans le siphon est un écoulement en charge ne dépendant que de la charge hydraulique.

Pour en savoir plus : Siphon

3.7.2.6. Station de pompage ou de relèvement

CANOE permet de représenter n'importe quel type de pompe (refoulement, pompage, aspiration, etc.), dans des stations qui peuvent posséder jusqu'à 8 paliers de pompage différents.

La modélisation d'une station de pompage ou de relèvement se fait dans le modèle Barré de Saint Venant comme une régulation du débit dans la conduite aval en fonction du niveau où est réalisé le pompage.

Connaissant la charge (Yam - Yav), on peut déterminer, en interpolant dans la table hauteur/débit (correspondant à la courbe caractéristique de la pompe), le débit de la pompe correspondant à la charge dans celle-ci.

La mise en marche ou l'arrêt d'une ou des pompes se fait en fonction du niveau amont, à l'amont de la pompe (sens de l'écoulement).

On utilise les deux cotes de changement de fonctionnement de la façon suivante :

- une pompe en marche continue de pomper aussi longtemps que le niveau reste supérieur à YBAS (cote d'arrêt) ;
- une pompe à l'arrêt se met en fonctionnement dès que le niveau amont devient supérieur à YHAUT (cote de mise en marche) ;
- l'écart entre les cotes YHAUT et YBAS définit la zone dans laquelle les pompes ne changent pas d'état de fonctionnement.

Le calcul du débit pompé en fonction de la charge est effectué en résolvant le système d'équations constitué par :

- l'équation de continuité (en supposant qu'il n'y a pas de stockage dans la pompe elle-même, c'est à dire que le débit immédiatement à l'aval de la pompe est le même que le débit immédiatement à l'amont)
- la relation $H=f(Q)$ correspondant au nombre de paliers de pompes en fonctionnement au début du pas de temps de calcul.

Pour en savoir plus : Caractéristiques (d'une pompe)

Précautions à prendre

1) Il est utile de prévoir une bêche (composant chambre) à l'amont immédiat de la pompe pour éviter des variations trop rapides de la hauteur amont (ce qui provoque des séquences mises en route/arrêt très rapides des pompes).

2) Il est indispensable que la courbe débit/hauteur caractérisant la pompe soit cohérente avec les hauteurs de relèvement nécessaires du fait des différences de cotes. A défaut, CANOE ne pourra pas stabiliser les calculs.

3.7.2.7. Grille

Une grille est un composant constitué par un ou plusieurs niveaux de grilles à barreaux de plus en plus serrés ou de tamis à mailles de plus en plus fines, destinés à arrêter les éléments grossiers transportés par l'eau, quel que soit le mode de transport (flottation, suspension ou charriage).

Le composant grille ne permet de représenter que les grilles entraînant une perte de charge de la forme kV^2 . En particulier, les grilles équipées de dégrilleur automatique, dont la mise marche est réglée sur une différence de niveau entre l'amont et l'aval (DH imposé) ne peuvent pas être représentées par ce composant. On peut éventuellement utiliser les composants fonctionnels.

Les grilles provoquent une remontée de la ligne d'eau de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres. Elles sont représentées par une perte de charge singulière de la forme :

$$J = k \frac{V^2}{2g}$$

avec :

- V : vitesse d'approche (m/s) ;
- g : accélération de la pesanteur (m/s²) ;
- k : coefficient de pertes de charge (m⁻¹).

3.7.2.8. Régulateur (non disponible dans CANOE^{LT})

Dans la version de base, CANOE permet d'utiliser deux types de régulateurs :

- les vannes de fond,
- les seuils réglables.

Le régulateur lui-même est un composant d'un ouvrage spécial, mais le point de mesure qui le pilote est un ouvrage spécifique (capteur - voir §5.4.9.).

Un régulateur peut être piloté par un dispositif PID (PID = Proportionnel, Intégral, Différentiel), soit positionnel, soit impulsif.

3.7.2.9. Composants fonctionnels

Un composant fonctionnel est un élément décrit par ses règles de fonctionnement et non par ses caractéristiques géométriques ou physiques. Il est décrit par une relation entre débit, vitesse et charge à l'amont et à l'aval du composant.

Les différents composants utilisables sont les suivants :

- relation $Q_{aval} = f(H_{amont})$ (débit imposé)
- relation $H_{aval} = f(V_{amont})$ (perte de charge singulière)
- limiteur de débit

L'utilisation de ce type de composant est délicate, car un mauvais choix des paramètres peut conduire à des conditions hydrauliques incohérentes, susceptibles de générer des perturbations numériques importantes.

3.7.3. Cas des déversoirs latéraux (non disponible dans CANOE^{LT})

Au sens de CANOE, un déversoir latéral est un ouvrage linéaire assimilable à une conduite de faible longueur associée à une succession de départs latéraux (voir schéma ci dessous).

Sur le plan du calcul hydraulique, CANOE utilise les hypothèses suivantes :

- un seuil de déversoir d'orage latéral est traité comme une succession de n seuils.
- sur un seuil donné, la ligne d'eau est horizontale (la hauteur d'eau est constante), elle varie d'un seuil à l'autre.
- le mode de calcul du débit déversé sur un seuil est le même que pour un seuil frontal.

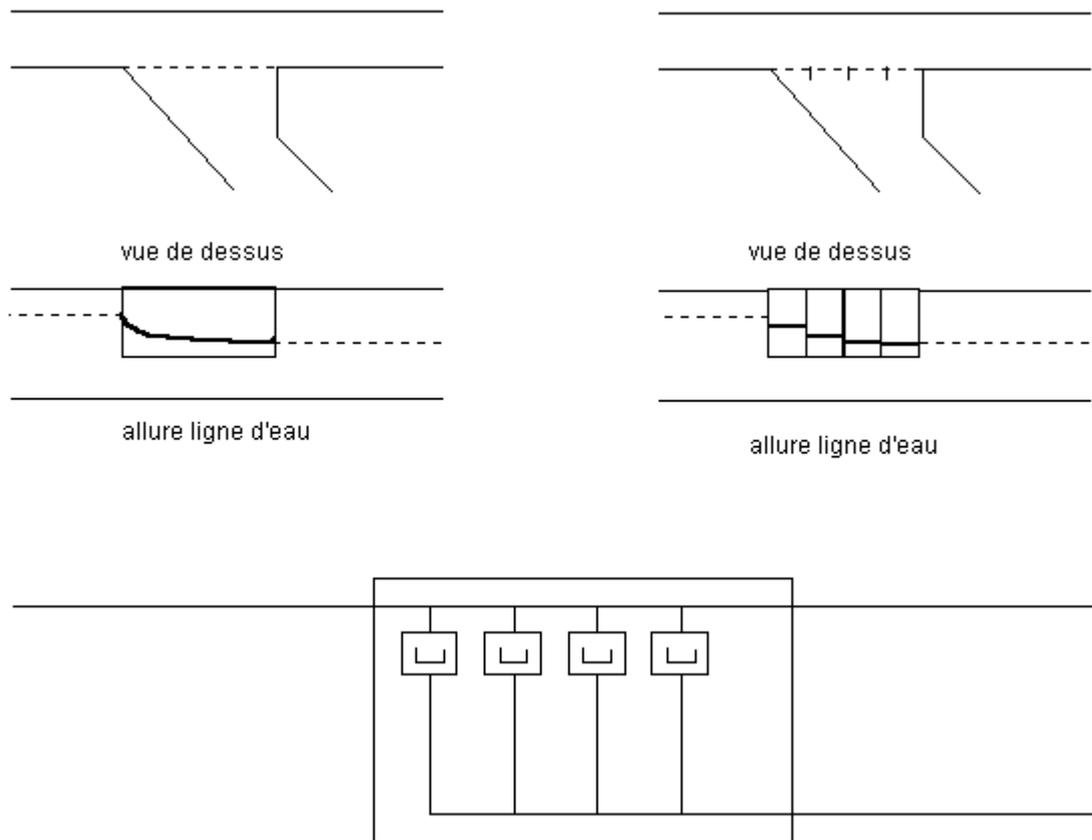


Schéma du modèle

Chacun des seuils élémentaires est découpé en petits seuils frontaux. Le nombre total de seuils frontaux est limité à 20. Le découpage n'a lieu que si la longueur de crête est supérieure à 1 mètre. Pour des seuils de longueur inférieure à 1 mètre, il est donc inutile de saisir un déversoir latéral.

3.7.4. Cas des ouvrages régulés (non disponible dans CANOE^{LT})

La régulation se met en œuvre en utilisant de façon conjointe un point de contrôle et un régulateur.

Un point de contrôle (capteur) est un point de mesure sur lequel on essaiera de réaliser une consigne en agissant sur un régulateur situé en un autre point du réseau.

Un point de contrôle est rattaché à un nœud. Ce nœud ne doit être affecté d'aucun ouvrage, chute ou seuil. Le point de contrôle doit être obligatoirement défini avant la saisie du composant régulateur auquel il sera associé.

3.8. Calage (non disponible dans CANOE ^{LT})

3.8.1. Utilité du calage et stratégie générale

3.8.1.1. Utilité et principes généraux

Si l'on ne s'intéresse qu'aux volumes et aux débits de pointe, les modèles utilisés sont simples et généralement bien adaptés. Cependant le choix correct des paramètres est parfois délicat, particulièrement pour de petites pluies ou lorsque les zones perméables jouent un rôle important dans la transformation pluie-débit.

Si l'on s'intéresse aux flux de polluants, il n'est pratiquement pas possible de fixer a priori la valeur numérique à attribuer aux paramètres des modèles.

Dans ces situations, un calage effectué avec des mesures de terrain est souvent indispensable, toujours extrêmement utile.

En toute rigueur, le calage doit être effectué en utilisant une partie des données disponibles (environ la moitié). La deuxième partie, non utilisée pour le calage, sera utilisée pour la validation du modèle (évaluation des erreurs et incertitudes résiduelles).

<i>pour en savoir plus : Calage</i>

3.8.1.2. Outils utilisables

CANOE propose différents outils d'aide au calage :

- un outil semi-automatique de calage des fonctions de production ;
- des outils de représentation permettant de superposer les hydrogrammes ou les pollutogrammes calculés et mesurés et d'évaluer différents critères d'écart.

Sur un plan plus technique, les aides au calage utilisées par CANOE reposent sur la notion de mesure. Au sens de CANOE, une mesure est un histogramme (hauteur, vitesse, débit, concentration, débit solide) reconstitué à partir de mesures faites sur une période de temps plus ou moins longue, continue ou non, et sur laquelle on a défini des règles de comblement des lacunes (comment évaluer la « vraie » valeur si on ne l'a pas mesurée) ainsi que des périodes sur lesquelles on souhaite réaliser la comparaison (voir le §3.8.5).

3.8.1.3. Stratégie générale

La démarche générale de calage la plus classique est la suivante :

- 1) caler les pertes initiales en recherchant la plus petite pluie qui génère un écoulement ;
- 2) caler les paramètres des fonctions de production (en utilisant le volume total comme critère) ;
- 3) caler les paramètres des fonctions de transfert en utilisant comme critère soit le débit de pointe, soit un critère de ressemblance des hydrogrammes ;
- 4) caler les déversoirs d'orage en recherchant la plus petite pluie qui provoque un déversement ;
- 5) caler les fonctions de production de la pollution (sans remettre en cause les volumes d'eau et en utilisant la masse de pollution comme critère, ce qui revient à caler sur les concentrations) ;
- 6) caler les fonctions de transfert de la pollution en utilisant comme critère soit le débit massique de pointe, soit la concentration maximum, soit un critère de ressemblance des pollutogrammes.

3.8.2. Calage des fonctions de production des volumes d'eau

3.8.2.1. Objectifs et méthode

L'objectif est ici de caler les paramètres des fonctions de production de façon à ce que les volumes simulés soient les plus voisins possibles des volumes mesurés pour une ou (de préférence) plusieurs pluie(s).

Pour atteindre cet objectif, différentes solutions sont possibles :

- modifier individuellement les données décrivant les bassins versants, voire modifier le type de fonction de production associée ;
- modifier les coefficients de production des différents types de surface dans les paramètres généraux du projet ;
- affecter un coefficient de calage moyen par zone de production (une zone de production étant un ensemble de plusieurs bassins versants pour lesquels on est capable d'évaluer, à partir d'une ou de plusieurs mesures, le flux total produit).

Les trois solutions sont utilisables si l'on choisit un calage manuel. Le calage automatique mettra obligatoirement en œuvre la troisième solution.

3.8.2.2. Outils d'aide au calage manuel

Dans le cas d'un calage manuel, c'est l'utilisateur qui décide du type de correction à apporter (choix de la méthode, choix du paramètre à modifier et choix de la nouvelle valeur à attribuer au paramètre). CANOE peut cependant fournir des aides permettant d'aider l'utilisateur à effectuer ses choix. Ces aides consistent à fournir à l'utilisateur des éléments de comparaison entre l'hydrogramme calculé et l'hydrogramme mesuré :

- visualisation des deux hydrogrammes superposés
- affichage de l'écart entre les volumes mesuré et calculé.

Ces aides sont accessibles par la commande « *Comparaison histogrammes* » dans le menu « *Résultat* » de l'appliquet simulation.

Il est également possible, si l'on souhaite effectuer le calage sur plusieurs pluies, d'obtenir des informations statistiques sur les écarts entre valeurs mesurées et valeurs calculées. Pour ceci, il faut utiliser la commande « *Analyse statistique des écarts* » dans le menu « *Résultats* ».

Différents types d'analyse sont proposés :

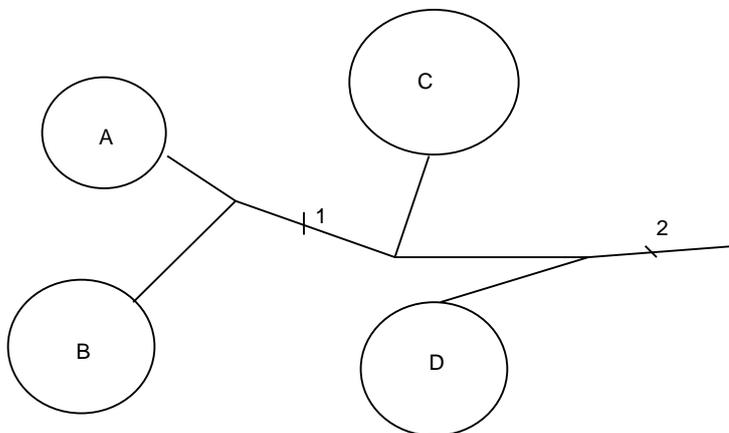
- pour un point de mesure donné, pour un critère et pour toutes les pluies : tableau récapitulatif, valeur moyenne, écart type.
- pour tous les points de mesure, toutes les pluies et un critère : idem.
- pour tous les points de mesure, une pluie donnée et un critère donné : idem.

3.8.2.3. Outil de calage semi-automatique

Le calage semi-automatique permet d'affecter à chaque bassin versant un coefficient de calage permettant de minimiser l'écart entre les volumes mesurés et les volumes calculés, soit pour le temps sec (eaux usées seules), soit pour le temps de pluie (eaux pluviales seules ou mélange eaux usées et eaux pluviales). Si l'on veut faire le calage sur le temps de pluie, on peut utiliser une ou plusieurs pluies en entrée. La méthode utilisée est la suivante :

On fait une simulation du réseau. Chaque fois que l'on rencontre un point de mesure, on l'utilise pour corriger les productions des bassins versants amont qui n'ont pas encore été corrigés (on ne corrige donc un bassin versant donné qu'une seule fois) et on recommence la simulation depuis le départ en appliquant aux bassins versants corrigés le coefficient de calage calculé.

Exemple :



- 1) On fait la simulation jusqu'à atteindre le point de mesure 1 ;
- 2) on calcule le coefficient de correction à appliquer ;
- 3) on cherche les bassins versants amont qui n'ont pas encore été corrigés (ici A et B) ;
- 4) on applique le coefficient de correction à A et B et on recommence la simulation depuis le début ;
- 5) on continue la simulation jusqu'au point de mesure 2 (on ne s'arrête pas au point de mesure 1 qui a déjà été utilisé) ;
- 6) on calcule le coefficient de correction à appliquer ;
- 7) on cherche les bassins versants amont qui n'ont pas encore été corrigés (ici C et D) ;
- 8) on applique le coefficient de correction à C et D et on recommence la simulation depuis le début ;
- 9) on continue la simulation jusqu'à l'exutoire (on ne s'arrête pas aux points de mesure 1 et 2 qui ont déjà été utilisés).

Dans le cas d'une chronique de pluies, le modèle est calé indépendamment et successivement pour chaque pluie de la chronique selon la procédure précédente. A la fin de chacune des simulations, les caractéristiques de la pluie (hauteur totale, intensité moyenne, durée, etc.) et les résultats (coefficients de calage à appliquer à chaque bassin versant et volumes ou masses produits) sont stockés. Lorsque toutes les pluies de la chronique sont simulées, le programme affiche l'ensemble des coefficients de correction calculés, leur moyenne pondérée par les volumes produits (valeur qui permet de minimiser l'écart total entre la somme des grandeurs mesurées et calculées pour l'ensemble des pluies de la chronique), ainsi qu'un certain nombre

d'autres informations statistiques (moyenne, écart type, etc.). Il est alors possible d'affecter la valeur du coefficient de calage moyen à tous les bassins versants.

3.8.3. Calage des fonctions de transfert des hydrogrammes

3.8.3.1. Objectifs et méthode

L'objectif est ici de caler les paramètres des fonctions de transfert de façon à ce que le débit de pointe, le temps de montée, ou tout autre critère caractérisant l'hydrogramme simulé soit le plus voisin possible du même critère mesuré pour une ou (de préférence) plusieurs pluie(s).

Pour atteindre cet objectif, différentes solutions sont possibles :

- agir sur les paramètres de la fonction de transfert des bassins versants (en particulier lag-time) ;
- agir sur les paramètres de la fonction de transfert dans les tronçons (en particulier le coefficient de Strickler) ;
- agir sur les paramètres des ouvrages spéciaux (en particulier sur ceux des bassins de retenue). Cette dernière solution est la plus délicate à mettre en œuvre.

3.8.3.2. Outils d'aide au calage manuel

CANOE propose différents outils d'aide au calage.

3.8.3.2.1. Comparaison d'histogrammes

Il est possible d'utiliser les outils de visualisation et de superposition d'hydrogrammes déjà présentés au paragraphe 3.8.2.2. Il est également possible, en plus de la visualisation, d'obtenir la valeur de différents critères d'écart entre l'hydrogramme mesuré et l'hydrogramme calculé, ou entre d'autres types d'histogrammes (évolution de la hauteur ou de la vitesse en fonction du temps) :

- écart quadratique total,
- écart quadratique normé,
- écart de Nash, etc..

Ces critères d'écarts peuvent être calculés sur l'ensemble des valeurs ou sur des valeurs seuillées.

Ils peuvent également être calculés en translatant dans le temps l'histogramme mesuré par rapport à l'histogramme calculé. La recherche du décalage temporel optimisant la valeur du critère choisi peut d'ailleurs être faite automatiquement.

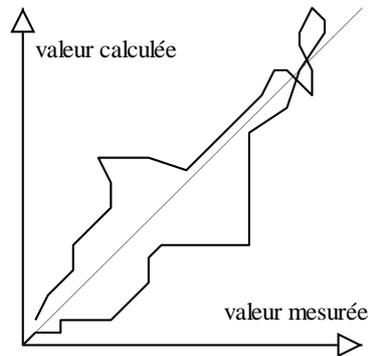
3.8.3.2.2. Analyse statistique des écarts

Il est également possible, si l'on souhaite effectuer le calage sur plusieurs pluies, d'obtenir des informations statistiques sur les écarts entre valeurs mesurées et valeurs calculées. Les tableaux récapitulatifs proposés sont très divers :

- pour un point de mesure donné, pour un critère et pour toutes les pluies : tableau récapitulatif, valeur moyenne, écart type.
- pour tous les points de mesure, toutes les pluies et un critère : idem.
- pour tous les points de mesure, une pluie donnée et un critère donné : idem.

3.8.3.2.3. Analyse comparée de l'évolution de deux grandeurs

CANOE propose un outil représentant graphiquement l'évolution de la grandeur calculée en fonction de la grandeur mesurée. Le logiciel calcule également un coefficient de régression. Ces résultats peuvent être exportés sur EXCEL pour des traitements ou des visualisations plus complets.



Attention : non disponible dans la version 1.7

3.8.3.3. Calage du coefficient de Strickler

La commande « *Facteur multiplicateur du coeff. de Strickler* » dans la partie utilisation avancée de l'écran « *Paramètres de simulation Barré de Saint Venant* » permet de modifier globalement les coefficients de rugosité définis dans le modèle. L'ensemble des coefficients de frottement définis dans le réseau peut être modifié par ce facteur. Choisir un facteur supérieur à 1 accélère l'écoulement, choisir un facteur inférieur à 1 ralentit l'écoulement.

3.8.4. Calage des fonctions de production de la pollution

3.8.4.1. Objectifs et méthode

Le but est de caler les paramètres des fonctions permettant le calcul des concentrations (les fonctions de production des flux d'eau doivent avoir été calées au préalable).

- Dans le cas d'un calage manuel, n'importe quel paramètre peut être modifié (selon la méthode utilisée). On peut se donner comme objectif de caler les masses ou tout autre critère (concentration maximum, forme du pollutogramme, etc.)
- Dans le cas d'un calage automatique, seule la masse totale (donc la concentration moyenne) peut être calée. Le logiciel affectera les concentrations instantanées calculées à chaque pas de temps d'un coefficient correcteur constant permettant de caler la masse totale produite. Il est possible d'ajuster automatiquement les masses totales, puis de jouer sur certains paramètres n'affectant pas la concentration moyenne pour rendre la forme du pollutogramme calculé plus voisine de celle du pollutogramme observé.

Nota : La mauvaise qualité actuelle des mesures rend souvent illusoire des calages très précis et très sophistiqués.

3.8.4.2. Outils d'aide au calage manuel

Les aides proposées par CANOE sont de même nature que celles présentées précédemment :

- visualisation des deux pollutogrammes superposés,
- affichage de l'écart entre les masses mesurées et calculées,
- affichage de différents critères d'écart entre deux pollutogrammes avec possibilités de décalage.

Ces aides sont accessibles par la commande « *Comparaison histogrammes* » dans le menu « *Résultat* » de l'appliquet simulation.

Il est également possible, si l'on souhaite effectuer le calage sur plusieurs pluies, d'obtenir des informations statistiques sur les écarts entre valeurs mesurées et valeurs calculées. Pour ceci, il faut utiliser la commande « *Analyse statistique des écarts* » dans le menu « *Résultats* ».

Différents types d'analyse sont proposés :

- pour un point de mesure donné, pour un critère et pour toutes les pluies : tableau récapitulatif, valeur moyenne, écart type.
- pour tous les points de mesure, toutes les pluies et un critère : idem.
- pour tous les points de mesure, une pluie donnée et un critère donné : idem.

3.8.4.3. Outil de calage semi-automatique

Cet outil fonctionne exactement comme l'outil d'aide au calage des fonctions de production

3.8.5. Gestion des mesures (non disponible dans CANOE^{LT})

Une mesure est un histogramme (de débit, de hauteur, de vitesse, de concentration, etc.) associé à un capteur (point de contrôle). Il arrive souvent que les appareils de mesure présentent des anomalies de fonctionnement pendant les pluies. Pour cette raison, au sens de CANOE une mesure doit, avant d'être utilisée pour le calage, être complétée par différentes informations :

- les périodes de temps à prendre en compte pour calculer le critère de comparaison et les histogrammes associés à ces périodes,
- la prise en compte éventuelle d'un seuil de valeur en dessous duquel on ne considère pas les valeurs.
- les règles de comblement des lacunes sur chacune des périodes permettent de définir la façon de traiter les périodes de temps pendant lesquelles aucune valeur n'est mesurée.

Pour régler ce dernier problème, différentes solutions sont proposées :

- valeur nulle ou valeur égale à celle de la première valeur mesurée (prolongement à valeur constante vers les temps négatifs) ,
- valeur nulle ou valeur égale à celle de la dernière valeur mesurée (prolongement à valeur constante vers les temps positifs).

4. Données - Principes généraux

4.1. Organisation des données

Les données sont partagées en trois groupes :

- 1 : les projets
- 2 : les bibliothèques de pluies
- 3 : les bibliothèques de conduites

Un projet est composé :

- des données décrivant le système d'assainissement, ces données sont utilisables par tous les applicatifs ;
- des paramètres et des résultats d'une simulation.

Un projet doit obligatoirement faire référence à une bibliothèque de pluies et à une bibliothèque de conduites.

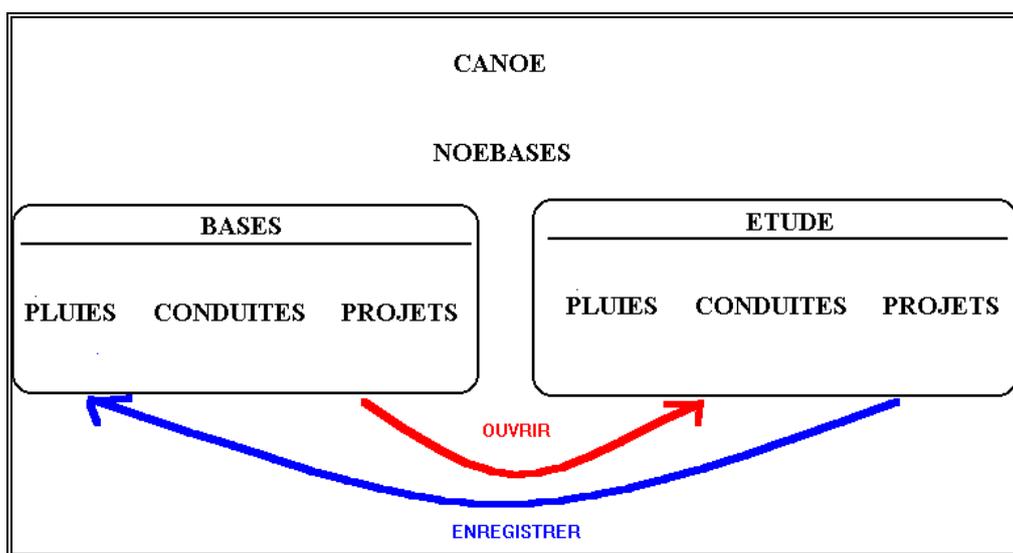
La bibliothèque de pluies contient différentes pluies qui peuvent être utilisées au cours des simulations.

La bibliothèque de conduites contient les différentes formes de conduites qui peuvent être utilisées dans la définition des tronçons des projets.

Un même utilisateur peut avoir plusieurs projets, plusieurs bibliothèques de pluies ou plusieurs bibliothèques de conduites sur une même machine. Les projets et les bibliothèques sont rangés dans des bases de données. A chaque instant, un projet, une bibliothèque de pluies et une bibliothèque de conduites sont actifs. Dans le vocabulaire de CANOE, il s'agit respectivement du projet courant et des bibliothèques courantes.

Le projet courant est le dernier projet qui a été ouvert par la commande *Ouvrir projet* du menu projet. Son nom, ainsi que le nom du fichier de sauvegarde de ce projet sont rappelés dans la barre d'état au bas de l'écran. La bibliothèque courante est la dernière bibliothèque du même type qui a été ouverte dans un applicatif.

L'organisation générale peut être schématisée par la figure suivante.



Voir les § 5.2., 6.2 et 7.2 pour sauvegarder ou ouvrir un projet ou une bibliothèque

Attention : Une même bibliothèque peut être associée à plusieurs projets. De ce fait, la modification d'une conduite par exemple, sera répercutée sur tous les tronçons de tous les projets liés à cette conduite.

4.2. Bornes - contrôles

4.2.1. Principes

Les données d'entrée de CANOE peuvent être contrôlées par rapport à leur appartenance à trois domaines distincts, nécessairement inclus les uns dans les autres :

- le domaine usuel (bornes usuelles) : il correspond aux valeurs les plus habituelles des données.
- le domaine normal (bornes normales) : il représente le domaine normal de validité des modèles utilisés par CANOE.
- le domaine logique (bornes logiques) : il correspond aux valeurs limites des opérations effectuées par CANOE. Aucune valeur ne peut être saisie en dehors de ces bornes.

Si le contrôle est activé et qu'une valeur numérique est saisie en dehors des bornes usuelles ou des bornes normales, le logiciel demandera une confirmation à l'utilisateur. Si la valeur est en dehors des bornes normales, cette confirmation nécessitera une double manipulation.

4.2.2. Adaptation des bornes

Les bornes usuelles peuvent être adaptées par l'utilisateur en fonction des cas qu'il a l'habitude de traiter. La modification des bornes normales est également possible mais dangereuse. La modification des bornes possibles est interdite.

Le tableau des bornes est accessible dans la fenêtre principale de CANOE par le menu :

Projet
Paramètres
Bornes de saisie

Ce tableau permet également de mettre à jour les valeurs par défaut qui sont attribuées aux paramètres.

La validation de ce tableau impose les règles suivantes :

- 1) la valeur par défaut doit obligatoirement être comprise entre les bornes usuelles (ou être nulle).
- 2) les mini et maxi usuels doivent obligatoirement être compris entre les bornes normales.
- 3) les mini et maxi normaux doivent obligatoirement être compris entre les bornes logiques.

4.2.3. Activation du contrôle

L'utilisateur peut activer le contrôle au niveau de son choix :

- niveau 0 : aucun contrôle sur les valeurs des données,
- niveau 1 : contrôle uniquement sur les bornes possibles,
- niveau 2 : contrôle sur les bornes possibles et sur les bornes normales,
- niveau 3 : contrôle sur les trois niveaux de bornes.

Le choix du niveau de contrôle est accessible depuis la fenêtre principale de CANOE ainsi que des fenêtres *Gestion des données du projet* ou *Simulation* par le menu :

Projet
Paramètres
Caractéristiques

Plus le niveau est haut, plus le contrôle est sévère et plus le nombre de messages risque d'être important.

4.3. Généralités pour la gestion des données

Dans CANOE, la plupart des données peuvent être saisies ou manipulées soit dans un éditeur graphique permettant leur sélection ou leur visualisation, soit à l'aide d'un tableur. Parfois les deux modes doivent être utilisés conjointement.

Les données manipulées sont très diverses en forme et en contenu. Le paragraphe 5 détaille les modalités pratiques de leur saisie.

Cependant, pour de nombreuses données, certaines règles générales identiques sont applicables. L'objet de ce chapitre est de présenter ces règles.

4.3.1. Nom des objets

Lors de la création d'un nouvel objet (projet, nœud, tronçon, pluie, conduite,...), il est interdit :

- de donner à l'objet le nom d'un objet du même type qui a déjà été saisi, sinon un message d'erreur est édité et la validation est refusée ;
- d'utiliser un nom contenant des guillemets.

4.3.2. Icônes



Pour différents champs, l'icône aide experte propose une valeur par défaut adaptée au contexte.

Attention : Les règles expertes utilisées ne sont pas toujours adaptées et la valeur proposée n'est qu'indicative. L'aide experte ne doit donc être considérée que comme une aide à la saisie et non comme une référence garantissant un bon résultat dans tous les cas.

L'icône baguette magique :



permet de remplir automatiquement le champ de saisie correspondant, soit de façon systématique soit en utilisant la valeur proposée par l'aide experte. Par exemple, la baguette magique associée au nom lors de la saisie d'un bassin versant génère le nom suivant "BV -> nom du nœud"

4.3.3. Fenêtre de données

4.3.3.1. Définition

Une fenêtre de données est une fenêtre permettant la saisie ou la mise à jour des caractéristiques d'un objet (nœud, tronçon, bassin versant, ouvrage, histogramme, etc.).

Sélectionner cette commande ou cliquer sur l'icône suivante :



fait repasser au premier plan la dernière fenêtre de données affichée (si elle n'a pas été fermée par la commande *Fermer*).

Pour faire passer cette fenêtre de données en arrière-plan, il faut cliquer en un point de la fenêtre principale hors du plan du réseau et hors de la barre d'outils.

4.3.3.2. Boutons de commande dans une fenêtre d'édition de données

Valider : Crée dans la base de données un nouvel objet avec les valeurs saisies en cas de création ou enregistre dans la base de données les dernières modifications apportées à l'objet en cas de mise à jour . Attention, l'activation de cette commande est obligatoire pour sauvegarder les modifications ; la commande *Fermer* ou *Retour* ne valide pas les données.

Détruire (seulement en cas de mise à jour): Détruit l'objet décrit dans la fenêtre après avoir demandé confirmation de la destruction de l'objet affiché. Dans la fenêtre d'édition, les données de l'objet qui vient d'être détruit sont remplacées par celles du premier objet rencontré dans la base de données du type de cet objet.

Nota: si le nom de l'objet que l'utilisateur veut détruire est contenu dans le champ d'un autre objet, la destruction n'est pas acceptée. Par exemple, un capteur auquel est reliée une mesure, un noeud qui est exutoire ne peuvent être détruits.....

Initialiser : Remet dans les champs de saisie les valeurs initiales de l'objet (valeurs par défaut en cas de création ou valeurs lues dans la base en cas de mise à jour).

4.3.3.3. Commande de menu

Fermer : efface la fenêtre de saisie des données de l'objet. Ne sauvegarde pas les données (la sauvegarde impose d'utiliser auparavant la commande *Valider*).

4.3.4. Manipuler les bases de données

L'appliquatif *Utilitaires* de CANOE permet de manipuler les bases de données de CANOE. Il n'est pas accessible à partir du menu principal de CANOE, mais directement à partir du gestionnaire de programme.



Pour le lancer cliquer sur l'icône du gestionnaire de programmes ou lancer *Utinoe.exe*.

Dans le cas d'une installation standard de CANOE, cette icône se trouve dans le même groupe de programmes que l'icône CANOE.

Fonctionnalités offertes dans les utilitaires de CANOE :

Réparer des bases

Réinitialiser des bases

Compacter des bases

Importer des données (fichier ASCII de type **.can* vers base CANOE de type **.mdb*).

Exporter des bases (base CANOE de type **.mdb* vers fichier ASCII de type **.can*).

Configurer le logiciel CANOE

Décompresser des fichiers

Convertir toutes les bases d'un répertoire

4.3.4.1. Réparer des bases

Cliquer sur le bouton de commande *Réparation* de l'utilitaire ou sur la commande du menu. Cette commande vous permet de réparer la base endommagée par CANOE. Il s'agit d'une

correction du dernier enregistrement de la base, ce dernier peut être supprimé afin de mettre à jour l'index de la table qui a été corrompue.

L'utilisateur peut choisir entre quatre bases (projets, pluies, conduites, modèles) qui sont celles situées sur le répertoire de travail (par défaut c:\canoe\etude) de CANOE.

4.3.4.2. Réinitialiser des bases

Cliquer sur le bouton de commande *Réinitialiser* de l'utilitaire ou sur la commande du menu. Cette commande très peu utilisée en temps normal peut s'avérer pratique pour nettoyer les bases de travail après avoir sauvegardé les bases soit par le menu "*Enregistrer*" soit par le menu "*Enregistrer sous*".

4.3.4.3. Compacter des bases

Cliquer sur le bouton de commande *Compactage* de l'utilitaire ou sur la commande du menu. Cette fonction est utile lorsque l'utilisateur veut archiver des projets CANOE sur disquettes par exemple. Le compactage permet une réduction assez conséquente de la taille des bases CANOE en supprimant les espaces inutilisés entre les enregistrements. Compacter un projet devenu très volumineux suite à une simulation par exemple offre un plus grand confort d'utilisation (gain de temps).

4.3.4.4. Importer des données dans les bases de données de CANOE.

Cliquer sur le bouton de commande *Importation* de l'utilitaire ou sur la commande du menu. L'importation des données se fait selon un format de fichiers ASCII. Les fichiers ASCII (extension ".can") peuvent être utilisés par CANOE pour intégrer les données dans les bases projet, pluie et conduite.

L'importation se fait par nature d'objets et suivant certaines règles.

Attention avant toute importation vérifiez que les bases projets, pluies et conduites courantes ont été sauvegardées auparavant.

Voir les paragraphes suivants :

Importation des données structurelles, des histogrammes et des mesures : §5.12

Importation des pluies réelles : §6.3.4

Importation des pluies 3D : § 6.6

Importation des conduites : §7.6

4.3.4.5. Exporter des bases de CANOE vers des fichiers ASCII

Cliquer sur le bouton de commande *Exportation* de l'utilitaire ou sur la commande du menu. L'exportation des données produit des fichiers ASCII (cf. format fichier ASCII d'importation). Les fichiers de bases de données CANOE (extension ".mdb") sont convertis en des fichiers ASCII (extension ".can"). L'intérêt de cette fonctionnalité est évidente si on veut utiliser par exemple des SIG (Système d'Information Géographique).

L'exportation se fait par nature de base CANOE.

L'exportation d'un projet (extension ".mdb") produira les fichiers **noeud.can**, **troncon.can**, **bv.can**, **histo.can**, **mesure.can**. Ces trois derniers fichiers sont créés sous réserve bien sûr que le projet contient des bassins versants et des histogrammes.

La bibliothèque de pluies et celle des conduites sont exportées en des fichiers respectifs **pluie.can** et **cond.can**.

On doit choisir d'abord le chemin où se trouve la base CANOE à exporter puis le valider. Ensuite, il faut que l'utilisateur indique le répertoire de sauvegarde des fichiers issus de l'exportation (extension ".can"). Enfin après avoir renseigné la nature de la base à exporter, l'utilisateur pourra cliquer sur le bouton "*Exporter*" pour lancer l'exportation des données.

Voir les paragraphes suivants :

Exportation des pluies réelles : §6.13

Exportation des conduites : §7.5

4.3.4.6. Configurer le logiciel CANOE

Cette commande vous permet de rendre CANOE plus convivial en ce sens qu'il permet de choisir certains paramètres que ce soit les couleurs, les tailles, les répertoires de sauvegarde ainsi que d'autres options comme la musique ou les images en fond de plan. Vous pourrez ainsi configurer CANOE selon vos habitudes avec vos propres couleurs de référence. Si cette fonctionnalité laisse une grande liberté d'action, il est prudent de ne pas changer trop souvent ces paramètres par souci de compréhension.

Cliquer sur la commande *Configuration du logiciel* de l'utilitaire ou sur la commande du menu.

Vous verrez apparaître quatre type de paramètres :

- les couleurs,
- la taille des objets,
- le multimédia (son et musique),
- les répertoires par défaut.

Pour chaque type, on peut voir s'afficher un écran de saisie.

Les couleurs : chaque objet de CANOE (noeud, tronçon, bv, etc...) a une couleur par défaut qui peut être modifiée. La seule précaution à prendre sera de rendre l'affichage de tous les objets lisible à l'écran.

La taille des objets : comme pour les couleurs, les objets ont une taille d'affichage qui leur est propre et celle-ci est respectée lors de la représentation du réseau à l'écran.

Il peut être pratique de modifier les tailles de certains objets comme les ouvrages spéciaux afin de mieux les localiser à l'intérieur d'un grand réseau.

Les options multimédia : pour les utilisateurs qui possèdent une machine performante, il est possible de choisir l'image qui apparaîtra au lancement du logiciel ainsi que les musiques associées à chaque action du logiciel. Il est agréable par exemple de pouvoir écouter une douce musique lors de la simulation. Les fichiers sons ont l'extension ".wav" alors que les images elles ont le format ".bmp".

Les répertoires dans lesquels les images et les sons sont lus sont respectivement

c:\canoe\noebases\etudeInterne et c:\canoe\musique si le répertoire d'installation est c:\canoe.

Les répertoires par défaut : CANOE utilise les chemins de sauvegarde pour enregistrer les projets, les pluies et les conduites. Ces chemins sont modifiables mais doivent être choisis avec précaution. CANOE peut archiver une étude entière, c'est-à-dire le projet et les bibliothèques de pluies et de conduites associées sous la forme d'un fichier compressé qui sera sauvegardé sur le chemin par défaut.

Modifier les chemins de sauvegarde est utile lorsque l'on veut personnaliser le travail.

En règle générale, il est conseillé de fermer CANOE avant de lancer les Utilitaires CANOE en raison de la non partageabilité des bases CANOE.

4.3.4.7. Décompresser les bases de CANOE

Cliquer sur la commande "*Décompresser des fichiers*" du menu. Sélectionner le répertoire contenant le ou les fichiers compressés dont l'extension est obligatoirement ".md_".

Pour convertir un seul fichier, sélectionner le fichier, cliquer sur le bouton de commande "*Décompresser*".

Pour convertir plusieurs fichiers, cliquer sur le bouton de commande "*Tout*". Une fenêtre DOS s'ouvre pour chaque fichier à décompresser. Refermer toutes les fenêtres DOS qui ont été ouvertes.

Les fichiers décompressés ont pour extension ".*mdb*" et se trouvent sur le répertoire sélectionné.

4.3.4.8. Convertir toutes les bases d'un répertoire

Cliquer sur la commande "*Conversion des bases*" du menu. Sélectionner le répertoire contenant les bases à convertir puis cliquer sur le bouton de commande "*Conversion*". Toutes les bases contenues dans le répertoire (d'extension ".*mdb*") quel que soit leur type (données structurelles, pluies ou conduites) sont converties si leur numéro de version est inférieur au numéro de version de la base correspondante du répertoire "*Initial*"

5. Gestion d'un projet

5.1. Créer un nouveau projet ou modifier les caractéristiques d'un projet existant

La création d'un nouveau projet peut se faire depuis la fenêtre principale de CANOE ou depuis la fenêtre "Gestion des données du projet" par le menu :

*Projet
Nouveau.*

On peut également utiliser l'icône suivante qui se trouve dans la barre d'outils des mêmes applicatifs :



Le logiciel ouvre alors la fenêtre des caractéristiques qui permet de définir les caractéristiques générales du projet.

Nota : L'icône  présente en bas et à gauche de l'écran dans les applicatifs permettant de modifier le projet, permet d'afficher la fenêtre des caractéristiques du projet. L'action est la même qu'en sélectionnant la commande "Caractéristiques" du menu "Projet" et permet de modifier le niveau de contrôle du projet, les options de contrôle de simulation, les bibliothèques de pluies et de conduites associées au projet.

5.1.1. Nom du projet

Chaîne alphanumérique de 50 caractères au maximum. Attention, ce nom ne doit pas être confondu avec le nom du fichier sous lequel le projet est stocké.

5.1.2. Commentaire

Texte quelconque.

5.1.3. Nom de l'auteur

Chaîne alphanumérique quelconque de 24 caractères au maximum.

5.1.4. Date de la dernière sauvegarde

Champ non accessible dans lequel le logiciel inscrit la date du jour lors de chaque sauvegarde.

5.1.5. Case à cocher "Projet maître".

Attention, cocher cette case induit une protection forte des données décrivant le projet. Si cette case est cochée, le projet, considéré comme projet maître, ne pourra pas être enregistré sous le même nom informatique dans les cas suivants :

- après une simulation,
- après une modification de la structure du réseau par le contrôle de cohérence ou le regroupement.

Il est conseillé de cocher cette case chaque fois que l'on veut éviter de modifier les résultats d'une simulation.

Nota important : Le statut de projet maître n'est pas définitif. Il peut être mis ou supprimé à tout instant en utilisant le menu :

Projet
Paramètres
Caractéristiques

5.1.6. Nom du fichier

Nom informatique, c'est à dire le nom de sauvegarde du projet. Ce nom est formé du nom du fichier de sauvegarde du projet, précédé de son chemin d'accès. Il est défini lors de la première sauvegarde du projet.

5.1.7. Bibliothèques associées au projet

Deux bibliothèques doivent être associées au projet au moment de la création du projet : une bibliothèque de conduites et une bibliothèque de pluies. Il faut donc déjà disposer d'au moins une bibliothèque de conduites et d'au moins une bibliothèque de pluies pour pouvoir créer un projet. On peut ensuite modifier ces affectations.

Pour affecter une bibliothèque au projet (pluies ou conduites), il faut cliquer sur l'icône *Associer bibliothèque* :



correspondante et sélectionner la bibliothèque dans la boîte de dialogue ouverte. Le nom de la bibliothèque est alors affiché ainsi que son nom informatique. Les bibliothèques conduites et pluies ainsi associées sont ouvertes en même temps que le projet.

5.1.8. Niveau de contrôle des données

L'utilisateur choisit le niveau de contrôle qu'il souhaite :

- niveau 0 : aucun contrôle sur les valeurs des données,
- niveau 1 : contrôle uniquement sur les bornes possibles,
- niveau 2 : contrôle sur les bornes possibles et sur les bornes normales,
- niveau 3 : contrôle sur les trois niveaux de bornes.

5.2. Sauvegarder un projet

CANOE travaille systématiquement sur le projet courant. Par défaut, les modifications faites sur le projet courant (ou les résultats de simulation) sont sauvegardées chaque fois que l'on sort de CANOE. Elles sont en revanche perdues si l'on effectue de nouvelles modifications ou une nouvelle simulation ou si l'on ouvre un projet existant ou enfin si l'on crée un nouveau projet. Pour les conserver, il est nécessaire de sauvegarder le projet dans la base de données projet, en lui attribuant un nom et un nom de fichier.

Attention : le nom du projet et le nom du fichier sont deux notions distinctes.

5.2.1. Répertoire de sauvegarde par défaut

Comme toute application Windows, CANOE enregistre les projets, de même que les bibliothèques de pluies et de formes de conduites, sur des répertoires spécifiques. Pour faciliter le travail, CANOE propose, pour chaque type de données, un répertoire de sauvegarde par défaut. Les chemins d'accès à ces répertoires sont modifiables par l'outil **Utilitaires** de CANOE. Ils doivent être choisis avec précaution.

CANOE peut archiver une étude entière, c'est à dire le projet et les bibliothèques de pluies et de conduites associées sous la forme d'un fichier compressé qui sera sauvegardé sur le répertoire par défaut.

A défaut de modification par l'utilisateur, les répertoires de sauvegarde proposés par CANOE pour les projets sont :

C:\CANOE\NOEBASES\BASES\PROJETS	pour la sauvegarde dans la base
C:\CANOE\NOEBASES\ETUDE\PROJET	pour le projet courant

5.2.2. Enregistrer sous

Cette commande permet d'enregistrer le projet courant dans la base de données projet. A la suite de cette commande, une fenêtre de dialogue permet de donner le nom informatique du projet et de choisir le répertoire de sauvegarde.

Cette commande est accessible depuis la fenêtre principale de CANOE ou depuis n'importe quel applicatif utilisant les données structurées (*Gestion des données, Simulation ou Aide au projet*) par le menu :

Projet
Enregistrer sous

La commande *Enregistrer sous* doit être utilisée :

- lors de la première sauvegarde du projet (nota : si on utilise la commande *Enregistrer* sans avoir au préalable défini un nom de projet et un nom de base, CANOE exécute automatiquement la commande *Enregistrer sous*).
- Chaque fois que l'on veut conserver une modification ou les résultats d'une simulation sans écraser l'état précédent ou les résultats précédents.

Pour enregistrer un projet dont ni le nom ni l'adresse n'ont changé, utiliser la commande *Enregistrer*.

5.2.3. Enregistrer

Cette commande permet d'enregistrer le projet courant dans la base de données projets, sous le nom du projet et dans la base courante. Elle nécessite que le nom du projet et le nom de la base aient préalablement été définis.

Cette commande est accessible depuis la fenêtre principale de CANOE ou depuis n'importe quel applicatif utilisant les données structurales (*Gestion des données, Simulation ou Aide au projet*) par le menu :

Projet
Enregistrer

On peut également utiliser l'icône suivante qui se trouve dans la barre d'outils des mêmes applicatifs :



La commande *Enregistrer* doit être utilisée chaque fois que l'on sort d'un applicatif et que l'on souhaite conserver le travail réalisé.

Nota : Si on appelle un autre applicatif sans avoir sauvegardé le projet, CANOE demande si la sauvegarde est bien inutile.

Astuce : Lorsque l'on est dans un applicatif, il est possible de sauvegarder automatiquement lors de l'appel d'un autre applicatif en utilisant la clé droite de la souris.

5.2.4. Conseils sur l'organisation des répertoires

En situation de travail courant, le nombre de projets et de bibliothèques à manipuler peut très vite devenir important. Pour retrouver rapidement les informations archivées, il est donc nécessaire d'organiser correctement les répertoires de sauvegarde.

L'organisation idéale des répertoires de sauvegarde est bien évidemment propre à chaque utilisateur. Nous vous indiquons cependant quelques possibilités d'organisation à titre d'exemples.

5.2.4.1. Travail de type collectivité

Si vous travaillez avec une seule bibliothèque de pluies et une seule bibliothèque de conduites, vous pouvez conserver les répertoires de sauvegarde par défaut

Pour les projets et copies de projet : vous pouvez créer un répertoire par utilisateur composé de plusieurs répertoires *UTILISATEUR*.

Les répertoires *UTILISATEUR* contiennent le fichier projet maître et un répertoire *VARIANTE* contenant les fichiers copiés à partir du projet maître.

Pour archiver un dossier comportant un projet et ses modèles, il suffit de sauvegarder le répertoire *UTILISATEUR*.

Pour archiver tout le travail d'un utilisateur, il suffit de sauvegarder son répertoire.

5.2.4.2. Travail de type bureau d'étude

Une "affaire" est composée d'un projet maître, de copies de projet, d'une bibliothèque de pluies et d'une bibliothèque de conduites.

Vous pouvez créer un répertoire *AFFAIRE* par "*affaire*" composé des sous répertoires *PROJET*, *PLUIES*, *CONDUITES*.

PROJET contient le fichier projet maître et un répertoire *VARIANTE* contenant les fichiers copiés à partir du projet maître.

PLUIES contient le fichier de la bibliothèque de pluies de l'étude

CONDUITES contient le fichier de la bibliothèque de conduites de l'étude

Pour archiver une "*affaire*", il suffit de sauvegarder le répertoire *AFFAIRE*.

5.3. Ouvrir un projet

Cette commande permet d'ouvrir un projet préalablement sauvegardé dans la base de données projets.

Elle est accessible depuis la fenêtre principale de CANOE ou depuis n'importe quel applicatif utilisant les données structurées (*Gestion des données, Simulation ou Aide au projet*) par le menu :

Projet
Ouvrir

On peut également utiliser l'icône suivante qui se trouve dans la barre d'outils des mêmes applicatifs :



La commande ouvre une fenêtre de dialogue qui permet de sélectionner le projet qui devient alors le projet courant. Si l'ancien projet courant n'a pas été sauvegardé au préalable, le logiciel avertit l'utilisateur par le message suivant :

Le projet xxxxx n'a pas été sauvegardé, voulez vous le sauvegarder?

Oui - Non - Annuler

5.4. Décrire un réseau existant : la saisie des données structurelles

5.4.1. Principes

La description du réseau constitue l'étape généralement la plus longue et la plus difficile de la modélisation.

Les règles de base à mettre en œuvre sont décrites dans le § 3.6.

Nous ne les rappellerons donc pas dans ce paragraphe.

5.4.1.1. Différents objets utilisables

Au sens de CANOE, un système d'assainissement est représenté par différents éléments physiques mis en relation : nœuds, tronçons, bassins versants, bassins de retenue, ouvrages spéciaux, exutoires, déversoirs latéraux, capteurs.

Un nœud du réseau est un objet ponctuel, repéré par sa position dans l'espace et jouant un rôle dans la description ou dans le fonctionnement du système d'assainissement.

Un tronçon de réseau est une partie du réseau dont les caractéristiques géométriques (pente, rugosité, forme de la section) restent constantes, de même que les caractéristiques fonctionnelles (pas d'apport latéral de débit). Un tronçon de réseau est limité à l'amont et à l'aval par un nœud (*nota* : *il s'agit d'un sens conventionnel qui n'impose pas obligatoirement le sens d'écoulement de l'eau*).

Un bassin versant est une portion de surface, produisant de l'eau en temps sec et/ou en temps de pluie, et telle que toute l'eau produite puisse être supposée introduite dans le réseau en un même point particulier appelé exutoire du bassin versant. En identifiant cet exutoire à un nœud du réseau, on crée une relation entre le bassin versant (la surface) et le système d'assainissement.

Un bassin de retenue est un ouvrage surfacique permettant de stocker provisoirement de l'eau. Un bassin de retenue est limité à l'amont et à l'aval par un ou plusieurs nœuds (*nota* : *il est également possible de définir un bassin de retenue sans lui donner d'extension spatiale, en l'associant à un ouvrage spécial*).

Un ouvrage spécial est un ouvrage ponctuel, associé à un nœud, et affectant le fonctionnement du réseau.

Un exutoire est également un ouvrage ponctuel associé à un nœud. L'exutoire permet d'établir une relation entre le système d'assainissement et le milieu naturel.

Un déversoir latéral est un ouvrage linéaire (comme un tronçon), avec un départ latéral. Un déversoir latéral est limité par un nœud amont et deux nœuds aval.

Un capteur ou (point de contrôle) est un point du réseau où l'on effectue une mesure (par exemple pour mettre en place une régulation). Un capteur est placé en un point particulier d'un tronçon.

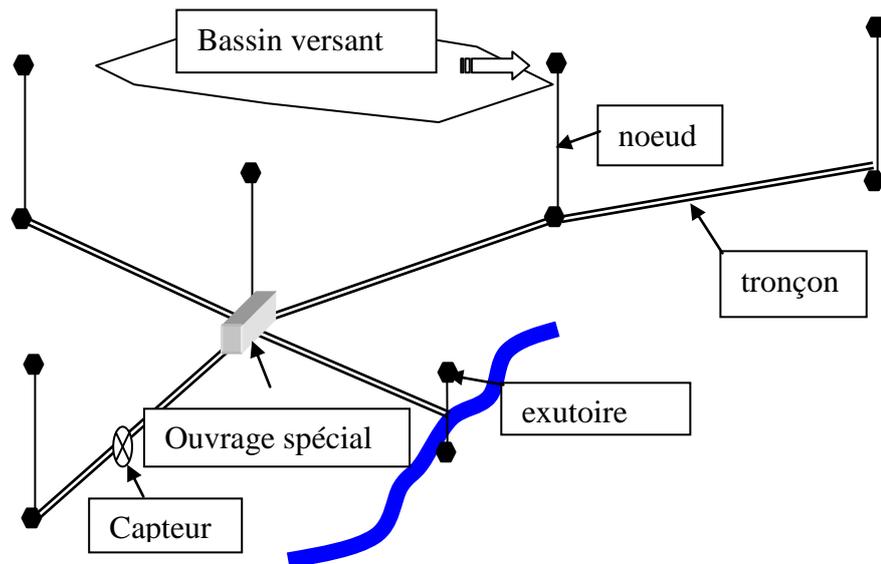


Schéma de principe des principaux éléments utilisables par CANOE

5.4.1.2. Comment organiser la saisie

Préalablement à la saisie, il est nécessaire d'effectuer une préparation soignée, consistant à découper le réseau en éléments (nœuds, tronçons, bassins versants, etc.), à les nommer et à rechercher les données géométriques et physiques nécessaires à leur description.

Nota : l'interface graphique de CANOE permet d'effectuer automatiquement certains calculs de surface, de longueur ou de pente (en particulier surface des bassins versants, longueur des tronçons ou des plus longs parcours de l'eau, etc.).

La saisie des données peut ensuite s'effectuer soit avec un tableur (voir § 5.7.), soit à l'aide de l'interface graphique (voir § 5.6.2. et suivants).

Si on utilise l'interface graphique, les données géométriques décrites par un plan (par exemple contour des bassins versants) peuvent être saisies soit à l'aide d'une table à digitaliser, soit directement à la souris. Il est en effet possible de visualiser un fond de plan sur l'écran (voir §5.11.3).

L'ordre de saisie des données structurelles est relativement libre. Il est cependant nécessaire de commencer par la saisie des nœuds qui constituent les éléments de base du réseau (tous les autres éléments sont positionnés ou référencés par rapport aux nœuds).

5.4.2. Saisie des nœuds

5.4.2.1. Principes

La saisie des nœuds peut se faire par fenêtre de saisie (avec l'interface graphique) ou par tableau. Seule la saisie par l'interface graphique est décrite ici.

La saisie d'un nœud par tableur est accessible depuis les applicatifs "*Gestion des données du projet*" ou "*Aide au projet*" par la commandes *Tableau / Nœud* -. Voir le §5.7.2

La saisie d'un nœud par l'interface graphique est accessible depuis les applicatifs "*Gestion des données du projet*" ou "*Aide au projet*" par les commandes *Edition/Création nœud* ou *Sélection nœud* (cas de la mise à jour) ou en cliquant sur les icônes :



pour la création

ou



pour la mise à jour.

5.4.2.2. Détail de la saisie

Un nœud est décrit par trois types de données.

- données de base (la fenêtre de saisie de ces données est systématiquement affichée),
- données projet (pour afficher la fenêtre de saisie, utiliser la commande *Nœud / Données projet* dans la barre de menu),
- point de débordement (pour afficher la fenêtre de saisie, utiliser la commande *Nœud / Point de débordement* dans la barre de menu).

5.4.2.2.1. Données de base

- nom du nœud : chaîne alphanumérique quelconque. Ce champ doit obligatoirement être rempli, il est interdit de donner un nom qui existe déjà (message d'erreur et validation refusée), les noms ne peuvent comporter de guillemets.
- coordonnées : Peuvent être saisies au clavier, à la table à digitaliser ou à la souris. Ces coordonnées ne peuvent pas être modifiées si le nœud est exutoire d'un bassin versant.

Pour saisir les coordonnées à la souris, utiliser l'icône :



La fenêtre nœud passe alors en arrière plan de façon à libérer la totalité de la fenêtre graphique. Cliquer à l'aide de la souris la position du nœud. Une croix apparaît à l'écran et les valeurs des coordonnées de celle-ci sont transmises à la fenêtre d'édition du nœud. La fenêtre nœud repasse en avant plan.

Pour saisir les coordonnées à la table à digitaliser, utiliser l'icône :



La fenêtre nœud passe alors en arrière plan de façon à libérer la totalité de la fenêtre graphique. Cliquer à l'aide de la souris la position du nœud. Une croix à l'écran apparaît (si les coordonnées sont comprises entre les bornes de la partie du plan visualisé) et les valeurs des coordonnées de celle-ci sont transmises à la fenêtre d'édition du nœud.

- cote sol : doit obligatoirement être saisie.
- cote radier, profondeur : saisir l'une ou l'autre de ces deux grandeurs, l'autre est automatiquement calculée à partir de la valeur de la cote sol (*nota* : la cote sol doit obligatoirement être supérieure à la cote radier),
- case à cocher "Mise à jour des données associées" : si cette case est cochée, alors tous les objets rattachés au nœud seront mis à jour automatiquement lorsque l'on mettra à jour les données relatives au nœud (par exemple la pente des tronçons qui arrivent ou partent du nœud sera modifiée si on change la cote radier du nœud). Si cette case n'est pas cochée, la mise à jour des données relatives au nœud n'aura aucune conséquence sur les données descriptives des objets liés à ce nœud.
- case à cocher "Ne pas regrouper ce nœud" : si cette case est cochée, ce nœud ne sera pas supprimé lors d'un regroupement de tronçon ou de bassin versant (voir § 3.6.4.1.)

5.4.2.2.2. Données projet :

Les données complémentaires "Projet" sont utilisées uniquement dans l'appliquatif *Boîte à outils d'aide au projet*. La fenêtre de saisie de ces données s'affiche en utilisant la commande *Nœud / Données projet* dans la barre de menu.

- case à cocher "Données projet" : si cette case est cochée, alors le logiciel complète la fenêtre par des cases complémentaires permettant de saisir les données nécessaires à l'appliquatif *Boîte à outils d'aide au projet* ;
- % intercepté : cette donnée est utilisée dans le module d'estimation des risques d'envasement (voir § 12) et indique le pourcentage des solides arrivant de l'amont qui est intercepté par l'ouvrage. Cette valeur est comprise entre 0 et 100
 - 0 : il n'y a aucune interception
 - 1 : la totalité des solides arrivant de l'amont est interceptée
- case à cocher "Cote sol projet égale à la cote sol" : si cette case est cochée, alors la cote sol projet est mise automatiquement égale à la cote sol du nœud ;
- cote sol projet : Permet d'affecter une cote sol projet différente de la cote sol (dans ce cas ne pas cocher la case précédente) ;
- case à cocher "Cheminée" : Permet d'affecter ou non une cheminée (regard de visite) au nœud (information utile pour les quantitatifs et les estimatifs).
- contraintes d'implantation : permet d'imposer des contraintes dans le cas d'une implantation automatique du réseau. Les possibilités offertes par CANOE sont :
 - aucune contrainte ;
 - cote fil d'eau : permet d'imposer une valeur à la cote fil d'eau
 - cote intrados; le raccordement des conduites successives se fait par le haut des conduites
 - cote axe des conduites; le raccordement de conduites successives se fait au niveau des axes des conduites.

5.4.2.2.3. Point de débordement

Les données complémentaires "Point de débordement" sont utilisées lors de la simulation hydraulique par Barré de Saint Venant. La fenêtre de saisie de ces données s'affiche en utilisant la commande *Nœud / Point de débordement* dans la barre de menu.

- case à cocher "Point de débordement" : déclare le nœud comme point de débordement pour la simulation hydraulique (Barré de Saint Venant).

Nota : La commande *Utilitaires* dans la barre de menu permet également de déclarer certains des nœuds du réseau comme points de débordement (Voir le § 3.6.4.2.1). Il est également possible d'utiliser la saisie par tableau (Voir le § 5.7.2.).

- cote de débordement : cote à partir de laquelle il y aura débordement. La baguette magique affecte automatiquement une valeur égale à la cote sol du nœud.

Attention : cette cote doit obligatoirement être supérieure à la cote radier du nœud.

- fraction du volume débordé qui peut rentrer dans le réseau : valeur réelle comprise entre 0 et 1 (0 : rien n'est réintroduit, 1 : tout est réintroduit), donnant la proportion du volume débordé qui est réintroduite dans le réseau lorsque les conditions hydrauliques le permettent.

On choisira une valeur petite si l'on pense que l'eau s'écoule en surface vers un autre exutoire (par exemple un ruisseau ou une vallée sèche) ; on choisira une valeur proche de 1 si l'eau n'a pas d'autre exutoire (cuvette) et qu'elle ne peut s'évacuer que par le réseau.

- Volume maximum qui peut déborder (m³) : le volume débordé lors d'une simulation ne pourra excéder cette valeur.

Remarques :

Si un nœud support d'un ouvrage spécial est déclaré comme point de débordement, le point de débordement est affecté aux tronçons entrant dans l'ouvrage.

5.4.2.3. Validation des données

Il est nécessaire d'utiliser la touche "*Valider*" pour valider les données saisies. La validation remet l'ensemble des champs à leur valeur par défaut.

L'utilisation de la touche "*Fermer*" permet de revenir à la fenêtre principale de gestion des données sans sauvegarder les données saisies.

L'utilisation de la touche "*Initialiser*" permet de remettre les différents champs à leur valeur par défaut (cas d'une première saisie) ou à leur valeur initiale (cas d'une mise à jour).

Les données structurelles d'un nœud ne peuvent être modifiées si ce nœud est support d'un

ouvrage. Dans ce cas, l'icône  suivante apparaît dans le coin inférieur droit de la fenêtre et la commande *Activer* apparaît dans le cadre de saisie des données débordement. Elle permet de ne valider que les données saisies dans ce cadre.

5.4.3. Saisie des tronçons

5.4.3.1. Principes

Un tronçon est un ouvrage qui connecte deux nœuds d'un réseau. Un tronçon est rectiligne. Sa pente, sa rugosité et la forme de sa section sont constantes. Deux tronçons différents pourront avoir le même nœud amont et le même nœud aval. Ces deux tronçons sont appelés tronçons superposés.

Un tronçon a obligatoirement un sens de définition ; les directions d'écoulement réelles, qui peuvent changer au cours d'une période simulée, sont prises en compte automatiquement par les applicatifs de calcul hydraulique.

La saisie des tronçons peut se faire par fenêtre de saisie (avec l'interface graphique) ou par tableau. Seule la saisie par l'interface graphique est décrite ici.

La saisie d'un tronçon par tableur est accessible depuis les applicatifs "*Gestion des données du projet*" ou "*Aide au projet*" par la commande *Tableau / Tronçon* -. Voir le §5.7.2.

La saisie d'un tronçon par l'interface graphique est accessible depuis les applicatifs "*Gestion des données du projet*" ou "*Aide au projet*" par les commandes *Edition/Création Tronçon* ou *Sélection tronçon* (cas de la mise à jour) ou en cliquant sur les icônes :



pour la création



ou pour la mise à jour.

5.4.3.2. Détail de la saisie

Un tronçon est décrit par trois types de données :

- les données de base (affichées par défaut et/ou affichables par la commande *Tronçon / Données de base* dans la barre de menu),
- les données d'exploitation (pour afficher la fenêtre de saisie, utiliser la commande *Tronçon / Données complémentaires* dans la barre de menu),
- Les données projet (pour afficher la fenêtre de saisie, utiliser la commande *Tronçon / Données projet* dans la barre de menu).

5.4.3.2.1. Données principales :

- Nom du tronçon : chaîne alphanumérique quelconque ; ce champ doit obligatoirement être rempli ; il est interdit de donner un nom qui existe déjà (message d'erreur et validation refusée) ; les noms ne peuvent comporter de guillemets.
- Commentaire (chaîne alphanumérique quelconque que l'utilisateur peut mettre dans le champ "infos").

Le nom du tronçon peut être généré automatiquement en cliquant sur l'icône :



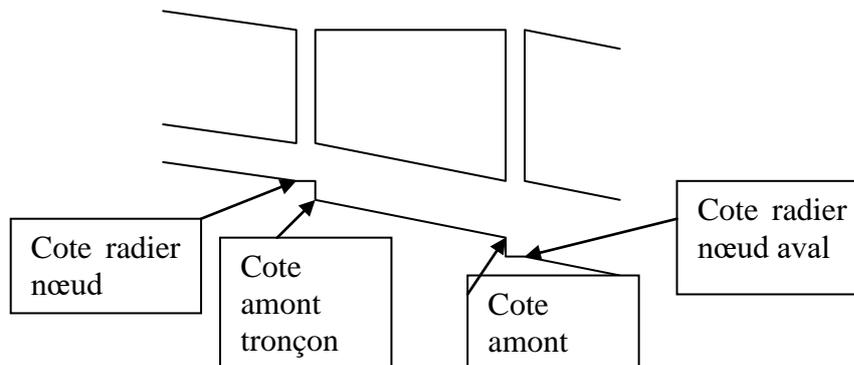
Le nom du tronçon est alors constitué de la façon suivante :

"nom du nœud amont" - "nom du nœud aval"

- Identification des nœuds amont et aval. La sélection d'un nœud peut se faire :

- en tapant son nom,
- en le sélectionnant dans la liste déroulante,
- en le désignant à l'aide de la souris (voir encadré)

La sélection du nœud provoque l'affichage de sa cote radier et la définition d'une cote tronçon égale à cette cote radier. Il est possible de modifier la cote tronçon, soit directement (dans ce cas la différence de cote est calculée automatiquement et affichée dans le champ "hauteur de chute"), soit en donnant la valeur de différence de cote (dans ce cas, c'est la cote tronçon qui est calculée automatiquement).



La hauteur de chute peut être positive ou négative, elle est toujours calculée depuis l'amont vers l'aval (respectivement cote radier nœud amont moins cote amont du tronçon et cote aval du tronçon moins cote radier du nœud aval).

L'icône souris :



permet de désigner le nœud amont puis le nœud aval d'un tronçon.

Pour désigner un nœud, cliquer un point du plan proche du nœud ; le nœud sélectionné est le nœud le plus proche du point cliqué. Le premier point désigné est le nœud amont du tronçon, le second est le nœud aval.

- Longueur du tronçon : une fois les nœuds sélectionnés, CANOE calcule la distance entre les nœuds (à vol d'oiseau) et propose cette valeur comme valeur par défaut de longueur du tronçon. Cette longueur est modifiable.
- Pente du tronçon : une fois les nœuds sélectionnés et les valeurs de cote amont et aval renseignées, CANOE calcule la pente du tronçon (différence de cote divisée par la longueur). Cette valeur n'est pas modifiable directement pour assurer la cohérence des données.
- Identification de la forme de conduite associée : le champ "*Type de conduite*" permet d'associer au tronçon un profil en travers identique sur toute la longueur du tronçon. La forme de la conduite correspondante doit au préalable avoir été saisie dans la bibliothèque de formes de conduites associée au projet. La sélection s'effectue au moyen d'une liste déroulante. La forme de la conduite, la valeur de la rugosité de référence et la valeur du débit maximum possible à surface libre en régime permanent uniforme sont affichées pour fournir une aide à l'utilisateur.
- Rugosité de la conduite : La valeur proposée par défaut est celle de la conduite de référence. Cette valeur peut être modifiée. La modification de cette valeur entraîne la modification de la valeur du débit maximum à surface libre.

- Débit mini BSV (m³/s) C'est le débit minimum pris en compte dans le tronçon lors d'une simulation Barré de Saint Venant. La baguette magique calcule le débit correspondant à une hauteur d'eau de 15 mm dans la conduite. Ce paramètre n'est pas utilisé par la simulation Muskingum.

Attention : en cas de modification des données d'un tronçon, si on change la conduite associée, la rugosité du tronçon n'est pas modifiée. Elle garde la valeur associée à la première conduite sélectionnée dans la liste des conduites ou 72 si aucune conduite n'a été associée. Il faut modifier la valeur directement dans le champ correspondant.

5.4.3.2.2. Données d'exploitation

Les données d'exploitation ne sont pas utilisées dans les calculs ; elles permettent simplement de renseigner la base de données projet. La fenêtre de saisie de ces données s'affiche en utilisant la commande *Tronçon / Données complémentaires* dans la barre de menu.

5.4.3.2.3. Données projet

Les données "Projet" sont utilisées uniquement dans l'applicatif *Boîte à outils d'aide au projet*. La fenêtre de saisie de ces données s'affiche en utilisant la commande *Tronçon / Données projet* dans la barre de menu.

- case à cocher "Contrainte conduite" : si cette case est cochée, alors le logiciel considère que la conduite est existante et ne peut pas être modifiée lors d'une implantation automatique du réseau dans le sous-sol. Voir §5.4.2.2.2.
- coefficient multiplicateur du coût du tronçon : Dans les estimatifs, le mode de calcul du coût d'un tronçon particulier est le même quel que soit le tronçon (voir §13.5.8.). Pour tenir compte de difficultés spécifiques susceptibles d'augmenter (ou de diminuer) le coût de construction d'un tronçon particulier (nature du sol, réseaux à déplacer, largeur réduite de la chaussée, etc.), il est possible d'utiliser ce coefficient multiplicateur dont la valeur de référence est un.

5.4.3.2.4. Rajout d'un nouveau nœud au milieu d'un tronçon

Pour rajouter un nœud au milieu d'un tronçon, sélectionner le tronçon et sélectionner la commande « *Création d'un nœud au milieu d'un tronçon* » de la fenêtre d'édition d'un tronçon.

Le nom du nouveau nœud est formé ainsi :

« milieu de « nom du tronçon initial » »

limité aux 24 caractères de gauche si le nom créé excède 24 caractères.

Le tronçon initial est supprimé et deux nouveaux tronçons sont créés. Les noms de ces tronçons sont :

« TR « nom du nœud amont » – « nom du nouveau nœud » » et « TR « nom du nouveau nœud » – « nom du nœud aval » ».

5.4.3.3. Précautions et limites particulières

- Il faut obligatoirement affecter un ouvrage spécial au nœud amont de tronçons superposés pour que les deux tronçons soient traités lors d'une simulation par Barré de Saint Venant, sinon seul un des tronçons sera pris en compte par la simulation.
- On ne peut modifier la cote amont d'un tronçon placé à l'aval d'un ouvrage spécial.
- On ne peut modifier la cote aval d'un tronçon placé à l'amont d'un ouvrage spécial.

5.4.4. Saisie des bassins versants

5.4.4.1. Principes

Un bassin versant est un élément de surface susceptible de produire des eaux usées et/ou des eaux pluviales.

La saisie des bassins versants peut se faire par fenêtre de saisie (avec l'interface graphique) ou par tableau. Seule la saisie par l'interface graphique est décrite ici.

La saisie d'un bassin versant par tableur est accessible depuis les applicatifs "Gestion des données du projet" ou "Aide au projet" par la commande *Tableau / Bassin versant* . Voir le § 5.7.

La saisie d'un bassin versant par l'interface graphique est accessible depuis les applicatifs "Gestion des données du projet" ou "Aide au projet" par les commandes *Edition/Création bassin versant* ou *Sélection bassin versant* (cas de la mise à jour) ou en cliquant sur les icônes :



pour la création

ou



pour la mise à jour.

La saisie des bassins versants s'effectue en 2 ou 3 écrans selon le type de bassin.

Pour passer d'un écran à l'autre, on utilise les flèches *Avancer* ou *Reculer*. La validation se fait en une seule fois à la fin de la saisie.

5.4.4.2. Détail de la saisie

5.4.4.2.1. *Première fenêtre de saisie : Données de base*

Ces données sont à saisir quel que soit le bassin versant.

5.4.4.2.1.1. *Données générales*

- nom du bassin versant : chaîne alphanumérique quelconque ; ce champ doit obligatoirement être rempli ; il est interdit de donner un nom qui existe déjà (message d'erreur et validation refusée) ; les noms ne peuvent comporter de guillemets.

Le nom du bassin versant peut être généré automatiquement en cliquant sur l'icône :



Le nom du bassin versant est alors constitué de la façon suivante :

BV->"nom du nœud de rattachement"

- commentaire (chaîne alphanumérique quelconque que l'utilisateur peut mettre dans le champ "infos").
- identification du nœud de rattachement : La sélection du nœud de rattachement peut se faire :
 - en tapant son nom,
 - en le sélectionnant dans la liste déroulante,
 - en le désignant à l'aide de la souris (voir encadré)

La sélection du nœud provoque l'affichage d'une valeur initiale de cote aval égale à la cote sol du nœud (voir plus bas)

- cases à cocher "eaux pluviales", "eaux usées" : le bassin peut être un bassin d'eaux pluviales et/ou d'eaux usées ; le choix se fait en cochant la (ou les) case(s) correspondante(s).
- case à cocher "Eau parasite" : fournir un débit d'eau parasite. Si cette case est cochée, une valeur de débit parasite sera demandée dans la fenêtre de saisie suivante.
- débit de base : débit minimum produit par le bassin versant. Cette valeur peut par exemple représenter le débit de temps sec (si le bassin versant est uniquement eau pluviale). Mettre une valeur différente de zéro diminue les risques de fond sec dans la simulation Barré de Saint Venant.

5.4.4.2.1.2. Données géométriques (surface et plus long parcours)

- case à cocher "contour digitalisé ou contour symbolique" : Le choix contour digitalisé permet de saisir les données géométriques (contour du bassin versant et plus long parcours de l'eau) à la table à digitaliser ou à la souris. Le choix contour symbolique nécessite d'avoir au préalable mesuré ces grandeurs par un autre moyen.

A) Choix contour symbolique

- Surface : Rentrer directement la valeur de la surface en hectare.
- Plus long parcours : Rentrer directement la valeur du plus long parcours de l'eau en mètres.

La baguette magique  associée à l'allongement prend pour valeur de l'allongement la valeur 2 et recalcule le plus long parcours en fonction de la valeur de la surface.

$$\text{Allongement} = \text{plus long parcours} / \sqrt{\text{surface}}$$

A la sortie de ces cases l'allongement est calculé, et le bassin versant est dessiné. Le dessin de représentation symbolique du bassin versant est un triangle tête en bas sur le nœud avec :

hauteur = plus long parcours/2 base = surface / longueur du plus long parcours

B) Choix contour digitalisé

Si cette case est choisie, les deux icônes suivantes apparaissent :



Si on clique sur une de ces icônes, la fenêtre de saisie disparaît et une petite barre d'outil apparaît indiquant la saisie en cours : *Contour BV digit* ou *Contour BV souris*.

Nota : L'utilisation de l'option "contour digitalisé" implique obligatoirement l'ordre de saisie suivant : 1) saisie du nœud de rattachement, 2) saisie du contour du bassin versant, 3) saisie du plus long parcours.

- case à cocher Protection intersections : Si cette case est cochée, les segments du contour ne peuvent pas se couper. Si elle n'est pas cochée, les segments peuvent se couper. Cette option peut être utile en cas de récupération de bassins versants saisis à l'aide d'un autre système que CANOE.

- Mode de saisie : la saisie s'effectue de la façon suivante :



- cliquer sur  pour indiquer qu'il s'agit d'une nouvelle saisie (ou double-cliquer sur le premier point à saisir).
- Cas de la saisie d'un bassin versant : saisir les points constituant le contour dans un ordre de rotation, à partir du 2ème point (le premier point marquant le début du contour étant obligatoirement le nœud de rattachement du bassin versant). Pour terminer la saisie, cliquer sur l'icône :



- Cas de la saisie d'un plus long parcours : saisir les points de l'amont vers l'aval. Pour terminer la saisie, cliquer sur l'icône :



Le logiciel complète alors le plus long parcours en rattachant le dernier point saisi au nœud de rattachement.

Attention : le nombre de points du plus long parcours est limité à 50.

- Modalités pratiques :
 - le dessin s'effectue sur le plan au fur et à mesure de la saisie.
 - le bouton **gauche** de la souris (ou bouton 1 du digitaliseur) ajoute un point.
 - le bouton **droit** de la souris (ou bouton 2 du digitaliseur) annule le dernier point.
 - pour corriger un des points, le cliquer avec la souris, puis, sans lâcher le bouton, déplacer la souris pour caler le point sur la nouvelle position.

Nota : L'utilisation de la loupe est possible pendant cette phase. Le déplacement des points permet en particulier d'ajuster le contour d'un nouveau bassin versant aux contours des bassins versants déjà saisis.

- Validation :



- cliquer sur  lorsque la saisie est correcte. La surface ou la longueur du plus long parcours est alors calculée.

Nota : la mise à jour de la surface implique la mise à jour des autres grandeurs.

Pour un bassin digitalisé, la surface ou la longueur du plus long parcours peuvent être modifiées manuellement.

Attention : la sélection de la case à cocher "contour digitalisé" et la saisie directe de la valeur de la surface sans digitaliser le contour peut entraîner des anomalies (en particulier le bassin versant ne sera pas dessiné à l'écran).

C) Saisie des cotes et de la pente

- cote aval : Par défaut prise égale à la cote sol du nœud de rattachement (modifiable).
- cote amont ou pente : la saisie de l'une ou de l'autre de ces grandeurs provoque le calcul automatique de la seconde.

$$\text{Pente} = (\text{cote amont} - \text{cote aval}) / \text{longueur du plus long parcours}$$

5.4.4.2.1.3. Type de bassin et type de raccordement

- type de bassin : à choisir dans la liste suivante :

- urbain quelconque,
- habitat individuel,
- habitat collectif,
- zone d'activité,
- équipement public,
- centre urbain nouveau,
- centre urbain ancien,
- rural,
- naturel.

Le choix du type de bassin versant est relativement sans conséquence s'il est effectué parmi les 7 premiers éléments de la liste, car il ne détermine que les valeurs par défaut proposées pour les paramètres.

Il est très important s'il est effectué parmi les deux derniers. Le choix d'un type de bassin rural ou naturel impose en effet le choix d'un modèle rural.

- type de raccordement : Le logiciel propose par défaut 6 types de raccordement :
 - unitaire,
 - séparatif EU,
 - séparatif EU,
 - pseudo-séparatif EP,
 - pseudo-séparatif EU.
 - constant

Le choix d'un type de raccordement particulier conditionne les pourcentages d'eau qui ruisselle en direction du réseau depuis les différents types de surface (imperméable directement raccordée, imperméable non directement raccordé, perméable). Voir le paragraphe 3.2.5.1.1.

CANOE va également utiliser cette information pour proposer un type de modèle adapté ainsi qu'une valeur par défaut pour les différents paramètres.

- case à cocher "*coef. de ruissellement constant oui ou non*" : le choix "*oui*" ne peut être validé dans le cas d'un type de bassin rural ou naturel.

Nota : Ce choix contraint le choix du modèle : Voir §3.2.2.1.

5.4.4.2.2. Fenêtre de saisie concernant la fonction de production de la partie principale du bassin versant

Cette fenêtre ne s'ouvre que si le bassin versant est déclaré "eau pluviale". Les données à saisir dans cet écran sont les données correspondant :

- à la partie rurale du bassin versant pour les bassins versants déclarés de type "bassin rural" ou "bassin naturel",
- à la partie urbaine du bassin versant pour les autres bassins versants.

5.4.4.2.2.1. Cas coefficient de ruissellement constant

La seule valeur à fournir est celle du coefficient de ruissellement.

5.4.4.2.2.2. Cas standard pour des bassins versants au moins en partie urbain

Les données à saisir sont les suivantes :

- Coefficient d'imperméabilisation total : Rapport de la surface imperméable totale (voiries, toitures, etc.) à la surface totale, exprimé en pourcentage (entre 0 et 100). La valeur par défaut proposée est évaluée en fonction du type de bassin versant et du type de raccordement.
- Dont directement raccordé au réseau : Rapport de la surface imperméable effectivement raccordée au réseau (voiries, toitures, etc.) à la surface totale, exprimé en pourcentage (entre 0 et la valeur du coefficient d'imperméabilisation si toute la surface imperméable est raccordée). La valeur par défaut proposée est évaluée en fonction du type de bassin versant et du type de raccordement.

Nota : le logiciel affiche dans un champ non modifiable le pourcentage de la surface imperméabilisée non directement raccordée au réseau. Le complément à 100 de la surface imperméabilisée représente les surfaces perméables.

- Pertes initiales : Quantité d'eau nécessaire pour remplir les dépressions du sol et prélevée avant que le ruissellement ne commence.

Le logiciel propose une valeur initiale pour les pertes initiales. Cette valeur est calculée en fonction de la pente du bassin versant :

$$PI = 2 \text{ mm si pente} < 1,5\%$$

$$PI = 0,5 + (3 - \text{pente}) \text{ mm si pente comprise entre } 1,5 \text{ et } 3\%$$

$$PI = 0,5 \text{ mm si pente} > 3\%$$

- Infiltration complémentaire : - Le coefficient d'infiltration complémentaire (CI) permet de moduler les valeurs des coefficients de production a et b par sous bassin versant (par exemple dans le cas d'utilisation de technologies alternatives).

Dans ce cas, les règles suivantes sont appliquées :

$$a1 = a1 - CI; \quad a2 = a2 - 0,8.CI \quad a3 = a3 - 0,5.CI$$

$$b1 = b1 - CI; \quad b2 = b2 - 0,8.CI \quad b3 = b3 - 0,5.CI$$

Les coefficients a_i correspondent aux surfaces imperméables en relation directe avec le réseau. Les coefficients b_i correspondent aux autres surfaces imperméables. Les valeurs 1, 2, 3 pour l'indice i correspondent respectivement aux pluies faibles à moyennes, fortes, exceptionnelles.

- Pertes continues : en mm/h; supposées régulières pendant toute la durée de l'évènement. La valeur par défaut est 0.

Les valeurs initiales des pourcentages de surface (valeurs par défaut) sont déduites du type d'urbanisme en fonction du tableau suivant (éventuellement modifiable). Ce tableau est accessible par l'option *Paramétrage des bassins versants* (commande *Paramètres* du menu *Projet* de la fenêtre principale de CANOE

Urbanisme \ Coef. imper.	Cs 1	Cs 2	Cimp
Urbain quelconque	30	20	50
habitat individuel	15	20	35
habitat collectif	30	25	55
zone d'activité	50	30	80
grand équipement public	20	20	40
centre urbain récent	30	40	70
centre urbain ancien	40	30	70
Coefficient constant	40	0	40

- Case à cocher "*Avalement*" : Si cette case est cochée, le débit susceptible d'être introduit au nœud exutoire du bassin versant sera limité à une valeur qui doit être définie dans le champ "capacité d'avalement" (débit par unité de surface). Cette valeur doit être choisie en tenant compte des capacités effectives d'avalement des avaloirs et des bouches d'égouts ainsi que de la capacité de transport du réseau tertiaire interne au bassin versant.
- Case à cocher "*Filtre*" : indique qu'une fonction filtre doit être appliquée aux débits sortants du bassin versant. Cette fonction permet de tenir compte de la présence de déversoirs sur le bassin versant, sans obliger à les saisir et à les simuler.
- Le bouton de commande *Valeurs filtres* permet de saisir ou modifier les paramètres de la fonction qui sont :
 - le débit mini de déversement en l/s : c'est la valeur de débit en dessous de laquelle tout le débit arrivant à l'exutoire du bassin versant entre dans le réseau (valeur par défaut 999999 l/s)
 - le pourcentage non déversé (entre 0 et 100) : c'est la proportion de débit arrivant à l'exutoire quand le débit sortant dépasse le débit de déversement (jusqu'à ce que ce débit atteigne la valeur maximum de débit à l'aval)
 - le débit maxi à l'aval en l/s : c'est la valeur du débit maximum pouvant entrer dans le réseau (valeur par défaut 999999 l/s)
- Le bouton de commande "*Débit eau parasite*" (visible si l'option "*Eau parasite*" a été cochée dans la première fenêtre de saisie du bassin versant) permet de saisir ou modifier le débit d'eau parasite du bassin versant. Ce débit est en m³/s. Ce débit sera ajouté au débit produit à l'exutoire du bassin versant pour chacun des pas de temps.

Nota : Voir le chapitre 3.2. pour le détail des modèles utilisés et la signification précise des variables utilisées.

5.4.4.2.2.3. Cas des bassins versants ruraux ou naturels

Les données à saisir sont les suivantes :

Pertes initiales (mm) : Quantité d'eau nécessaire pour remplir les dépressions du sol et prélevée avant que le ruissellement ne commence.

Le logiciel propose une valeur initiale pour les pertes initiales. Cette valeur est calculée en fonction de la pente du bassin versant :

$$PI = 12 \text{ mm si pente} < 0,5\%$$

$$PI = 2 + 4 \cdot (3 - \text{pente}) \text{ mm si pente comprise entre } 0,5 \text{ et } 3\%$$

$$PI = 2 \text{ mm si pente} > 3\%$$

Taux d'infiltration initial et final (en mm/h) et constante de temps de la formule de Horton :

Ces paramètres varient avec les caractéristiques physiques du sol (porosité), mais aussi avec sa teneur initiale en humidité, sa couverture végétale, la dimension des gouttes de pluie, la température, etc.. Ils peuvent être mesurés en laboratoire, in situ (éventuellement sous pluie artificielle), ou estimés à partir de valeurs fournies par la littérature. On considère généralement que la valeur de la constante de temps est comprise entre 0,05 et 0,1 (si les temps sont en minutes) et que la valeur du taux d'infiltration initial est voisine de 5 fois la valeur du taux d'infiltration final. Le §3.2.5.2. fournit quelques indications sur le choix de ces paramètres.

Le modèle de Horton est destiné à représenter le comportement d'un sol perméable soumis à une pluie régulière. Il consiste à exprimer la capacité d'infiltration normale du sol sous la forme suivante :

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) e^{-kt} \text{ avec}$$

f_0 : taux d'infiltration initial (sol sec) ;

f_c : taux d'infiltration final (sol saturé) ;

k : constante de temps positive.

En cliquant sur l'icône :

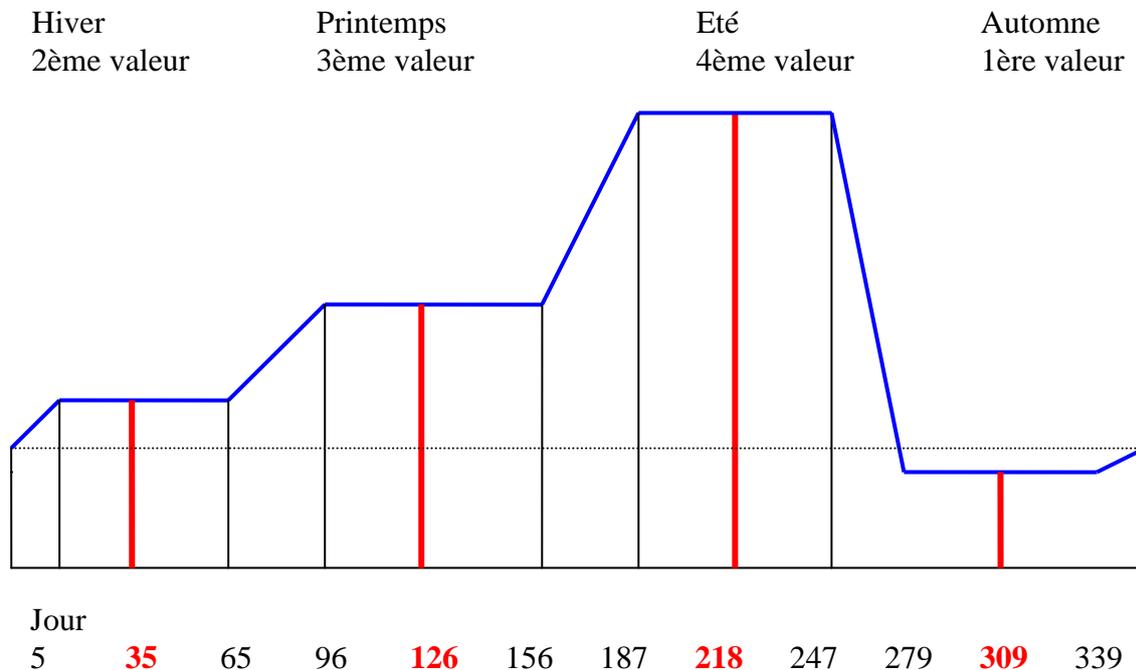


on obtient le tracé de l'évolution du taux d'infiltration en fonction du temps (appuyer sur OK pour revenir à la fenêtre de départ).

Nota : Les valeurs des pertes initiales et des infiltrations initiale et finale peuvent être constantes pendant l'année (cliquer sur « valeurs annuelles ») ou définies par saison (cliquer sur « valeurs saisonnières »).

Si l'option « valeurs saisonnières » a été choisie, les valeurs des différents paramètres sont à saisir dans l'ordre suivant : automne, hiver, printemps, été.

Les valeurs des paramètres prises en compte au cours de la simulation sont calculées en fonction de la date de la simulation et des valeurs saisonnières saisies comme l'indique le graphique ci-dessous.



Exemple pour le calcul des pertes initiales.

Les valeurs saisies sont

Automne	4,8 mm
Hiver	4,4 mm
Printemps	7 mm
Eté	12 mm

La valeur pour les pertes initiales prise en compte dans l'appliquatif de simulation sera

- 4,4 mm pour une date de simulation entre le jour 5 et le jour 65 (soit un mois avant et un mois après le jour central de l'hiver),
- 7 mm pour une date de simulation entre le jour 96 et le jour 156
- 12 mm pour une date de simulation entre le jour 187 et le jour 247
- 2,8 mm pour une date de simulation entre le jour 279 et le jour 339

Si la date de simulation est en dehors de ces périodes (il s'agit alors d'une date située à moins de quinze jours d'un changement de saison), la valeur de pertes initiales est calculée linéairement en fonction de la valeur des pertes initiales des 2 saisons encadrant cette date.

5.4.4.2.3. Fenêtre de saisie concernant le choix du modèle et les paramètres de la fonction de transfert de la partie principale du bassin versant

Cette fenêtre offre à l'utilisateur une aide experte en ligne. L'aide experte est activable en utilisant l'icône :



Le logiciel propose alors le modèle le mieux adapté ainsi que les valeurs les plus adéquates pour les paramètres du modèle de transfert (nombre de réservoirs et valeur du lag time). L'icône :



permet de récupérer les valeurs proposées par "l'expert".

- Type de modèle : il existe quatre types de modèles :
 - Urbain strict,
 - Mixte A : Urbain + urbain modifié,
 - Mixte B : Urbain + rural,
 - Rural.

Modèles

En fonction de règles expertes, le logiciel déduit les modèles utilisables, ceux qui sont conseillés et ceux qui sont interdits.

Les modèles par défaut proposés pour les bassins versants non ruraux sont évalués conformément aux règles suivantes en fonction de l'imperméabilisation totale (Coefficient d'imperméabilisation = % surface imperméable directement raccordée au réseau + % surface imperméable non directement raccordée au réseau) :

Ce tableau est accessible et modifiable par l'option *Paramétrage des bassins versants* (commande *Paramètres des bassins versants* du menu *Projet* de la fenêtre principale de CANOE

Urbanisme \ Coef. imper.	<10	10-20	20-35	>35
Urbain quelconque	0	3	2	1
habitat individuel	0	3	3	1
habitat collectif	0	3	2	1
zone d'activité	0	3	3	1
grand équipement public	0	3	2	1
Centre urbain	0	0	2	1

0 : choix inadapté (incohérence entre le type de bassin versant et la valeur de l'imperméabilisation) ; 1 : modèle urbain strict ; 2 : modèle urbain/urbain modifié ; 3 : modèle urbain/rural.

L'utilisateur peut choisir un autre modèle que celui proposé s'il le souhaite.

- Nombre de réservoirs linéaires et lag-time : Il s'agit des paramètres du modèle de transfert. Voir le chapitre 3.2.2. pour le détail des modèles utilisés.

Les règles utilisées par le logiciel pour proposer une valeur de lag time et un nombre de réservoirs sont les suivantes :

Si bassin urbain ou bassin mixte et partie urbaine de surface < 500 ha alors 1 seul réservoir et ajustement de Desbordes pour le calcul du lag time.

Si bassin urbain ou bassin mixte et partie urbaine de surface > 500 ha alors 2 réservoirs et ajustement de Desbordes pour le calcul du lag time.

Si bassin rural ou bassin mixte type B de surface < 500 ha alors 2 réservoirs et ajustement de Passini pour le calcul du lag time pour la partie rurale.

Si bassin rural ou bassin mixte type B de surface > 500 ha alors 3 réservoirs et ajustement de Passini pour le calcul du lag time pour la partie rurale.

5.4.4.2.4. Fenêtre de saisie de la partie complémentaire des bassins versants de type mixte A.

Cette fenêtre s'affiche dans le cas où le modèle choisi est le modèle Mixte A (urbain/urbain modifié)

Les données à saisir sont :

- le nombre de réservoirs et la valeur du lag time : le logiciel propose une valeur de lag time et un nombre de réservoirs en fonction des règles présentées précédemment. On peut récupérer les valeurs de " l'expert" en cliquant sur l'icône :



5.4.4.2.5. Fenêtre de saisie de la partie complémentaire des bassins versants de type mixte B

Cette fenêtre s'affiche dans le cas où le modèle choisi est le modèle Mixte B (urbain/rural). Elle est strictement identique à la fenêtre de saisie des bassins ruraux. Voir les § 5.4.4.2.2.3. et 5.4.4.2.3.

5.4.4.2.6. Fenêtre de saisie des données eaux usées du bassin versant

Cette fenêtre permet de saisir les données permettant le calcul d'un hydrogramme journalier moyen d'eaux usées.

Pour accéder à cette fenêtre, le bassin versant doit avoir été déclaré comme bassin versant de type "eaux usées" (case à cocher dans la première fenêtre). Dans tous les cas, l'hydrogramme est défini par 24 valeurs de débit correspondant aux débits moyens horaires. Le dessin de l'hydrogramme est affiché dans la fenêtre de saisie.

Il y a 3 choix possibles pour construire l'hydrogramme d'eaux usées.

1) On veut définir les valeurs de l'hydrogramme pas de temps par pas de temps : choisir l'option 0 - aucun modèle prédéfini.

Cette option offre une liberté complète de saisie. Les valeurs de débit doivent être saisies en l/s.

Le logiciel affiche les valeurs du débit horaire moyen en l/s et du coefficient de pointe (rapport du débit horaire maximum au débit horaire moyen).

2) On veut construire automatiquement l'hydrogramme conformément au modèle (patron) standard déjà défini dans CANOE : choisir l'option 1 - modèle standard d'eau usée.

Ce modèle standard correspond à une répartition idéalisée des rejets d'eau usée au cours de la journée, voisine de ce que l'on peut observer dans les grandes villes françaises.

La définition de l'hydrogramme nécessite la saisie des grandeurs suivantes :

- nombre d'équ. habitants : nombre d'équivalent habitants du bassin versant.
- rejet journalier moyen : rejet journalier moyen par habitant en litre par jour.
- coef. choisi : coefficient de pointe à prendre en compte.

Nota : le logiciel propose une valeur de coefficient de pointe calculée conformément aux règles de l'Instruction technique de 1977. Cette valeur peut être récupérée en cliquant sur l'icône :



Mode de construction de l'hydrogramme standard d'eau usée

Soit qm le débit horaire moyen (égal au rejet journalier moyen multiplié par le nombre d'équivalents habitants et divisé par 24). Les débits horaires sont calculés de la façon suivante :

De 23h à 6h :	$(.5+\alpha).qm$
De 6h à 7h, de 12h à 18h et de 22h à 23h :	$(1+\alpha).qm$
De 7h à 8h, de 11h à 12h, de 18h à 19h et de 21h à 22h :	$(1.25).qm$
De 8h à 9h, de 10h à 11h et de 19h à 21h :	$(1.5).qm$
De 9h à 10h :	Coef_pointe.qm

Avec coef_pointe : coefficient de pointe choisi et $\alpha = 1 - \text{coef_pointe}$

3) On veut utiliser un modèle (patron) spécifique : choisir l'option 2 - modèle pourcentage d'eau usée.

Ce choix permet d'utiliser une répartition temporelle homothétique à une répartition de référence librement choisie.

Mode de construction de l'hydrogramme d'eau usée dans le cas "pourcentage d'eau usée"

Soient :

q_{ri} le débit horaire moyen (pas de temps i) de l'hydrogramme de référence,

Q_j : le débit journalier total de l'hydrogramme de référence ($Q_j = \sum q_{ri}$)

n : le nombre d'équivalents habitants,

q : le rejet journalier moyen d'un équivalent habitant,

q_{ci} : le débit calculé pour le pas de temps i est de la forme :

$$q_{ci} = q_{ri} \times (n \times q) / Q_j$$

Les données à fournir sont les suivantes :

- nombre d'équ. habitants : nombre d'équivalent habitants du bassin versant.
- rejet journalier moyen : rejet journalier moyen par habitant en litres par jour.
- liste des modèles journaliers : Cette liste permet de sélectionner le modèle choisi dans la liste des patrons d'hydrogrammes d'eau usée préalablement définis.

Le débit horaire moyen et le coefficient de pointe calculé sont affichés.

Nota : Pour la saisie d'un nouveau patron d'eau usée : sélectionner dans la fenêtre principale de CANOE, la commande : *Projet \ Paramètres \ Patrons des hydrogrammes EU \ Création*
Voir le § 5.5.12. pour l'aide à la saisie.

Nota : On peut transformer automatiquement les modèles "hydrogrammes types d'eau usée" en "aucun modèle prédéfini" pour tous les bassins versants du projet en sélectionnant la

commande: Projet\Paramètre\Patrons des hydrogrammes EU\Outil\Patron type->aucun modèle prédéfini.

5.4.4.3. Précautions et limites

- a) Un nœud portant un ouvrage spécial ne peut être exutoire d'un bassin versant.
- b) Pour toutes les valeurs dépendantes, par exemple les pertes initiales et le lag-time dont la valeur dépend de celle de la pente, la première valeur affichée lors de la création du bassin versant est celle calculée à partir des valeurs des paramètres déjà connus.

Lors d'une mise à jour des données du bassin versant, les anciennes valeurs sont conservées. En effet, l'utilisateur peut avoir modifié certaines données et souhaiter en conserver d'autres, même si un paramètre a été modifié.

L'utilisateur peut cependant modifier automatiquement les valeurs dépendantes en cliquant sur l'icône :



- c) La sélection de la case à cocher "contour digitalisée" et la saisie directe de la valeur de la surface sans digitaliser le contour peut entraîner des anomalies (en particulier le bassin versant ne sera pas dessiné à l'écran).

5.4.4.4. Pour en savoir plus

Voir : Bassin versant, Coefficient de ruissellement, Coefficient d'imperméabilisation, Réservoir linéaire (modèle du), Fonction de production et fonction de transfert.

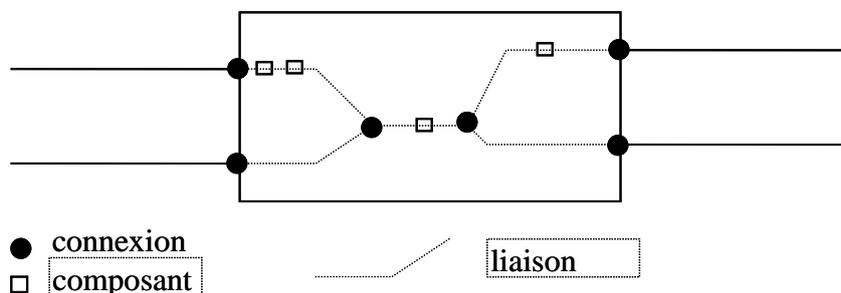
5.4.5. Saisie des ouvrages spéciaux

5.4.5.1. Principes

Un ouvrage spécial est un ouvrage ponctuel ou considéré ponctuel affectant le fonctionnement hydrologique ou hydraulique du réseau.

En dehors des bassins de retenue et des déversoirs d'orage latéraux qui font l'objet d'une description spécifique, CANOE considère les ouvrages spéciaux comme des assemblages libres d'éléments divers. Ce mode de description permet de décrire sans difficulté des ouvrages extrêmement compliqués.

Schématiquement, un ouvrage spécial peut ainsi être représenté par une boîte où sont positionnées des connexions, des liaisons entre ces points de connexion et des composants situés sur ces liaisons.



Les liaisons représentent les différents flux à l'intérieur de l'ouvrage. Les liaisons vont d'un point de connexion à un autre.

Les composants sont des éléments modifiant le comportement hydraulique de l'ouvrage. Ces composants sont à placer sur les liaisons. Les composants élémentaires pris en compte sont les suivants :

Composants structurels

- chambre
- décrochement de radier (chute ou marche)
- grille
- orifice ou clapet
- étranglement
- rétrécissement
- seuil
- siphons
- station de pompage ou de relèvement
- régulateur

Composants fonctionnels

- débit imposé
- hauteur imposée
- pertes de charge singulière
- limiteur de débit

Ces différents éléments font l'objet d'un prétraitement (modeleur) pour être ensuite simulé soit par le modèle hydraulique, soit par le modèle simplifié.

Règles de construction et de gestion des cotes des connexions et des composants

Les connexions correspondant aux arrivées des tronçons amont de l'ouvrage ainsi qu'aux départs des tronçons aval sont automatiquement créées par le logiciel au moment de la saisie de l'ouvrage.

La cote d'une connexion amont est égale à la cote aval du tronçon amont correspondant.

La cote d'une connexion aval de l'ouvrage est égale à la cote amont du tronçon aval correspondant.

Les cotes des connexions internes de l'ouvrage sont égales à la cote du nœud qui porte l'ouvrage.

La cote d'un composant est calculée à partir de la cote du nœud en fonction des chutes ou marches éventuellement posées sur la liaison.

5.4.5.2. Détail de la saisie

La saisie d'un ouvrage spécial est accessible depuis l'applicatif "*Gestion des données du projet*" par les commandes *Edition/Création Ouvrage spécial* ou *Sélection Ouvrage spécial* (cas de la mise à jour) ou en cliquant sur les icônes :



pour la création



ou pour la mise à jour.

La description complète d'un ouvrage spécial se fait en six étapes : L'action en cours est rappelée dans la barre d'état de la fenêtre. On peut revenir à une étape antérieure jusqu'à la validation de la structure de l'ouvrage.



permet de passer à l'étape suivante (*Avancer* dans le menu)



permet de revenir à l'écran précédent (*Reculer* dans le menu)

Les six étapes de la saisie sont les suivantes

- Localisation et description générale d'un ouvrage spécial,
- Définition des connexions internes,
- Définition des liaisons internes,
- Mise en place des composants,
- Définition des composants,
- Définition des lois simplifiées.

5.4.5.2.1. Première étape - localisation et description générale d'un ouvrage spécial

Identification du nœud porteur : le nœud portant l'ouvrage spécial peut être sélectionné dans une liste déroulante ou graphiquement en le cliquant sur le plan du réseau. Pour la sélection graphique, utiliser l'icône :



Nom de l'ouvrage : chaîne alphanumérique quelconque.

Nota : L'utilisation de la baguette magique



permet de générer automatiquement le nom de l'ouvrage sous la forme :

OS : "nom du nœud portant l'ouvrage".

Après sélection du nœud, CANOE complète le schéma de l'ouvrage spécial en portant les tronçons qui arrivent (à gauche, en vert) ou repartent (à droite, en bleu) du nœud porteur.

5.4.5.2.2. Deuxième étape - définition des connexions internes

L'intérieur de l'ouvrage est rempli par un quadrillage régulier **aux intersections duquel peuvent être posés des connexion internes ainsi que des composants**. Une fois le nœud porteur identifié, les déplacements de la souris à l'intérieur de la grille représentant l'ouvrage sont matérialisés (en plus du pointeur habituel) par un petit rond bleu qui se positionne automatiquement sur l'intersection la plus proche du pointeur.



L'icône "*Connexion*"

rappelle dans la barre d'état que l'action en cours est la saisie des connexions.

- pour positionner une connexion : cliquer indifféremment sur la clé gauche ou la clé droite de la souris lorsque le rond bleu est à la position désirée, un rond bleu plein est alors dessiné au point choisi.
- Pour enlever une connexion : cliquer indifféremment sur la clé gauche ou la clé droite de la souris lorsque le rond bleu est superposé à la connexion à enlever. Le rond bleu plein s'efface.
- Lorsque toutes les connexions sont définies, cliquer sur la flèche *Avancer* pour passer à la fenêtre suivante.

5.4.5.2.3. Troisième étape - définition des liaisons internes

Cette étape permet de décrire les liaisons entre les connexions. Les liaisons représentent les cheminements possibles des flux à l'intérieur de l'ouvrage.

Les composants doivent être placés à la fois sur une liaison et à une intersection du quadrillage. Il est donc nécessaire de créer des liaisons passant par les intersections du quadrillage et possédant suffisamment d'intersections pour positionner tous les composants nécessaires.

A chaque liaison entre deux connexions correspond dans le modèle Barré Saint Venant un tronçon. La multiplication des connexions augmente donc le temps calcul lors d'une simulation. Il est donc inefficace de créer trop de liaisons.

Règles à respecter pour la saisie :

- Une liaison peut être une succession de segments (ligne brisée) entre deux connexions.
- Chaque segment doit obligatoirement correspondre à une progression de la gauche vers la droite de au moins une case.
- Il n'est pas nécessaire de mettre une connexion à chaque changement de direction.
- Les parties horizontales facilitent le positionnement des composants.

Création d'une liaison : cliquer avec le bouton gauche de la souris sur la connexion amont de

la liaison (tronçon amont ou connexion). L'apparition de l'icône  indique que la création est active. Désigner ensuite successivement chacun des points intermédiaires constituant le parcours, la liaison se dessine progressivement en traits bleus. Cliquer sur la connexion aval pour terminer la saisie, l'icône disparaît.

Annulation d'une liaison : cliquer avec le bouton droit de la souris sur la connexion aval (la

plus à droite) de la liaison à supprimer. L'icône  est alors affichée. Cliquer sur la connexion amont (la plus à gauche), la liaison est effacée, l'icône disparaît.

Remarque : gestion des cotes. Une altitude est affectée à chaque connexion :

- pour les connexions liées aux tronçons amont, cette altitude est égale à la cote aval des tronçons,
- pour les connexions liées aux tronçons aval, elle est égale à la cote amont des tronçons,
- pour les connexions internes à l'ouvrage spécial, elle est égale à la cote radier du nœud.

Si les connexions situées aux deux extrémités d'une liaison sont à des altitudes différentes, le logiciel fait apparaître un symbole de décrochement de radier :



ou

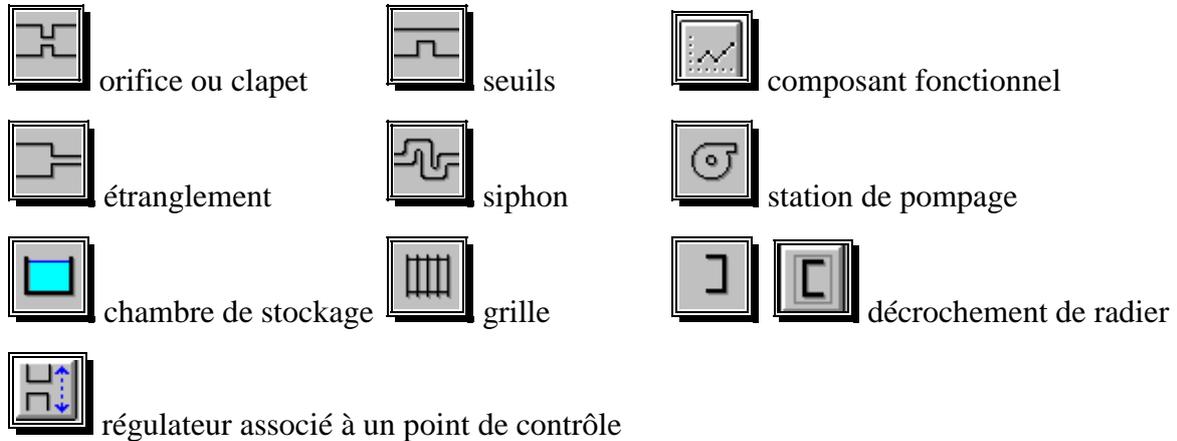


selon qu'il s'agit d'une chute ou d'une marche.

Ce symbole doit obligatoirement être placé sur la liaison avant de pouvoir passer à l'étape suivante. La position doit être choisie en fonction de la position du décrochement de radier par rapport aux éventuels composants. Sur le plan pratique, il faut prévoir suffisamment de place à gauche ou à droite du symbole pour pouvoir placer tous les composants.

5.4.5.2.4. Quatrième étape - mise en place des composants

Cette étape permet de placer les composants sur les liaisons. Les composants disponibles sont indiqués en haut et à gauche de l'écran sous la forme d'icônes. La signification de ces icônes est la suivante :



Pour poser un composant : cliquer avec le bouton gauche de la souris sur l'icône du composant correspondant et sans relâcher le bouton, glisser l'icône jusqu'à la position souhaitée **qui doit être à la fois sur une liaison et à une intersection du quadrillage**. Un composant ne peut être posé sur une connexion.

Pour déplacer un composant : cliquer avec le bouton gauche de la souris sur l'icône du composant à déplacer et sans relâcher le bouton, glisser l'icône jusqu'à la nouvelle position souhaitée.

Pour enlever un composant : cliquer avec le bouton droit de la souris sur l'icône du composant à supprimer, l'icône s'efface.

Attention : tous les enchaînements de composants ne sont pas acceptés. Le tableau suivant rappelle les règles à respecter.

aval \ amont	seuil	siphon	etrangl.	grille	bâche	fonction	orifice	pompe
seuil								
siphon								
etrangl.								
grille								
bâche								
fonction								
orifice								
pompe								

Les cases foncées indiquent que les deux composants amont-(case de la première colonne correspondante) et aval (case de la première ligne correspondante) ne peuvent être placés à la suite sur une même liaison. Les cases claires indiquent que cette succession est possible sur une liaison.

Une pompe doit être placée sur une liaison arrivant à une connexion aval de l'ouvrage.

5.4.5.2.5. Cinquième étape - définition des composants

Le but de cette étape est de renseigner les composants placés dans l'ouvrage. Pour passer à cette étape, il est obligatoire de valider la construction générale de l'ouvrage. La saisie des données descriptives des composants peut être faite à la suite de la saisie de la structure générale de l'ouvrage ou plus tard en sélectionnant la commandes *Sélection O.S*

Pour saisir les données d'un composant, il faut cliquer sur l'icône placée à l'intérieur de l'ouvrage, qui représente le composant. La fenêtre de saisie des données du composant est alors affichée.

Les icônes des composants, dont les données ont déjà été saisies, sont encadrées en rouge sur le schéma de l'ouvrage. Si l'utilisateur clique sur une icône d'un composant non renseigné, la fenêtre ouverte affiche les données par défaut. Si l'utilisateur clique sur une icône d'un composant déjà renseigné (icône encadrée de rouge), la fenêtre ouverte affiche les données déjà saisies et permet la modification des données.

La description détaillée des règles de saisie des composants est fournie au paragraphe 5.4.11.

5.4.5.2.6. Sixième étape - Définition des lois simplifiées

Cette fenêtre permet de définir les modalités de simulation de l'ouvrage en cas de simulation simplifiée (utilisation du modèle Muskingum). En effet, en simulation simplifiée, dès que le nombre de branches aval est supérieur à 1, il est nécessaire de construire des lois de répartition permettant de partager le débit entre ces différentes branches.

Nota : Cette étape ne doit être traitée que si le nombre de branches aval est supérieur à 1.

L'utilisateur dispose de différentes méthodes pour définir les paramètres des lois de répartition. La sélection s'effectue dans la boîte de dialogue "*Utilisation en simulation simplifiée*", située en haut et à gauche de la fenêtre de saisie. Le choix du mode de construction s'effectue en sélectionnant une option dans une liste. Dans la version 1.7, seules quatre options sont disponibles :

- 0 - aucune simulation simplifiée : l'utilisateur ne pourra simuler le réseau que par le modèle de Barré de Saint Venant ;
- 1 - automatique / données existantes : les paramètres permettant de construire les lois de partage seront déduits des données existantes : il s'agit de l'option standard conseillée chaque fois que la description géométrique de l'ouvrage est possible. Cette option est l'option choisie par défaut.
- 5 - type déversoir d'orage ;
- 6 - type défluence simplifiée.

Les deux dernières options permettent une description fonctionnelle de la loi de répartition. Elles sont particulièrement utiles en phase de conception ou de test ou lorsque la description de l'ouvrage n'est pas encore connue. La suite de la définition des lois s'effectue alors en cliquant sur la touche *Définir/Valider la loi*, ce qui ouvre la fenêtre de saisie correspondante (voir les § 5.4.5.2.6.1. et 5.4.5.2.6.2.).

Attention : La validation de l'option ne devient effective qu'après avoir cliqué sur la touche : "*Définir/Valider la loi*". Ceci est vrai même en cas de sélection de l'option 1.

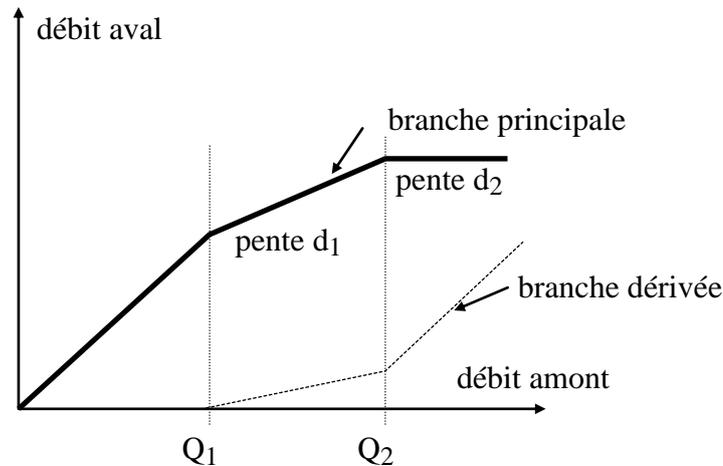
Voir le § 3.3.5.3. pour le mode de construction automatique des lois à partir des données géométriques existantes.

5.4.5.2.6.1. Saisie d'un déversoir simulation simplifiée

Cette option n'est utilisable que si le nombre de tronçons aval est strictement égal à deux (un tronçon dit principal et un tronçon dit dérivé). Elle permet de construire une relation arbitraire $Q_{aval} = f(Q_{amont})$, indépendante des composants saisis. Elle est à utiliser si l'on dispose de mesures, ou en phase de conception (définition fonctionnelle du déversoir envisagé).

Nota : Il est possible de construire cette relation sans préciser les composants existant dans l'ouvrage spécial. Dans ce cas, la simulation sera bien évidemment impossible par le modèle Barré de Saint Venant.

La relation utilisée est constituée de trois segments de droite.



- Tant que le débit amont est inférieur à Q_1 (*débit mini de déversement*), tout le débit va vers le tronçon principal.

$$Q_{\text{prin}} = Q_{\text{amont}}$$

- Lorsque le débit amont est compris entre Q_1 et Q_2 , un pourcentage p_1 du débit amont est conservé dans la branche principale, le complément étant dérivé. Si d_1 est la pente du premier segment de droite ($d_1 = p_1 / 100$), le débit conservé se calcule par la relation suivante :

$$Q_{\text{prin}} = Q_1 + d_1(Q_{\text{amont}} - Q_1)$$

- Lorsque le débit amont devient supérieur à Q_2 , un pourcentage p_2 du débit amont est conservé dans la branche principale, le complément étant dérivé. Si d_2 est la pente du second segment de droite ($d_2 = p_2 / 100$), le pourcentage de débit conservé se calcule par la relation suivante :

$$Q_{\text{prin}} = Q_1 + d_1(Q_2 - Q_1) + d_2(Q_{\text{amont}} - Q_2)$$

Dans tous les cas, le débit déversé vaut:

$$Q_{\text{deriv}} = Q_{\text{amont}} - Q_{\text{prin}}$$

Les données à saisir sont les suivantes :

- Case à cocher "Tronçon principal" : permet de désigner le tronçon choisi comme principal parmi les deux tronçons aval ;
- Débit minimum de déversement : valeur de Q_1 en l/s (voir plus haut) ;
- Pourcentage de déversement : valeur de p_1 (voir plus haut) ;
- Case à cocher "Changement de loi" : Cocher cette case ouvre une fenêtre supplémentaire permettant de définir la valeur du débit de changement de loi et le pourcentage déversé à partir de cette valeur ;
- Débit de changement de loi et pourcentage de déversement : Valeur respective de Q_2 (l/s) et de p_2 (voir plus haut).

L'utilisateur peut visualiser la forme des courbes de déversement, débit sortant principal et

débit sortant dérivé fonction du débit entrant, en cliquant sur l'icône  ou sur le graphe des courbes.

5.4.5.2.6.2. *Saisie d'une défluence simulation simplifiée*

Cette option est utilisable quel que soit le nombre de tronçons aval. Elle permet d'affecter arbitrairement un pourcentage donné du débit amont dans chacune des branches aval. Ce pourcentage est constant quel que soit le débit amont, ce qui implique en particulier que chaque branche aval est alimentée, quel que soit le débit amont. Cette option est à utiliser si l'on dispose de mesures ou en phase de conception (définition fonctionnelle de la défluence).

Nota : Il est possible d'utiliser cette option sans préciser les composants existant dans l'ouvrage spécial. Dans ce cas, la simulation sera bien évidemment impossible par le modèle Barré de Saint Venant.

Les données à saisir sont les suivantes :

- Répartition des tronçons aval : Permet de saisir le pourcentage de débit affecté dans chacun des tronçons aval (sauf pour le dernier tronçon) dans l'ordre de définition. Le pourcentage dans le dernier tronçon est calculé par différence entre le débit total et le total des débits affectés aux autres branches. Ce pourcentage est affiché dans une case grisée non modifiable. Le logiciel fournit une représentation graphique (camembert) de cette répartition.

5.4.5.3. Précautions et limites

La mise à jour d'un ouvrage spécial permet de modifier les caractéristiques et la position des composants internes de l'ouvrage. Cependant un composant ne peut être déplacé si sa nouvelle position entraîne une cote radier différente (c'est le cas lorsqu'on passe d'un côté à l'autre du composant "décrochement radier"). Dans ce cas, il faut détruire le composant et le ressaisir. Elle permet aussi de détruire l'ouvrage. Elle ne permet pas de modifier le nœud support de l'ouvrage, les connexions, les liaisons.

5.4.5.4. Impression détaillée d'un ouvrage spécial

Il est possible d'obtenir l'impression du graphe détaillé d'un ouvrage spécial (liaisons, composants, chutes et marches) ainsi que l'impression du rappel des données liées à cet ouvrage (nœud porteur, tronçon(s) amont, tronçon(s) aval, paramètres de composants). La commande *Impression détaillée* est accessible dans le menu de la fenêtre d'édition des ouvrages spéciaux (seulement après la validation de l'ouvrage en cas de création) dans l'applicatif de gestion des données du projet.

5.4.5.5. Vérification des ouvrages spéciaux

L'utilisateur peut vérifier la cohérence des connexions des ouvrages spéciaux en sélectionnant la commande *Vérifier les ouvrages spéciaux* du menu *Analyse* de l'applicatif de *Gestion des données*. Si le logiciel rencontre une anomalie dans les numéros des connexions, il édite le message suivant : "*Problème sur l'ouvrage ******". Sinon, il écrit directement le message "*Vérification terminée*".

5.4.5.6. Pour en savoir plus

Voir ouvrage spécial.

5.4.6. Saisie des exutoires

5.4.6.1. Principes

Un exutoire est un nœud du réseau qui relie le réseau au milieu naturel. En terme de simulation, il correspond à une condition limite aval ou l'on peut imposer une contrainte hydraulique.

La saisie d'un exutoire est accessible depuis l'applicatif "*Gestion des données du projet*" par les commandes *Edition/Création exutoire* ou *Sélection exutoire* (cas de la mise à jour) ou en cliquant sur les icônes :



pour la création



ou pour la mise à jour.

5.4.6.2. Détail de la saisie

- Nœud de rattachement : le nœud portant l'ouvrage spécial peut être sélectionné dans une liste déroulante ou graphiquement en le cliquant sur le plan du réseau. Pour la sélection graphique, utiliser l'icône :



- Nom de l'ouvrage : chaîne alphanumérique quelconque.

Nota : L'utilisation de la baguette magique



permet de générer automatiquement le nom de l'ouvrage sous la forme :

EX : "nom du nœud".

- Type de condition à la limite : 3 choix sont proposés :
 - hauteur normale (pas de hauteur imposée),
 - hauteur critique,
 - hauteur définie par histogramme de hauteurs d'eau (éventuellement constante). Pour utiliser cette option, il est nécessaire d'avoir au préalable défini des histogrammes de hauteurs de façon à pouvoir en affecter un (sinon message d'anomalie). Voir à ce sujet le paragraphe 5.5.2.

Si *Hauteur définie* est choisie, il faut sélectionner un nom d'histogramme de hauteur dans la barre déroulante. Il est possible de visualiser l'histogramme sélectionné.

N.B. : L'option *Hauteur critique* est conseillée.

5.4.6.3. Précautions et limites

Les conditions aux limites ne sont prises en compte que dans la simulation Barré de Saint Venant. Elles ne sont pas prises en compte dans la simulation simplifiée.

Un exutoire ne peut être affecté à un nœud possédant un ou des tronçons aval.

5.4.6.4. Pour en savoir plus

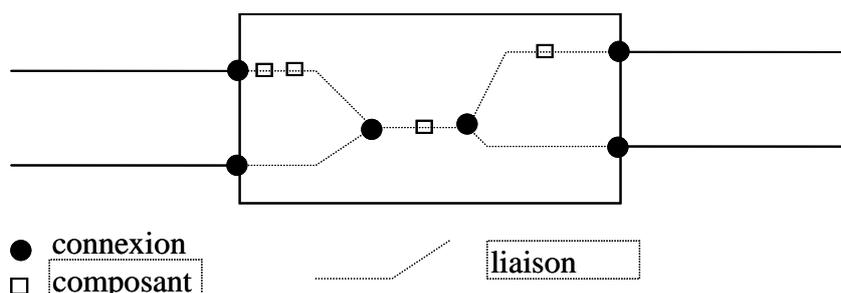
Voir Exutoire

5.4.7. Saisir des bassins de retenue

5.4.7.1. Principes

Un bassin de retenue est un ouvrage surfacique permettant de connecter différents éléments du réseau, mais se distinguant des tronçons par le fait qu'il peut avoir plusieurs nœuds amont et plusieurs nœuds aval.

Schématiquement, un bassin de retenue peut ainsi être représenté par une boîte où sont positionnées des connexions, des liaisons entre ces points de connexion et des composants situés sur ces liaisons.



Les liaisons représentent les différents cheminements des flux à l'intérieur de l'ouvrage. Les liaisons vont d'un point de connexion à un autre.

Les composants sont des éléments modifiant le comportement hydraulique de l'ouvrage. Ces composants sont à placer sur les liaisons. Les composants élémentaires pris en compte sont les suivants :

Composants structurels

- chambre(obligatoire),
- décrochement de radier (chute ou marche),
- grille,
- orifice ou clapet,
- étranglement,
- rétrécissement,
- seuil,
- siphons,
- station de pompage ou de relèvement,
- régulateur.

Composants fonctionnels

- débit imposé,
- hauteur imposée,
- pertes de charge singulière,
- limiteur de débit,

Ces différents éléments font l'objet d'un pré-traitement (modeleur) pour être ensuite simulé soit par le modèle hydraulique, soit par le modèle simplifié.

5.4.7.2. Détail de la saisie

La saisie d'un bassin de retenue est accessible depuis l'applicatif "*Gestion des données du projet*" par les commandes *Edition/Création Bassin de retenue* ou *Sélection Bassin de retenue* (cas de la mise à jour) ou en cliquant sur les icônes :



pour la création



ou pour la mise à jour.

La description complète d'un bassin de retenue se fait en six étapes : L'action en cours est rappelée dans la barre d'état de la fenêtre. On peut revenir à une étape antérieure jusqu'à la validation de la structure de l'ouvrage.



permet de passer à l'étape suivante (*Avancer* dans le menu)



permet de revenir à l'écran précédent (*Reculer* dans le menu)

Les six étapes de la saisie sont les suivantes :

- Identification du bassin de retenue,
- Sélection des nœuds amont et aval,
- Définition de la loi de stockage du bassin,
- Définition des liaisons internes,
- Mise en place des composants,
- Définition des composants.

Un bassin de retenue n'est pas forcément orienté : un même nœud peut être à la fois amont et aval. Lors de la saisie, il faudra cependant distinguer les nœuds amont et les nœuds aval. Une loi de fonctionnement devra en effet être associée à chaque nœud aval (loi de seuil, d'orifice, etc. sous la forme $Q = f(h)$). Ces lois pourront être définies en décrivant géométriquement l'ouvrage de vidange (description identique à celle des composants des ouvrages spéciaux).

5.4.7.2.1. *Première étape - identification du bassin de retenue*

La première étape consiste à identifier le bassin de retenue en lui donnant un nom et à préciser le nombre de nœuds amont et aval.

- Nom du bassin : chaîne alphanumérique quelconque (sans guillemets) ;
- Nombre de nœuds en entrée du bassin : cocher la case convenable (entre 1 et 4) ;
- Nombre de nœuds en sortie du bassin : cocher la case convenable(entre 1 et 4).

5.4.7.2.2. Deuxième étape - sélection des nœuds amont et aval

CANOE construit une boîte avec le nombre de nœuds entrant (en vert, à gauche) et sortant (en bleu, à droite) indiqué.

- Sélection d'un nœud : cliquer dans la bulle représentant le nœud puis choisir le nœud dans la liste déroulante ou en cliquant sur le plan du réseau. Pour la sélection graphique, utiliser l'icône :



Le nom du nœud sélectionné, ainsi que sa cote s'affichent dans la bulle symbolisant le nœud sur le graphique

- Modification d'un nœud : utiliser la même démarche.

Règles à respecter sur les nœuds amont et aval :

- Un même nœud peut être à la fois amont et aval, c'est-à-dire que le sens d'écoulement dans le bassin est susceptible de s'inverser. A un instant donné, le sens d'écoulement est défini en fonction des hauteurs d'eau respectives dans le réseau et dans le bassin.
- Un nœud ne peut porter qu'un seul bassin de retenue
- Un nœud amont peut recevoir plusieurs tronçons
- Un nœud amont ne peut pas posséder de tronçon aval
- Un nœud aval ne peut pas posséder plusieurs tronçons aval
- Un nœud aval ne peut pas posséder de tronçon amont
- Entre 2 bassins de retenue, il doit y avoir au moins un tronçon.

Le tableau suivant précise comment effectuer la saisie en respectant ces règles dans différents cas courants.

□ Structure aval	Noeud intermédiaire	Règle associée
Tronçon	Oui	Un seul tronçon à l'aval du noeud
BR	Non accepté	Mettre un tronçon intermédiaire
Nappe	non	Débit associé directement associé au BR comme le volume stocké
Exutoire	Oui	Pas d'objet aval
Rien	Non	Acceptable seulement si infiltration
Rien	Oui	Considéré comme un exutoire sans Condition limite aval.

5.4.7.2.3. Troisième étape - définition de la loi de stockage

La description de l'ouvrage de stockage lui-même se fait en deux écrans successifs. Dans le premier écran, l'utilisateur doit renseigner les champs suivants :

- cote du fond du bassin : doit obligatoirement être inférieure ou égale à la plus petite des cotes radier des nœuds amont (les cotes radier des nœuds sont rappelées dans les cases représentant les nœuds).
- cote du haut du bassin : doit obligatoirement être supérieure à la cote du fond. Correspond au stockage maximum dans le bassin (si l'eau dépasse cette cote, le bassin déborde).
- case à cocher "débordement" : cocher cette case pour que les volumes débordés soient gérés dans la simulation hydraulique.

Le second écran permet de définir la loi de stockage (relation entre la hauteur d'eau dans le bassin et le volume stocké). CANOE offre trois possibilités pour définir cette loi.

- simplifiée,
- prédéfinie à partir des hauteurs,
- mesurée.

Le choix s'effectue en cochant la case sélectionnée. Pour définir la loi cliquer sur "*définir la loi*".

A- Choix loi simplifiée

- valeur de la surface : le bassin de retenue est supposé avoir une surface constante, indépendante du remplissage (bords verticaux). Le volume est calculé en multipliant la hauteur par la surface. A titre informatif, CANOE affiche le volume maximum possible (correspondant à la hauteur maximum). Cliquer sur "*Avancer*" pour revenir à l'écran précédent (même en cas d'erreur).

B- Choix loi prédéfinie à partir des hauteurs

- sélectionner la loi à utiliser dans la liste déroulante (dans la version 1.7 une seule loi disponible :)
 - Volume stocké = $a + bh + ch^2 + dh^3$ avec h = hauteur d'eau dans le bassin.

- fournir les coefficients de la loi.

C- Choix loi mesurée

- Fournir n couples de valeurs : hauteur d'eau - surface du plan d'eau correspondante. CANOE fournit la valeur de la cote correspondant à chaque hauteur d'eau (la hauteur d'eau est calculée à partir du fond du bassin).

Respecter les règles suivantes pour rentrer les valeurs :

- fournir au moins quatre couples,
- l'ordre de saisie est indifférent,
- la première valeur est obligatoirement 0,0
- essayer de bien représenter la fonction sur la totalité du domaine (depuis la cote du fond jusqu'à la cote du haut).

5.4.7.2.4. Quatrième étape - définition des liaisons internes

Une fois la loi de stockage définie et les nœuds amont et aval identifiés, CANOE édite un schéma de principe du bassin de retenue où le composant "chambre" est déjà représenté et sur lequel les connexions sont également indiquées.

Nota : il n'est pas possible de poser de nouvelles connexions

Cette étape permet de décrire les liaisons entre les connexions. Les liaisons représentent les cheminements possibles des flux à l'intérieur de l'ouvrage. Il peut y avoir plusieurs liaisons entre les deux mêmes connexions.

Les composants doivent être placés à la fois sur une liaison et à une intersection du quadrillage. Il est donc nécessaire de créer des liaisons passant par les intersections du quadrillage et possédant suffisamment d'intersections pour positionner tous les composants nécessaires.

A chaque liaison entre deux connexions correspond dans le modèle Barré Saint Venant un tronçon. La multiplication des connexions augmente donc le temps calcul lors d'une simulation. Il est donc inefficace de créer trop de liaisons.

Règles à respecter pour la saisie :

- Une liaison peut être une succession de segments (ligne brisée) entre deux connexions.
- Chaque segment doit obligatoirement correspondre à une progression de la gauche vers la droite de au moins une case.
- Il n'est pas nécessaire de mettre une connexion à chaque changement de direction.
- Les parties horizontales facilitent le positionnement des composants.

Création d'une liaison : cliquer avec le bouton gauche de la souris sur la connexion amont de la liaison (tronçon amont ou connexion). L'apparition de l'icône :



indique que la création est active. Désigner ensuite successivement chacun des points intermédiaires constituant le parcours, la liaison se dessine progressivement en traits bleus. Cliquer sur la connexion aval pour terminer la saisie, l'icône disparaît.

Annulation d'une liaison : cliquer avec le bouton droit de la souris sur la connexion aval (la plus à droite) de la liaison à supprimer.

L'icône :



est alors affichée. Cliquer sur la connexion amont (la plus à gauche), la liaison est effacée, l'icône disparaît.

Remarque : gestion des cotes. Une altitude est affectée à chaque connexion :

- pour les connexions liées aux nœuds amont et aval, cette altitude est égale à la cote radier du nœud considéré,
- pour les connexions liées à la chambre, elle est égale à la cote sol du bassin de retenue.

Si les connexions situées aux deux extrémités d'une liaison sont à des altitudes différentes, le logiciel fait apparaître un symbole de décrochement de radier :

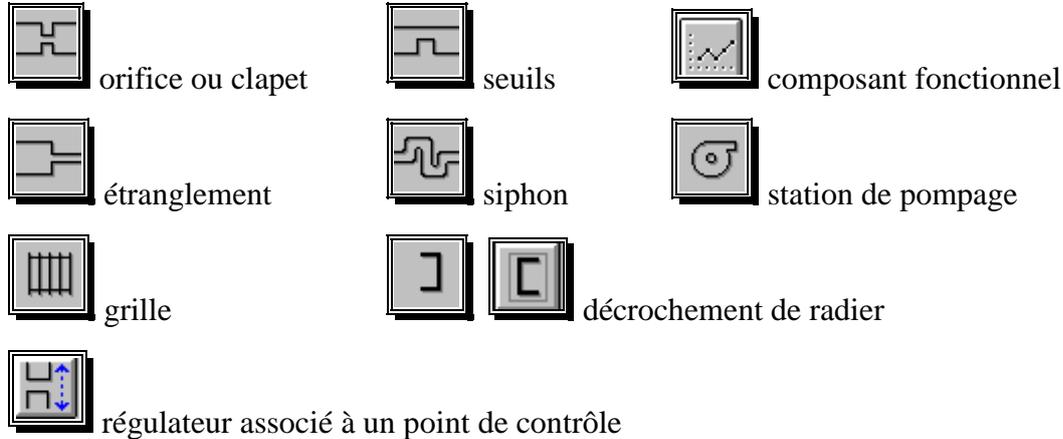


selon qu'il s'agit d'une chute ou d'une marche.

Ce symbole doit obligatoirement être placé sur la liaison avant de pouvoir passer à l'étape suivante. La position doit être choisie en fonction de la position du décrochement de radier par rapport aux éventuels composants. Sur le plan pratique, il faut prévoir suffisamment de place à gauche ou à droite du symbole pour pouvoir placer tous les composants.

5.4.7.2.5. Cinquième étape - mise en place des composants

Cette étape permet de placer les composants sur les liaisons. Les composants disponibles sont indiqués en haut et à gauche de l'écran sous la forme d'icônes. La signification de ces icônes est la suivante :



Pour poser un composant : cliquer avec le bouton gauche de la souris sur l'icône du composant correspondant et sans relâcher le bouton, glisser l'icône jusqu'à la position souhaitée **qui doit être à la fois sur une liaison et à une intersection du quadrillage**. Un composant ne peut être posé sur une connexion.

Pour déplacer un composant : cliquer avec le bouton gauche de la souris sur l'icône du composant à déplacer et sans relâcher le bouton, glisser l'icône jusqu'à la nouvelle position souhaitée.

Pour enlever un composant : cliquer avec le bouton droit de la souris sur l'icône du composant à supprimer, l'icône s'efface.

Attention : tous les enchaînements de composants ne sont pas acceptés. Le tableau suivant rappelle les règles à respecter.

aval amont	seuil	siphon	etrangl.	grille	bâche	fonction	orifice	pompe
seuil								
siphon								
etrangl.								
grille								
bâche								
fonction								
orifice								
pompe								

Les cases foncées indiquent que les deux composants amont-(case de la première colonne correspondante) et aval (case de la première ligne correspondante) ne peuvent être placés à la suite sur une même liaison. Les cases claires indiquent que cette succession est possible sur une liaison.

Une pompe doit être placée sur une liaison arrivant à une connexion aval de l'ouvrage.

5.4.7.2.6. *Sixième étape - définition des composants*

Le but de cette étape est de renseigner les composants placés dans l'ouvrage. Pour passer à cette étape, il est obligatoire de valider la construction générale de l'ouvrage. La saisie des données descriptives des composants peut être faite à la suite de la saisie de la structure générale de l'ouvrage ou plus tard en sélectionnant la commandes *Sélection Bassin de retenue*.

Pour saisir les données d'un composant, il faut cliquer sur l'icône placée à l'intérieur de l'ouvrage, qui représente le composant. La fenêtre de saisie des données du composant est alors affichée.

Les icônes des composants, dont les données ont déjà été saisies, sont encadrées en rouge sur le schéma de l'ouvrage. Si l'utilisateur clique sur une icône d'un composant non renseigné, la fenêtre ouverte affiche les données par défaut. Si l'utilisateur clique sur une icône d'un composant déjà renseigné (icône encadrée de rouge), la fenêtre ouverte affiche les données déjà saisies et permet la modification des données.

La description détaillée des règles de saisie des composants est fournie au paragraphe 5.4.11.

5.4.7.2.7. *Représentation graphique*

La représentation graphique du bassin de retenue sur le plan dépend du nombre de nœuds amont et aval :

- Si plus de 2 nœuds au total, dessin d'un polygone dans l'ordre de saisie.
- Si deux nœuds au total, (2 nœuds amont ou 1 amont et 1 aval) : dessin d'un trait gras vert entre les deux nœuds.
- Si 1 seul nœud (amont) : losange autour du nœud

5.4.7.3. Précautions et limites

- Tous les nœuds (amont et aval) doivent être reliés au bassin de retenue au moment de la validation.
- On ne peut modifier le nom d'un bassin de retenue, ni ses nœuds amont ou aval sans détruire l'ouvrage.
- On ne peut modifier les liaisons ni les connexions sans détruire l'ouvrage.
- Un nœud particulier ne peut porter qu'un seul bassin de retenue
- Entre 2 bassins de retenue, il doit y avoir au moins un tronçon.

5.4.7.4. Pour en savoir plus

<i>Bassin de retenue</i>

5.4.8. Saisir des déversoirs latéraux (non disponible dans CANOE^{LT})

5.4.8.1. Principes

Au sens de CANOE, un déversoir latéral est un ouvrage linéaire assimilable à une conduite de faible longueur associée à une succession de départs latéraux (voir schéma ci dessous).

Sur le plan du calcul hydraulique, CANOE utilise les hypothèses suivantes :

- un seuil de déversoir d'orage latéral est traité comme une succession de n seuils.
- sur un seuil donné, la ligne d'eau est horizontale (la hauteur d'eau est constante), elle varie d'un seuil à l'autre.
- le mode de calcul du débit déversé sur un seuil est le même que pour un seuil frontal.

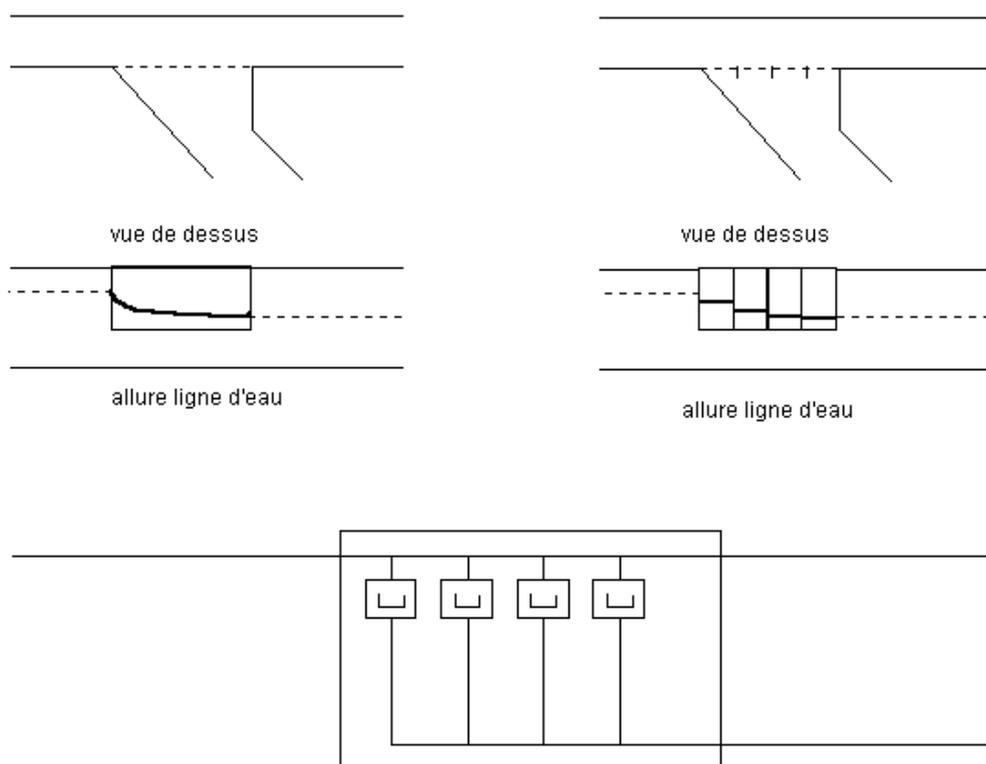


Schéma du modèle

Chacun des seuils élémentaires est découpé en petits seuils frontaux. Le nombre total de seuils frontaux est limité à 20. Le découpage n'a lieu que si la longueur de crête est supérieure à 1 mètre. Pour des seuils de longueur inférieure à 1 mètre, il est donc inutile de saisir un déversoir latéral.

5.4.8.2. Détail de la saisie

La saisie d'un déversoir latéral est accessible depuis l'applicatif "Gestion des données du projet" par les commandes *Edition/Création Déversoir latéral* ou *Sélection Déversoir latéral* (cas de la mise à jour) ou en cliquant sur les icônes :



pour la création



ou pour la mise à jour.

Les données à saisir sont les suivantes :

- le nom de l'ouvrage. Ce nom peut-être créé automatiquement en cliquant sur l'icône *Baguette magique*. Le nom est alors « LAT:nom du nœud »
- le nœud auquel il est rattaché. Ce nœud peut être saisi à l'aide de la souris sur le plan du réseau.
- le type de la conduite de la branche principale (la branche non déversante) à sélectionner dans la liste des conduites de la bibliothèque de conduites associée au projet.
- le tronçon dérivé (branche déversante) à sélectionner dans la liste des tronçons aval du nœud auquel est rattaché l'ouvrage
- case à cocher *Chambre(BSV)* : si cette case est cochée, une chambre est associée à l'ouvrage. Cette chambre est décrite par sa section (m²), sa cote fond et sa cote plafond. Ces cotes sont affichées par défaut égales à la cote radier. La simulation simplifiée ne prend pas en compte la présence de cette chambre de stockage.
- le nombre d'éléments composant le seuil :

Pour chacun des éléments (vus de l'amont vers l'aval)

- Cote gauche en mètres (par défaut : cote radier)
- Cote droite en mètres (par défaut : cote radier)
- Longueur de crête en mètres
- Cote plafond en mètres
- Débit de fuite en m³/s . Cette valeur permet d'assurer dans tous les cas un débit minimum au travers de l'ouvrage dans le cas d'une simulation par Barré de Saint Venant.
- Coefficient de seuil. Il s'agit d'un coefficient correcteur du coefficient de débit m avec lequel il ne doit pas être confondu (voir encadré). Sa valeur est généralement voisine de 1.

Le coefficient m de débit est égal à $(2/3) * \sqrt{(1/3)} = 0.577 * (2/3)$

Le coefficient de seuil doit être choisi en tenant compte en particulier des conditions probables d'écoulement (fluvial ou torrentiel). Les valeurs conseillées sont les suivantes :

1 dans le cas d'un régime torrentiel probable

1,14 dans le cas d'un régime fluvial probable

Ces valeurs ont été déterminées de façon à représenter au mieux les débits mesurés sur plusieurs ouvrages expérimentaux. Les conditions probables d'écoulement sont déterminées a priori selon les caractéristiques géométriques de l'ouvrage (pente et débitance amont et aval, hauteur et longueur du seuil, etc.).

Nota : Le choix de la valeur du débit de fuite est important :

- une valeur trop grande peut conduire à générer un débit parasite non négligeable si le nombre de seuils est important,

- dans le cas de seuils situés près les uns des autres, le choix de ce paramètre peut conditionner la stabilité de la simulation. En particulier, si deux seuils sont très proches, il est préférable de mettre des valeurs différentes aux débits de fuite qui leur sont affectés, de façon à limiter le risque d'un débit nul dans la partie de réseau située entre les deux seuils (les débits injectés aux deux seuils pouvant s'annuler).

La cote radier au pied du seuil est rappelée pour faciliter le calcul des cotes du seuil en fonction de sa hauteur.

L'utilisateur dispose de différentes méthodes pour définir les paramètres des lois de répartition. La sélection s'effectue dans la boîte de dialogue "*Utilisation en simulation simplifiée*", située en haut et à gauche de la fenêtre de saisie. Le choix du mode de construction s'effectue en sélectionnant une option dans une liste. Dans la version 1.7, seules quatre options sont disponibles :

- 0 - aucune simulation simplifiée : l'utilisateur ne pourra simuler le réseau que par le modèle de Barré de Saint Venant ;
- 1 - automatique / données existantes : les paramètres permettant de construire les lois de partage seront déduits des données existantes : il s'agit de l'option standard conseillée chaque fois que la description géométrique de l'ouvrage est possible.
- 5 - type déversoir d'orage ;
- 6 - type défluence simplifiée.

Les deux dernières options permettent une description fonctionnelle de la loi de répartition. Elles sont particulièrement utiles en phase de conception ou de test ou lorsque la description de l'ouvrage n'est pas encore connue. La suite de la définition des lois s'effectue alors en cliquant sur la touche *Définir/Valider la loi*, ce qui ouvre la fenêtre de saisie correspondante (voir les § 5.4.5.2.6.1. et 5.4.5.2.6.2.).

Attention : La validation de l'option ne devient effective qu'après avoir cliqué sur la touche : "*Définir/Valider la loi*". Ceci est vrai même en cas de sélection de l'option 1.

Voir le § 3.3.5.3. pour le mode de construction automatique des lois à partir des données géométriques existantes.

Lorsque la saisie du déversoir latéral est terminée, la branche déversante de l'ouvrage est dessinée en mauve sur le plan du réseau.

5.4.8.3. Précautions et limites

Pour qu'un déversoir latéral puisse être créé dans un réseau, il faut qu'un nœud du réseau possède les caractéristiques suivantes :

- ce nœud doit avoir un tronçon amont et deux tronçons aval ;
- un des tronçons aval doit arriver à un nœud exutoire (c'est à dire sans tronçon aval)

Si aucun nœud du réseau ne satisfait à ces conditions, le logiciel libelle le message :
« *Aucun nœud dans le réseau ne peut être rattaché à cet objet* ».

Il ne peut y avoir deux déversoirs latéraux consécutifs, il faut au moins un tronçon entre les deux déversoirs.

5.4.8.4. Pour en savoir plus

Déversoir d'orage

5.4.9. Saisir des capteurs ou points de contrôle (non disponible dans CANOE^{LT})

5.4.9.1. Principes

Un point de contrôle est un nœud du réseau supposé équipé d'un capteur qui mesure systématiquement les valeurs caractéristiques de l'écoulement (niveau, débit ou vitesse).

Physiquement, il peut s'agir de la représentation d'un point effectivement équipé d'un ou plusieurs capteurs. Dans ce cas, le point de contrôle pourra être utilisé pour comparer les valeurs calculées et les valeurs mesurées et mettre éventuellement en œuvre une procédure de calage semi-automatique.

Par ailleurs, la régulation se met toujours en œuvre en utilisant de façon conjointe un point de contrôle et un régulateur. Le point de contrôle (capteur) est alors le point sur lequel on essaie de réaliser une consigne en agissant sur un régulateur situé en un autre point du réseau.

5.4.9.2. Détail de la saisie

La saisie d'un capteur est accessible depuis l'appliquatif "*Gestion des données du projet*" par les commandes *Edition/Création point de contrôle* ou *Sélection point de contrôle* (cas de la mise à jour) ou en cliquant sur les icônes :



pour la création



ou pour la mise à jour.

Les données à saisir sont les suivantes :

- le nom du point de contrôle. Ce nom peut-être créé automatiquement en cliquant sur l'icône *Baguette magique* après avoir saisi le tronçon portant le capteur. Le nom est alors « CAPT:nom du tronçon »
- le nœud portant le capteur : à sélectionner sur le plan du réseau à l'aide de la souris.

5.4.9.3. Précautions et limites

Un point de contrôle est rattaché à un nœud. Ce nœud ne doit être affecté d'aucun ouvrage, chute ou seuil. Le point de contrôle doit être obligatoirement défini avant la saisie du composant régulateur auquel il sera associé.

Le contrôle de cohérence détectera si un capteur ne peut être affecté au nœud choisi.

N.B : On ne peut pas détruire un capteur auquel une mesure du projet est associée. Il faut d'abord détruire la mesure.

5.4.10. Définir les composants entrant dans la construction d'un ouvrage spécial ou d'un bassin de retenue

5.4.10.1. Principes

Les composants sont des éléments modifiant le débit à l'intérieur d'un ouvrage. Ces composants sont à placer sur les liaisons définies à l'intérieur d'un ouvrage spécial ou d'un bassin de retenue une fois la structure de l'ouvrage définie. Les composants possibles sont représentés par les icônes suivantes :



orifice ou clapet



seuils



composant fonctionnel



étranglement



siphon



station de relèvement ou de pompage



chambre de stockage



grille



décrochement de radier



régulateur associé à un point de contrôle

5.4.10.2. Saisie d'un orifice

5.4.10.2.1. *Symbole du composant*



Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial ou dans un bassin de retenue.

5.4.10.2.2. *Type d'orifices pris en compte dans CANOE*

Un orifice est un ouvrage permettant de limiter le débit à l'aval en créant une perte de charge singulière. Les orifices sont souvent utilisés dans les ouvrages de vidange des bassins de retenue ou dans les déversoirs d'orage à seuil haut. Il se distingue des étranglements par leur faible longueur. De ce fait, les pertes de charge linéaires le long de la partie étranglée sont négligeables devant les pertes de charges singulières dues à l'entonnement et à l'élargissement brusque.

Nota : Un orifice se comporte comme un seuil tant que la cote de la ligne d'eau est inférieure à la cote du haut de l'orifice.

CANOE permet de représenter différents types d'orifices :

- Masque ou fermeture de la conduite par le haut ou par le bas (épousant la forme de la conduite),
- Orifice de section circulaire,
- Orifice de section rectangulaire.

5.4.10.2.3. *Modélisation*

Au sens de CANOE, les orifices sont toujours traités comme des orifices noyés. Les équations prises en compte sont :

- L'égalité du débit de part et d'autre de l'orifice : $Q_{am} = Q_{av}$
- Une équation de pertes de charge de la forme :

$$Y_{am} - Y_{av} = \frac{(V_o - V_{av})^2}{2g.m^2}$$

- avec
- $Q_{am} = Q_{av}$: débit traversant l'ouvrage ;
 - Y_{am} : cote de la ligne d'eau à l'amont (m) ;
 - Y_{av} : cote de la ligne d'eau à l'aval (m) ;
 - m : coefficient de débit tenant compte des imperfections du déversoir ;
 - V_o : vitesse de l'écoulement dans la section contractée (m/s) ;
 - V_{av} : vitesse de l'écoulement à l'aval (m/s).
 - g : accélération de la pesanteur (m/s^2) ;

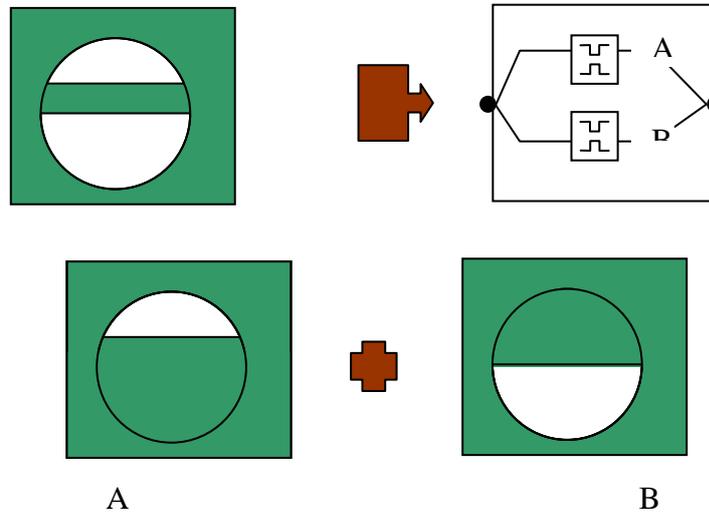
5.4.10.2.4. *Commentaires sur écran de saisie*

Les données à saisir sont les suivantes :

- Case à cocher "Type d'orifice" : Sur les schémas, la zone bleue correspond à la partie de la conduite laissée libre pour l'écoulement.

Nota : un orifice complexe peut être représenté par plusieurs liaisons en série portant chacune un orifice.

A titre d'exemple, un tuyau traversant le collecteur peut être représenté par deux liaisons en parallèle, l'une pour l'orifice inférieur, et l'autre pour l'orifice supérieur.

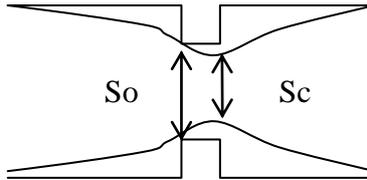


- Cote basse (cote du bas de l'orifice) : par défaut, cote radier au droit du composant.
- Dimensions de l'orifice (selon sa forme).
- Case à cocher "Sens d'écoulement" : permet de représenter un clapet anti-retour. Cette information n'est pas prise en compte dans la simulation simplifiée (sens d'écoulement amont ->aval imposé).
- Débit de fuite (en m^3/s) : Uniquement pour la simulation hydraulique. Le débit de fuite est destiné à limiter les risques de fond sec. Choisir une valeur d'autant plus faible que les débits moyens sont faibles afin de ne pas générer un volume excédentaire trop important.
- Coefficient de débit en régime noyé : Coefficient compris entre 0,7 et 1. Le logiciel propose une valeur par défaut en fonction de l'angle d'inclinaison (cliquer sur l'icône "Aide experte" pour obtenir cette valeur). Voir l'encadré pour le détail des calculs.

La formule utilisée pour calculer les pertes de charge est la formule classique suivante :

$$Y_{am} - Y_{av} = \frac{(V_o - V_{av})^2}{2g.m^2}$$

Le coefficient m apparaissant dans cette relation est destiné à tenir compte du fait que la veine fluide au sein du rétrécissement s'écoule dans une section inférieure à celle de la section propre de l'ouvrage.



m doit normalement tenir compte du rapport Sc/So qui dépend de la forme de l'orifice, de sa longueur et de son inclinaison par rapport à l'horizontale. On trouvera des exemples correspondant à divers types d'orifice par exemple aux références :

« Hydraulique générale appliquée », M. Carlier, Eyrolles, Paris, 1972.

« les réseaux d'assainissement – calculs, applications, perspectives », R. Bourrier, Lavoisier (Tec et Doc), Paris, 1991.

5.4.10.3. Saisie d'un seuil

5.4.10.3.1. *Symbole du composant*



Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial ou dans un bassin de retenue.

5.4.10.3.2. *Types de seuils pris en compte dans CANOE*

Le composant seuil est normalement destiné à représenter des seuils frontaux. Il peut cependant être également utilisé pour représenter certains seuils latéraux, à la condition que la longueur du seuil soit suffisamment courte pour pouvoir faire l'hypothèse que la hauteur d'eau au dessus du seuil est sensiblement constante. Dans les autres cas, il sera préférable d'utiliser l'ouvrage spécial "déversoir latéral".

Au sens de CANOE, un seuil peut être un ouvrage complexe composé de plusieurs éléments (20 au maximum), qui ne sont pas obligatoirement horizontaux (les cotes gauche et droite peuvent être différentes).

La nature du seuil (mince, épais, etc.), est uniquement prise en compte en jouant sur la valeur du coefficient de seuil.

5.4.10.3.3. *Modélisation*

Les équations prises en compte sont :

- L'égalité du débit de part et d'autre de l'orifice : $Q_{am} = Q_{av} = Q$
- Une équation de pertes de charge dépendant du type d'écoulement :

$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot (Y_{av} - Y_s) (Y_{av} - Y_{am})^{1/2} \quad \text{en régime noyé}$$

$$Q = \mu \cdot b \cdot \left(\frac{2}{3} \sqrt{\frac{1}{3}} \right) \sqrt{2g} \cdot (Y_{av} - Y_s)^{3/2} \quad \text{en régime dénoyé}$$

- avec
- $Q_{am} = Q_{av}$: débit traversant l'ouvrage ;
 - Y_{am} : cote de la ligne d'eau à l'amont (m) ;
 - Y_{av} : cote de la ligne d'eau à l'aval (m) ;
 - Y_s : cote du seuil (m) ;
 - μ : coefficient de débit en régime noyé ;
 - b : largeur de crête du seuil (m).

5.4.10.3.4. *Commentaires sur écran de saisie*

Les données à saisir sont les suivantes :

- Nombre d'éléments composant le seuil

Pour chacun des éléments (vus de l'amont vers l'aval) :

- Cote gauche en mètres (par défaut : cote radier).
- Cote droite en mètres (par défaut : cote radier).
- Longueur de crête en mètres.
- Cote plafond en mètres.

La cote radier au pied du seuil est rappelée pour faciliter le calcul des cotes du seuil en fonction de sa hauteur. Une vue en plan et une vue en coupe sont affichées à la suite de la saisie.

- Débit de fuite en m³/s ; cette valeur permet d'assurer dans tous les cas un débit minimum au travers de l'ouvrage dans le cas d'une simulation par Barré de Saint Venant. Choisir une valeur d'autant plus faible que les débits moyens sont faibles afin de ne pas générer un volume excédentaire trop important.

Nota : Le choix de la valeur du débit de fuite est important :

- *une valeur trop grande peut conduire à générer un débit parasite non négligeable si le nombre de seuils est important,*
- *dans le cas de seuils situés près les uns des autres, le choix de ce paramètre peut conditionner la stabilité de la simulation. En particulier, si deux seuils sont très proches, il est préférable de mettre des valeurs différentes aux débits de fuite qui leur sont affectés, de façon à limiter le risque d'un débit nul dans la partie de réseau située entre les deux seuils (les débits injectés aux deux seuils pouvant s'annuler).*
- Coefficient de seuil en régime noyé. Il s'agit d'un coefficient multiplicateur du coefficient de débit m avec lequel il ne doit pas être confondu (voir encadré). Sa valeur est généralement voisine de 1. Il n'est pris en compte que dans le cas de l'utilisation du modèle de Barré de Saint Venant.

Le coefficient m de débit était systématiquement prise égale à la valeur théorique $(2/3) * \sqrt{(1/3)} = 0.577 * (2/3)$ jusqu'à la version 1.9...

A partir de la version 1.10, sa valeur est automatiquement choisie par le programme selon les conditions probables d'écoulement (fluvial ou torrentiel) :

0,58 * (2/3) dans le cas d'un régime torrentiel

0,66 * (2/3) dans le cas d'un régime fluvial.

Ces valeurs ont été choisies de façon à représenter au mieux les débits mesurés sur plusieurs ouvrages expérimentaux. Les conditions probables d'écoulement sont déterminées a priori selon les caractéristiques géométriques de l'ouvrage (pente et débitance amont et aval, hauteur et longueur du seuil, etc.).

- Case à cocher « énergie cinétique » : Si cette case est cochée, on remplace dans la formule de débit le niveau amont par la charge totale disponible. Cette case doit normalement être cochée dans le cas d'un seuil frontal et ne doit pas l'être dans le cas d'un seuil latéral. Elle n'est pas disponible dans le cas d'un seuil comportant plusieurs éléments. Cette information n'est utilisée que dans le cas de l'utilisation du modèle de Barré de Saint Venant.

5.4.10.3.5. Pour en savoir plus

Seuil, Déversoir d'orage.

5.4.10.4. Saisie d'un composant fonctionnel

5.4.10.4.1. *Symbole du composant*



Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial ou dans un bassin de retenue.

5.4.10.4.2. *Types de lois prises en compte dans CANOE*

Un composant fonctionnel est un élément décrit par ses règles de fonctionnement et non par ses caractéristiques géométriques ou physiques. Il est décrit par une relation entre débit, vitesse et charge à l'amont et à l'aval du composant.

Les différents composants utilisables sont les suivants :

- 1 : relation Débit = constante.
- 2 : relation Débit = f(hauteur en amont).
- 3 : relation Débit = f(hauteur en aval).
- 4 : relation Hauteur en amont = f(Débit).
- 5 : $\Delta h = k.V^2$ (Δh = pertes de charge en m, V = vitesse en m/s) ; cette relation permet de représenter la plupart des pertes de charge singulières.
- 6 : $\Delta h = k.Q^2$ (Δh = pertes de charge en m, Q = débit en m^3/s) ; cette relation permet de représenter les pertes de charge singulières dans les ouvrages fonctionnant toujours en charge.
- 7 : relation débit \leq Valeur limite (limitateur de débit) ; si le débit amont est supérieur à la valeur limite, le débit aval est limité à cette valeur et l'excédent est stocké dans le réseau.

Attention : L'utilisation de lois de type 1, 2, 3 ou 4 est délicate et peu compatible avec le modèle de Barré de Saint Venant. Il faut en particulier s'assurer que les relations imposées sont physiquement possibles quelles que soient les conditions d'écoulement. Dans le cas contraire, il existe un risque très important de rencontrer des difficultés au moment de la simulation par le modèle Barré de Saint Venant (en particulier fonds sec).

5.4.10.4.3. *Commentaires sur écran de saisie*

Quelle que soit la relation choisie, il faut saisir les données suivantes :

- cote de déclenchement : cote à partir de laquelle la loi est prise en compte ; par défaut, égale à la cote du nœud dans le cas d'un ouvrage spécial ; voir le §5.4.7.2.4. dans le cas des bassins de retenue (la cote de référence est rappelée).
- débit de fuite (en m^3/s) : il permet d'assurer dans tous les cas un débit minimum au travers de l'ouvrage. Choisir une valeur d'autant plus faible que les débits moyens sont faibles afin de ne pas générer un volume excédentaire trop important.

Les autres données dépendent du type de loi.

- a) Cas 1 ($Q = \text{constante}$) : rentrer la valeur de Q en m^3/s et la valeur de la cote de déclenchement (si la cote de l'eau est inférieure, aucun débit ne sort).
- b) cas 7 (lim. de débit) : rentrer la valeur de Q en m^3/s .
- c) Cas 2, 3, ou 4 : trois modes de saisie sont possibles :
 - Loi linéaire : rentrer la valeur du coefficient de linéarité entre les deux paramètres.
 - Loi prédéfinie : entrer directement les coefficients de la fonction de lissage choisie (deux choix pour chaque relation).

Définir les valeurs mini et maxi de l'abscisse, puis cliquer sur  : pour afficher les courbes.

- Loi mesurée : entrer le nombre de couples de valeurs puis les couples de valeurs eux mêmes ; Cliquer sur :



: pour effectuer le lissage et afficher les courbes.



: pour revenir à la saisie dans le tableau.

- d) Cas 5 ou 6 : rentrer la valeur de k , coefficient de pertes de charge. Des valeurs numériques correspondant aux cas courants pourront être trouvées aux références :

Carlier M. ; "Hydraulique générale et appliquée" ; Eyrolles ; Paris ; 565 p. ; 1972.

Lencastre A. ; "Manuel d'hydraulique générale" ; Eyrolles ; Paris ; 1961.

5.4.10.5. Saisie d'un étranglement

5.4.10.5.1. *Symbole du composant*



Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial ou dans un bassin de retenue.

5.4.10.5.2. *Types d'étranglements en compte dans CANOE*

Un étranglement est un ouvrage permettant de limiter le débit à l'aval en créant une perte de charge singulière. Les étranglements sont souvent utilisés dans les ouvrages de vidange des bassins de retenue ou dans les déversoirs d'orage à seuil haut. Ils se distinguent des orifices par leur longueur plus importante. De ce fait, les pertes de charge linéaires le long de la partie étranglée sont plus importantes que les pertes de charges singulières dues à l'entonnement et à l'élargissement brusque.

CANOE ne permet de représenter que des étranglements de forme circulaire.

5.4.10.5.3. *Modélisation*

Les pertes de charge relatives à l'étranglement sont calculées par la formule classique :

$$\Delta h = \frac{V^2}{C^2 \cdot R_h} l$$

- avec
- C : coefficient de rugosité (Strickler) ;
 - R_h : rayon hydraulique de la conduite (m) ;
 - Δh : pertes de charge (m) ;
 - l : longueur de l'étranglement (m) ;
 - V : vitesse moyenne de l'écoulement (m/s) .

5.4.10.5.4. *Commentaires sur écran de saisie*

Les données à saisir sont les suivantes :

- cote de départ (en m) : cote basse de l'ouvrage ;
- longueur (en m) ;
- diamètre (en m) ;
- coefficient de rugosité (Strickler).

La cote radier à l'amont de l'étranglement est également rappelée.

5.4.10.6. Saisie d'une grille

5.4.10.6.1. *Symbole du composant*



Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial ou dans un bassin de retenue.

5.4.10.6.2. *Types de grilles prises en compte dans CANOE et modélisation*

Le composant grille ne permet de représenter que les grilles entraînant une perte de charge de la forme kV^2 . En particulier, les grilles équipées de dégrilleur automatique, dont la mise en marche du nettoyage est réglée sur une différence de niveau entre l'amont et l'aval (DH imposé) ne peuvent pas être représentées par ce composant. On peut éventuellement utiliser les composants fonctionnels.

5.4.10.6.3. *Commentaires sur écran de saisie*

Les données à saisir sont les suivantes :

- Coefficient de perte de charge : coefficient k de la relation $\Delta h = k.V^2$. L'aide experte propose un coefficient de perte de charge évalué en fonction de l'épaisseur (e) et de l'espacement (E) des barreaux par la relation :

$$k = C_g \left(\frac{e}{E} \right)^{4/3}$$

Le coefficient C_g dépendant de la forme des barreaux.

Pour en savoir plus : Dégrilleur

- Débit de fuite (en m^3/s) : Le débit de fuite permet d'assurer dans tous les cas un débit minimum au travers de l'ouvrage dans le cas d'une simulation Barré de Saint Venant. Choisir une valeur d'autant plus faible que les débits moyens sont faibles afin de ne pas générer un volume excédentaire trop important.

5.4.10.7. Saisie d'un siphon

5.4.10.7.1. *Symbole du composant*

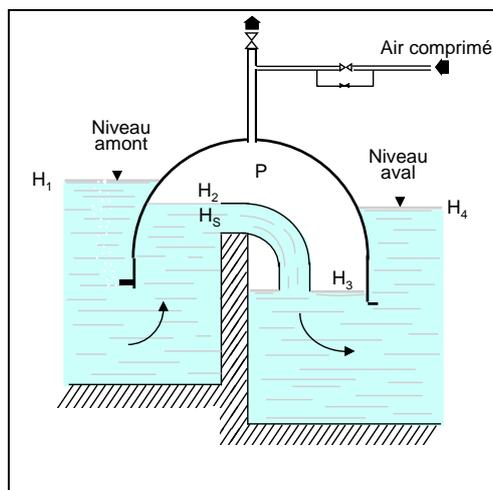
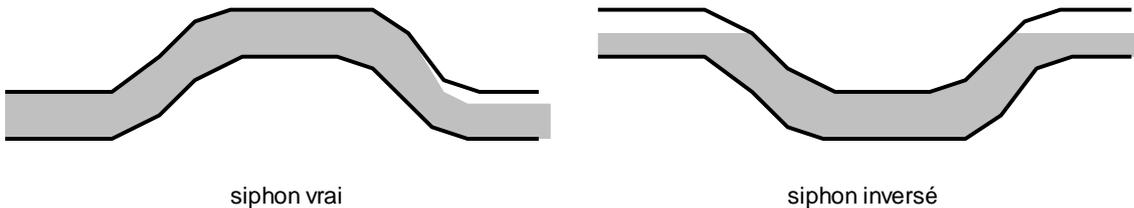


Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial ou dans un bassin de retenue.

5.4.10.7.2. *Différents types d'ouvrages*

Les siphons sont principalement utilisés en assainissement pour franchir des obstacles (rivière, voie ferrée, etc.), lorsqu'il n'est pas possible de maintenir le réseau à son niveau habituel. CANOE prend en compte trois types de siphons :

- les siphons vrais pour lesquels la partie intermédiaire est plus haute que l'ouvrage le plus haut ; ce type de siphon nécessite d'être amorcé pour fonctionner ;
- les siphons inversés pour lesquels la conduite présente une partie intermédiaire plus basse que le niveau du réservoir le plus bas ; ce type d'ouvrage est par exemple utilisé pour la traversée d'une vallée par une conduite, ou pour le passage d'une canalisation sous un obstacle ponctuel. Il ne pose pas de problème d'amorçage.
- les siphons régulés : ce type d'ouvrage utilise un système simple permettant d'amorcer ou de désamorcer à volonté le siphon en augmentant ou en diminuant la pression de l'air dans la partie haute. Ce type de siphon est utilisable comme ouvrage de régulation dans le cas d'une gestion en temps réel du système d'assainissement.



siphon régulé

5.4.10.7.3. Modélisation

Le débit qui transite s'exprime de façon différente selon le type de siphon :

a) Cas des siphons inversés : l'équation de perte de charge se met sous la forme :

$$\Delta H = \frac{1}{g} \left[\frac{l}{S} \right] \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{1}{2g \cdot m^2} |V|V$$

avec S	:	section du siphon (m ²) ;
l	:	longueur du siphon (m) ;
g	:	accélération de la pesanteur (m/s ²) ;
ΔH	:	pertes de charge (m) ;
Q	:	débit (m ³ /s) ;
V	:	vitesse (m/s) ;
m	:	coefficient de perte de charge du siphon.

Attention : Dans les versions de CANOE antérieures à la version 1.7. , la signification du coefficient de pertes de charge était différente. Il s'agissait du coefficient K, relié à m par la relation : $K = 1 / (2 \cdot g \cdot S^2 \cdot m^2)$.

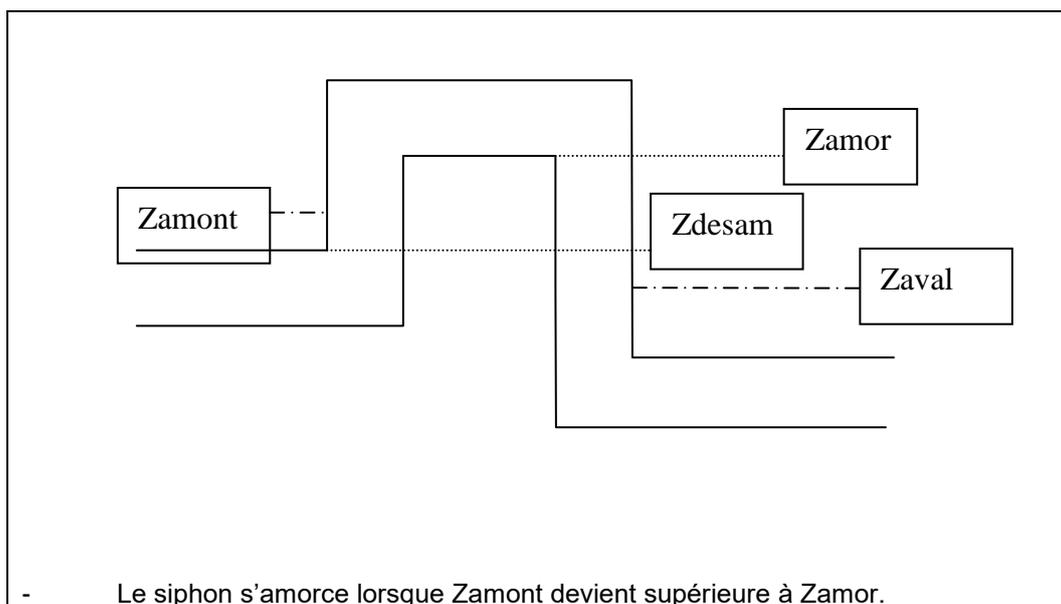
Nota : Il est préférable de représenter les siphons inversés, souvent beaucoup plus longs, par un tronçon de réseau.

b) Cas des siphons vrais : l'équation de perte de charge se met sous la forme :

$$\Delta H = \frac{1}{2g \cdot m^2} |V|V$$

avec ΔH	:	pertes de charge (m) ;
g	:	accélération de la pesanteur (m/s ²) ;
V	:	vitesse (m/s) ;
m	:	coefficient de perte de charge du siphon.

Le siphon fonctionne uniquement lorsqu'il est amorcé. Les différents cas de fonctionnement sont décrits dans l'encadré.



- Le siphon se désamorce lorsque la cote amont devient inférieure à Zdesam.
- si le siphon est amorcé, le débit nominal est alors calculé par la relation en fonction de $\Delta H = Z_{\text{amont}} - Z_{\text{aval}}$.
- Avant l'amorçage ou si le siphon est désamorcé, le débit est nul.

c) Cas des siphons régulés : l'équation de perte de charge se met sous la forme :

$$\Delta H = \frac{1}{g} \left[\frac{1}{S} \right] \frac{\partial Q}{\partial t} + K|Q|Q$$

- avec S : section du siphon (m²) ;
 l : longueur du siphon (m) ;
 g : accélération de la pesanteur (m/s²) ;
 ΔH : pertes de charge (m) ;
 Q : débit (m³/s) ;
 m : coefficient de fonctionnement du siphon.

Pour en savoir plus : Siphon

5.4.10.7.4. Commentaires sur écran de saisie

Les données à saisir quel que soit le type sont les suivantes :

- Type (normal, inversé, normal régulé) : cocher la case choisie.
- Surface de la section droite (m²) : section de la conduite siphonnante
- Débit de fuite éventuel (m³/s) : Permet de maintenir un débit non nul à l'aval de l'ouvrage pour limiter le risque de fond sec. Choisir une valeur d'autant plus faible que les débits moyens sont faibles afin de ne pas générer un volume excédentaire trop important.
- Coefficient de perte de charge : Coefficient m des formules fournies plus haut ; une valeur comprise entre 0,5 et 0,7 est généralement convenable (valeur par défaut : 0,57).

a) Pour un siphon normal, il faut saisir en plus :

- Cote d'amorçage (m) : cote radier de la partie la plus haute de la conduite formant le siphon (Zamor sur la figure ci-dessus).
- Cote de désamorçage (m) : cote du haut de la conduite amont (Zdesam sur la figure ci-dessus).

b) Pour un siphon régulé, il faut saisir en plus :

- Cote de la consigne (m) :
- Incrément maximum :
- Hauteur entre le seuil et la voûte :

c) Pour un siphon inversé, il faut saisir :

- Longueur (m) : longueur du siphon.

Le débit de fuite permet d'assurer dans tous les cas un débit minimum au travers de l'ouvrage.

La cote radier du siphon est rappelée

5.4.10.8. Saisie d'une chambre

5.4.10.8.1. Symbole du composant



Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial mais pas dans un bassin de retenue.

5.4.10.8.2. Commentaires sur écran de saisie

Les données à saisir sont les suivantes :

- son type (prismatique ou quelconque)

Pour une chambre de type prismatique

- sa section en m²
- sa cote plafond (m)

Pour une chambre de type quelconque :

- un tableau de couples "cote, section" définissant la chambre (20 couples maximum)

Une case à cocher permet d'indiquer que la chambre est pleine ou vide au début de la simulation par Barré de Saint Venant.

La cote radier de la chambre est rappelée.

5.4.10.9. Saisie d'une pompe

5.4.10.9.1. *Symbole du composant*



Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial ou dans un bassin de retenue.

5.4.10.9.2. *Types de pompes prises en compte dans CANOE*

CANOE permet de représenter n'importe quel type de pompe (refoulement, pompage, aspiration, etc.), dans des stations qui peuvent posséder jusqu'à 8 paliers de pompage différents.

5.4.10.9.3. *Commentaires sur écran de saisie*

Les données à fournir sont les suivantes :

- débit de fuite (utilisé dans le modèle de Barré de Saint Venant pour avoir toujours un débit minimum dans le réseau) Choisir une valeur d'autant plus faible que les débits moyens sont faibles afin de ne pas générer un volume excédentaire trop important.
- nombre de paliers de pompage - (8 au maximum)
- sens de pompage (uniquement utilisé dans le modèle Barré de Saint Venant) par palier :
 - cotes de marche et d'arrêt (cote de marche > cote d'arrêt). Il est possible de croiser les cotes de mise en route et d'arrêt de paliers différents.
 - type de loi : constante ou mesurée. Dans le cas d'une loi mesurée, il faut fournir les courbes caractéristiques sous la forme d'une relation empirique entre H et Q (tableau de valeurs). Cette information n'est pas prise en compte dans le cas d'une simulation simplifiée, le modèle faisant l'hypothèse d'un débit pompé constant quelle que soit la charge hydraulique et égal au débit maximum.
- . H est la charge à travers la pompe en fonctionnement,
- . Q est le débit correspondant à cette charge.



Cliquer sur  pour faire apparaître le tableau de définition des paliers de la pompe

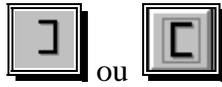
Ce composant doit être placé sur les liaisons décrivant un ouvrage spécial ou un bassin de retenue pour représenter les différences de cote entre les connexions et le radier de l'ouvrage, en fonction de sa position par rapport aux éventuels composants.

S'il y a des différences de cote, le logiciel impose de placer les décrochements de radier.

Si la différence de cote radier est positive, il s'agit d'une chute ; si elle est négative, il s'agit d'une marche

5.4.10.10. Saisie d'un décrochement de radier

5.4.10.10.1. *Symbole du composant*



Ce composant peut être placé dans un ouvrage spécial ou dans un bassin de retenue.

5.4.10.10.2. *Saisie*

Ce composant doit être placé sur les liaisons décrivant un ouvrage spécial ou un bassin de retenue pour représenter les différences de cote entre les connexions et le radier de l'ouvrage, en fonction de sa position par rapport aux éventuels composants.

S'il y a des différences de cote, le logiciel impose de placer les décrochements de radier.

Si la différence de cote radier est positive, il s'agit d'une chute ; si elle est négative, il s'agit d'une marche

Il n'y a aucune donnée à saisir, seulement à positionner la chute ou la marche sur le graphe.

5.4.10.11. Saisie d'un régulateur (non disponible dans CANOE^{LT})

5.4.10.11.1. *Symbole du composant*



Un régulateur est un composant qui peut être placé soit un ouvrage spécial, soit dans un bassin de retenue. Il ne peut être placé sur une liaison comportant déjà un composant.

5.4.10.11.2. *Types de régulateurs pris en compte dans CANOE*

Un régulateur est un ouvrage mobile dont les caractéristiques s'adaptent dans le temps (au cours de la simulation) de façon à approcher au mieux une valeur de consigne définie sur un point de contrôle donné du réseau.

Les manœuvres du régulateur sont établies à partir de la comparaison entre la valeur effective mesurée par un capteur à ce point de contrôle et la consigne que l'on veut réaliser.

Les régulateurs peuvent être de deux types :

- type « seuil rectangulaire » : la cote de la crête du seuil varie au cours du calcul ;
- type « vanne de fond » : la cote supérieure de l'orifice (couteau de la vanne), varie au cours des calculs.

5.4.10.11.3. *Modélisation et principes d'action*

L'ajustement de l'organe mobile suit l'écart à la consigne « E » selon une loi de type P-I-D (proportionnel, Intégral, Différentiel) ; il se traduit pour l'organe mobile par un ordre de manœuvre (ouverture ou fermeture). Cet ordre de manœuvre « O » est interprété différemment selon le principe d'action sélectionné :

- positionnel : « O » est un déplacement direct de l'organe mobile (en mètres) ; on limite cependant ce déplacement en valeur absolue à $O_{max} = \text{vitesse de déplacement} \times \text{pas de temps de régulation}$;
- impulsionnel : la valeur absolue de « O » est la durée pendant laquelle le moteur d'entraînement est activé ; le mouvement de l'organe mobile est obtenu en multipliant cette valeur par la vitesse de manœuvre ; cette définition se rapproche davantage du fonctionnement réel d'un automate programmable sur le site.

La loi est de la forme :

$$O = +/- (a \cdot dE/dt + b \cdot E + c \cdot dO/dt)$$

Les coefficients a, b, c sont saisis par l'utilisateur.

Les données physiques décrivant le régulateur sont saisies dans l'appliquatif « gestion des données » ; les données relatives aux consignes de régulation (point de contrôle associé, valeurs de a, b, c, position initiale, etc.) sont définies dans l'appliquatif « simulation », ce qui permet de modifier les consignes sans modifier le régulateur. Voir le §8.3.4.3.

5.4.10.11.4. *Commentaires sur écran de saisie*

Les données à saisir sont les suivantes :

- Case à cocher « Type de régulateur » : seuil rectangulaire ou vanne de fond rectangulaire.
- Case à cocher « Principe d'action » : positionnelle ou impulsionnelle.
- Dimensions de l'ouvrage (la signification des différentes grandeurs est précisée sur un schéma illustrant l'écran de saisie) :

- dimension du tablier : largeur de la crête de déversement ou largeur de la vanne de fond ; cette largeur est supposée uniforme quelle que soit la position de l'ouvrage et la hauteur d'eau ;
- cote butée ouverte (m) : position extrême correspondant à l'ouverture maximale du régulateur (cote mini de la crête du seuil, cote maxi du couteau de la vanne) ;
- cote butée fermée (m) : position extrême correspondant à l'ouverture minimale du régulateur (cote maxi de la crête du seuil, cote mini du couteau de la vanne).

Nota : Les cotes de butée peuvent être modifiées dans les paramètres de simulation ; la cote de fonctionnement de l'ouvrage peut également être imposée dans certaines conditions (voir le §8.3.4.2.2.).

- Vitesse de manœuvre (m/s) : vitesse de déplacement de l'organe mobile (crête du seuil ou couteau) ; les automates usuels fonctionnent à des vitesses relativement lentes (quelques millimètres par seconde) pour éviter des phénomènes parasites de battement (voir également la saisie des valeurs de consigne).
- Débit de fuite (en m³/s) : cette valeur permet d'assurer dans tous les cas un débit minimum au travers de l'ouvrage et limite ainsi le risque de fond sec ; choisir une valeur d'autant plus faible que les débits moyens sont faibles afin de ne pas générer un volume excédentaire trop important.
- Coefficient de seuil ou coefficient de débit en régime noyé : coefficient dont la valeur est généralement voisine de 1 ; voir les paragraphes 5.4.10.2.4. et 5.4.10.3.4. pour obtenir des informations plus précises sur la signification de ce paramètre ou le choix de sa valeur.
- Case à cocher « énergie cinétique » : Si cette case est cochée, on remplace dans la formule de débit le niveau amont par la charge totale disponible. Cette case doit normalement être cochée dans le cas d'un seuil frontal et ne doit pas l'être dans le cas d'un seuil latéral. Elle n'apparaît pas dans le cas d'une vanne de fond (elle est systématiquement prise en compte dans ce cas).

5.4.10.11.5. Limites d'utilisation

Pour pouvoir définir ce composant lors de la saisie de l'ouvrage spécial, il faut qu'un point de contrôle ait déjà été défini dans le réseau.

Nota : Si aucun point de contrôle n'a été défini, alors l'icône n'apparaît pas. L'association du régulateur au point de contrôle devra être faite dans l'applicatif de simulation (paramètres de régulation ; voir §8.3.4.2.2.).

Fondamentalement, un régulateur est un composant fonctionnel. De ce fait il doit être utilisé avec toutes les précautions d'usage.

En particulier, les positions respectives du point de contrôle et du régulateur doivent être fondées sur des bases physiques. Il n'est pas possible de réguler une grandeur en dehors du domaine d'influence du régulateur. Par exemple, on ne peut pas réguler le niveau à l'amont du régulateur au delà du remous provoqué par ce dernier.

5.4.11. Analyse du réseau

L'analyse et le contrôle du réseau se font dans le menu *Analyse* dans l'applicatif de gestion des données et dans l'applicatif de simulation.

Analyse
Vérification globale
Contrôle réseau

L'analyse du réseau permet de détecter les anomalies qui empêcheraient de réaliser une simulation soit par Barré de Saint Venant soit par la simulation simple. Ces commandes informent sur la cohérence du réseau mais ne corrigent pas les données. Le logiciel se charge d'un certain nombre de modifications et corrections des données pour permettre une meilleure simulation à la demande de l'utilisateur. Voir §5.4.12.

5.4.11.1. Vérification globale

Cette commande lance successivement le contrôle de cohérence du réseau, la vérification des ouvrages, le contrôle de la position des chutes, le contrôle de l'unicité du réseau, l'absence de circuit fermé.

5.4.11.2. Contrôle visuel du réseau

Analyse

Contrôle visuel du réseau

Longueur tronçons

Pente tronçons

Débit max

Chute ou seuil aval tronçons

Type conduite tronçons

Cote sol nœuds

Chacune des commandes du menu *Contrôle visuel du réseau* permet le contrôle de la validité du paramètre correspondant pour l'ensemble du réseau, Le résultat du contrôle est affiché sur le graphe du réseau selon le code de couleur affiché en haut de la fenêtre graphique. En cliquant sur le bouton *Bornes*, les valeurs des seuils de changement de couleur sont affichées et modifiables. Cliquer sur *OK* après modification des seuils pour modifier le graphe du réseau.

5.4.12. Amélioration du réseau

Un certain nombre d'améliorations peuvent être apportées automatiquement par le logiciel au projet. Ces améliorations peuvent réduire le temps calcul, supprimer les instabilités de simulation, permettre de faire tourner une simulation (par exemple s'il y a un circuit fermé dans le cas d'une simulation simple).

Toutes les commandes sont regroupées dans le menu *Optimisation du Réseau* de l'applicatif de gestion des données.

Optimisation du Réseau

Regroupement

Optimisation du réseau

Mise en cohérence du réseau

Simplification du réseau

5.4.12.1. Regroupement des données

Voir §3.6.4.1.

5.4.12.2. Recherche d'un circuit fermé

Recherche d'un circuit fermé vérifie que le réseau ne comporte aucun circuit fermé (la simulation simple ne fonctionne pas pour ce genre de réseau).

Optimisation du Réseau
Optimisation du réseau
Mise en cohérence du réseau
Recherche d'un circuit fermé

Si aucun circuit fermé n'a été détecté, le logiciel affiche le message suivant : "*pas de circuit*". Si un circuit est détecté, affichage du message "*Circuit détecté*" ainsi que de la liste des nœuds du circuit.

5.4.12.3. Détection des réseaux multiples

Détection de réseaux multiples vérifie que le réseau ne comporte pas plusieurs réseaux non reliés entre eux (la simulation par Barré de Saint Venant ne fonctionne pas pour ce genre de réseau). Ce contrôle est accessible par le menu *Regroupement de l'applicatif de gestion des données*.

Optimisation du Réseau
Optimisation du réseau
Mise en cohérence du réseau
Détection des réseaux multiples

S'il n'y a qu'un seul réseau, le logiciel affiche le message suivant : "*Le réseau est unique*" sinon il affiche le message "*Il existe plusieurs réseaux*". L'utilisateur peut ne conserver alors qu'un seul réseau en sélectionnant la commande *Conservation d'un réseau unique* (voir ci-dessous).

5.4.12.4. Conservation d'un réseau unique

Lorsque le projet comporte plusieurs réseaux, l'utilisateur peut choisir de n'en conserver qu'un. Cette action est accessible par le menu *Regroupement de l'applicatif de gestion des données*.

Optimisation du Réseau
Optimisation du réseau
Conservation d'un réseau unique

Pour cela, il doit sélectionner un tronçon du réseau à conserver. Les tronçons et nœuds des autres circuits sont alors supprimés.

N.B. Les réseaux supprimés ne doivent comporter ni bassin versant, ni ouvrage spécial.

5.4.12.5. Concaténer un parcours

Concaténer un parcours permet de remplacer un parcours (formé de tronçons consécutifs) par un tronçon unique ayant pour débitance la débitance du tronçon aval du parcours indiqué. Les hauteurs de chute sont cumulées au nœud amont. La constitution du parcours est identique à la constitution d'une ligne d'eau.

Cette action est accessible par le menu *Regroupement de l'applicatif de gestion des données*.

Optimisation du Réseau
Simplification du réseau
Concaténation d'un parcours unique

Contraintes : pas d'os eni de défluence sur le parcours initial.

5.4.12.6. Transformer une zone en Bassin de retenue

Transformer une zone en B.R. permet de remplacer une partie de réseau par un bassin de rétention (particulièrement adapté au cas de zones urbaines fortement maillées ayant un rôle de stockage).

Cette action est accessible par le menu *Regroupement de l'applicatif de gestion des données*.

Optimisation du Réseau
Simplification du réseau
Transformation d'une zone en B.R.

Les contraintes sont les mêmes que celles liées à la saisie d'un bassin de retenue :

4 nœuds amont maxi

4 nœuds aval maxi ; ces nœuds ne doivent être ni défluence, ni confluence.

La zone à transformer ne doit comporter aucun autre type d'objet autre que des nœuds et des tronçons.

Les nœuds et les tronçons contenus dans cette zone sont détruits et la portion de réseau est remplacée par un bassin de rétention. La loi de stockage calculée de ce bassin s'approche du comportement de stockage des tronçons de la zone.

Mode de saisie de la zone

Constituer la liste des *tronçons d'entrée* du bassin en les sélectionnant graphiquement puis constituer de la même manière la liste des *tronçons de sortie*. Cliquer sur le bouton de commande *Remplacer la zone par un bassin de rétention*.

La fenêtre de saisie du bassin apparaît. Définir les liaisons puis positionner éventuellement des composants sur ces liaisons.

Donner un nom au bassin puis *valider* la saisie. Saisir les caractéristiques des composants si nécessaire.

5.4.12.7. Nettoyage Automatique

Permet de supprimer automatiquement les objets dont le type est coché dans le menu :

- les têtes multiples
- les décrochements inférieurs à 4 cm
- les doubles chutes
- les marches
- les points bas
- les décrochements sur extrémité

Cette action est accessible par le menu *Regroupement de l'Applicatif de gestion des données*.

Optimisation du Réseau
Nettoyage Automatique

Sélectionner dans le menu le ou les types d'objets que l'on souhaite supprimer. On peut sélectionner tous les types en cliquant sur *Tout Activer* et tous les déselectionner en cliquant sur *Tout désactiver*.

Puis sélectionner la commande *Lancer le nettoyage* pour procéder aux corrections.

5.5. Saisir ou mettre à jour des données phénoménologiques liées aux réseaux

5.5.1. Généralités

Dans CANOE, différentes données phénoménologiques liées au système d'assainissement étudié (indépendamment des données pluviométriques) peuvent être conservées dans une bibliothèque de données spécifique appelée bibliothèque d'histogrammes. Il peut s'agir de données observées (mesures) ou de données issues d'un calcul. En particulier, tout histogramme produit à un moment donné par une simulation peut être sauvegardé dans cette bibliothèque.

Nota : Les histogrammes produits par une simulation sont sauvegardés provisoirement dans une bibliothèque de résultats. La bibliothèque de résultats est effacée à chaque nouvelle simulation ou à chaque mise à jour du projet pour assurer la cohérence globale du projet. La bibliothèque d'histogrammes permet la sauvegarde permanente des résultats.

Les histogrammes pris en compte sont :

- des hydrogrammes,
- des histogrammes de hauteur d'eau,
- des histogrammes de vitesse,
- des histogrammes de concentration.

Nota : il n'est pas possible de gérer directement des hydrogrammes en débit massique. Ces derniers doivent être décomposés en hydrogramme + histogrammes en concentration.

Le menu permettant de travailler sur la bibliothèque d'histogrammes est accessible depuis l'appliquatif *Gestion des données structurelles du réseau* en sélectionnant la commande



Histogramme du menu *Edition* ou en cliquant sur l'icône de la barre d'outils.

Cette commande ouvre la fenêtre de *Gestion des histogrammes et pollutogrammes* qui permet de créer, modifier ou détruire un histogramme (de débit, de vitesse ou de hauteur d'eau) ou un pollutogramme en concentration, obligatoirement rattaché à un hydrogramme (pour l'appliquatif *Qualité*).

5.5.2. Saisir un nouvel hydrogramme au clavier

La saisie des données décrivant un hydrogramme se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des histogrammes par les commandes

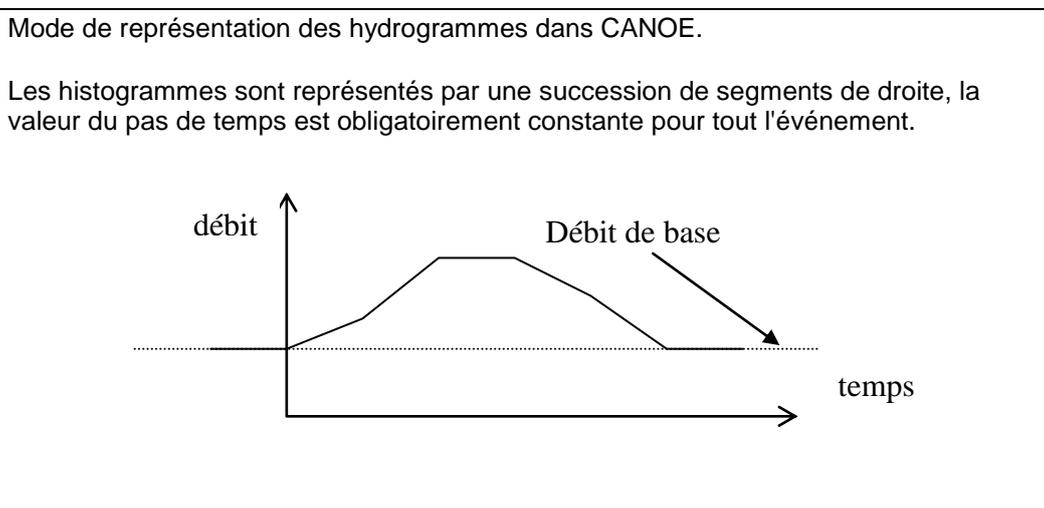
Edition
Création histogramme
Débit

La commande ouvre alors une fenêtre de saisie.

5.5.2.1. Données à saisir

Les données à saisir de façon obligatoire sont :

- Nom de l'histogramme : Chaîne alphanumérique sans guillemets.
- Nombre de pas de temps : inférieur à 1440.
- Durée du pas de temps en minutes : obligatoirement constante.
- Valeur de base : Valeur du débit avant le premier pas de temps et après le dernier pas de temps (voir encadré).
- Les valeurs de débit par pas de temps (en m³/s) : Pour faire apparaître le tableau de saisie, cliquer sur l'icône :



Les données à saisir éventuellement sont :

- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.
- Case à cocher "Date et heure définies" : Si cette case est cochée, l'utilisateur a la possibilité de donner l'heure et la date du début de l'hydrogramme. Ces informations sont indispensables si l'on veut utiliser l'hydrogramme dans une procédure de calage (automatique ou manuelle). Voir le §10.
- Case à cocher "Journalier" : Si cette case est cochée, l'hydrogramme sera défini pour 24 pas de temps de 60 min, de 1 heure à 24 heures. La valeur du débit de base (au temps 0) est prise égale à la valeur du débit à 24 heures.

- Case à cocher "Journalier constant" : Si cette case est cochée, l'histogramme sera défini pour 24 pas de temps de 60 mn, de 1 heure à 24 heures avec une valeur constante. La valeur du débit de base (au temps 0) est égale à cette valeur.

N.B.: Les trois dernières options sont exclusives. On ne peut choisir l'option "Date et heure définies" pour un histogramme *journalier* ou *journalier constant*.

Utiliser le bouton "Valider" pour sauvegarder l'hydrogramme

5.5.2.2. Possibilités de représentation.

- L'icône  (ou la commande "Graphe" du menu) permet d'obtenir un dessin de l'hydrogramme.
- La commande "Affichage" offre deux possibilités de représentation du graphe (*Vue en ligne* ou *Vue en surface*).
- La commande "Imprimer" offre deux possibilités d'impression : soit la totalité de l'écran, soit uniquement le graphe.

5.5.2.3. Saisie d'un hydrogramme d'eau usée

CANOE offre la possibilité d'utiliser cet écran pour saisir un hydrogramme journalier d'eau usée. Pour ceci, cliquer dans la case à cocher "Journalier". Le nombre de pas de temps est obligatoirement fixé à 24 et la valeur du pas de temps à 60 minutes.

5.5.3. Saisir un nouvel histogramme de hauteur ou de vitesse au clavier

La saisie des données décrivant un histogramme se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des histogrammes par les commandes

Edition
Création histogramme
Hauteur (ou vitesse)

La commande ouvre alors une fenêtre de saisie.

5.5.3.1. Données à saisir

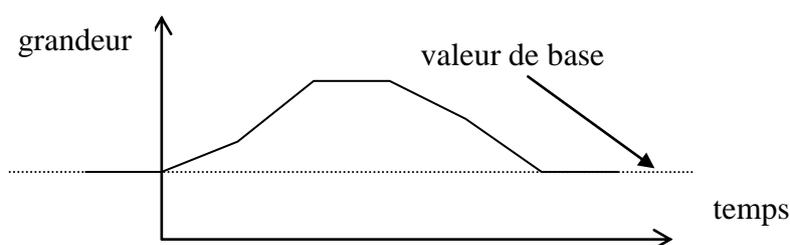
Les données à saisir de façon obligatoire sont :

- Nom de l'histogramme : Chaîne alphanumérique sans guillemets.
- Nombre de pas de temps : inférieur à 1440.
- Durée du pas de temps en minutes : obligatoirement constante.
- Valeur de base : Valeur de la grandeur avant le premier pas de temps et après le dernier pas de temps (voir encadré).
- Cote de référence (m) (Uniquement dans le cas des histogrammes de hauteur) : Valeur de l'altitude à partir de laquelle les hauteurs d'eau sont introduites (choisir 0 - zéro, si les valeurs de hauteur sont directement connues en altitude).
- Les valeurs de la grandeur par pas de temps (en m ou en m/s) : Pour faire apparaître le tableau de saisie, cliquer sur l'icône :



Mode de représentation des histogrammes dans CANOE.

Les histogrammes sont représentés par une succession de segments de droite, la valeur du pas de temps est obligatoirement constante pour tout l'événement.



Les données à saisir éventuellement sont :

- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.
- Case à cocher "Date et heure définies" : Si cette case est cochée, l'utilisateur a la possibilité de donner l'heure et la date du début de l'histogramme. Ces informations sont nécessaires pour comparer les histogrammes .

Utiliser le bouton "*Valider*" pour sauvegarder l'histogramme

5.5.3.2. Possibilités de représentation.

- L'icône  (ou la commande "*Grappe*" du menu) permet d'obtenir un dessin de l'histogramme.
- La commande "*Affichage*" offre deux possibilités de représentation du graphe (*vue en ligne* ou *vue en surface*).
- La commande "*Imprimer*" offre deux possibilités d'impression : soit la totalité de l'écran, soit uniquement le graphe.

5.5.4. Saisir un nouveau pollutogramme en concentration (non disponible dans CANOE^{LT})

La saisie des données décrivant un pollutogramme se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des histogrammes par les commandes

Edition
Création histogramme
Concentration

La commande ouvre alors une fenêtre de saisie.

5.5.4.1. Données à saisir

Les données à saisir sont :

- Nom du pollutogramme : Chaîne alphanumérique sans guillemets.
- Produit : à choisir dans la liste déroulante des produits.
- hydrogramme associé : à choisir dans la liste déroulante des produits. Un pollutogramme en concentration doit obligatoirement être associé à un hydrogramme de façon à générer un pollutogramme en débit massique.

Nota : Au sens de CANOE, les pollutogrammes en débit massique ne peuvent pas être définis directement. Il est nécessaire de définir successivement l'hydrogramme, puis le pollutogramme en concentration. Cette méthode offre plusieurs avantages :

- être sûr de maintenir la cohérence entre l'hydrogramme et les pollutogrammes qui lui sont associés (même nombre de pas de temps, même valeur de pas de temps) ;
- permettre d'associer simplement une concentration constante à un pollutogramme ;
- permettre d'associer plusieurs pollutogrammes (correspondant à différents produits) au même hydrogramme.
- Case à cocher concentration constante ou variable et valeurs des concentrations: Dans la version 1.7, seuls ces deux choix sont possibles ; dans le cas d'une concentration variable, les valeurs de concentration doivent être fournies pour chacun des pas de temps de l'hydrogramme associé. Le tableau rappelle les temps et les valeurs de débit correspondante.
- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.

Utiliser le bouton "Valider" pour sauvegarder l'histogramme

5.5.4.2. Possibilités de représentation.



- L'icône (ou la commande "Graphe" du menu) permet d'obtenir un dessin de l'hydrogramme, du pollutogramme en concentration ou du pollutogramme en débit massique, selon la case à cocher choisie.
- La commande "Affichage" offre deux possibilités de représentation du graphe (*vue en ligne* ou *vue en surface*).
- La commande "Imprimer" offre deux possibilités d'impression : soit la totalité de l'écran, soit uniquement le graphe.

5.5.5. Visualiser un hydrogramme, un histogramme ou un pollutogramme existant

L'édition des données décrivant un hydrogramme, un histogramme de hauteur ou de vitesse ou un pollutogramme se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des histogrammes par les commandes :

Edition

Sélection histogramme

Débit

Hauteurs d'eau

Vitesse

Concentration

La commande ouvre alors la fenêtre de saisie correspondante.

Sélectionner le nom de l'histogramme dans la liste des histogrammes. Se référer aux paragraphes 5.5.1. à 5.5.3. pour obtenir des informations sur la signification des grandeurs.

5.5.6. Mettre à jour un hydrogramme, un histogramme ou un pollutogramme existant

Pour mettre à jour des données décrivant un hydrogramme, un histogramme de hauteur ou de vitesse ou un pollutogramme depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des histogrammes, utiliser les commandes :

Edition
Sélection histogramme
Débit
Hauteurs d'eau
Vitesse
Concentration

La commande ouvre alors la fenêtre de saisie correspondante.

Sélectionner le nom de l'histogramme dans la liste des histogrammes et modifier les données dans la fenêtre d'édition.

Se référer aux paragraphes 5.5.1. à 5.5.3. pour obtenir des informations sur la signification des grandeurs.

Attention : modifier la valeur du pas de temps, ne permet pas d'obtenir une nouvelle discrétisation de l'hydrogramme mais modifie sa durée. Voir le paragraphe 5.5.7. pour modifier la valeur du pas de temps de discrétisation.

Utiliser le bouton "Valider" pour sauvegarder l'histogramme, "Détruire" pour l'effacer.

5.5.7. Changer le pas de temps de discrétisation d'un hydrogramme ou d'un histogramme existant

Il est possible de modifier le pas de temps de discrétisation d'un histogramme existant, sans modifier la forme de cet histogramme. Cette action se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des histogrammes, par les commandes :

Edition
Sélection histogramme
Débit
Hauteurs d'eau
Vitesse

La commande ouvre alors la fenêtre de saisie correspondante.

Sélectionner le nom de l'histogramme dans la liste des histogrammes. Puis sélectionner la commande "*Modification du pas de temps*" dans le menu *Outils* de la fenêtre.

Choisir la nouvelle valeur du pas de temps. Cliquer sur le bouton de commande *OK*. Le logiciel calcule le nombre de pas de temps du nouvel histogramme (la durée de l'histogramme est la durée de l'histogramme initial) et affiche le tableau des valeurs de l'histogramme recalculées pour chacun de ces pas de temps.

Pour remplacer l'histogramme initial par le nouvel histogramme, cliquer sur le bouton de commande *Valider*. Dans ce cas l'ancien histogramme est perdu.

Pour conserver l'histogramme initial et enregistrer le nouvel histogramme, cliquer sur le bouton de commande *Ajout*. Donner le nom du nouvel histogramme et cliquer sur *OK*. Le nouvel histogramme est enregistré dans la base de données des histogrammes du même type.

Les règles utilisées pour calculer la nouvelle discrétisation sont les mêmes dans le cas d'un hydrogramme et dans les autres cas.

5.5.8. Translater un histogramme

Il est possible de modifier l'origine des temps d'un histogramme existant, sans modifier la forme de cet histogramme. Cette action se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des histogrammes, par les commandes :

Edition
Sélection histogramme
Débit
Hauteurs d'eau
Vitesse

La commande ouvre alors la fenêtre de saisie correspondante. Sélectionner le nom de l'histogramme dans la liste des histogrammes. Puis sélectionner la commande *Translation* du menu *Outils*.

Indiquer le nombre de pas de temps de décalage.

Cocher la case *En partant du début* ou la case *En partant de la fin*. Si le décalage se fait à partir du début, l'histogramme sera décalé vers la droite (c'est à dire retardé dans le temps). Les valeurs des premiers pas de temps sont alors nulles. Si le décalage se fait à partir de la fin, l'histogramme sera décalé vers la gauche (c'est à dire avancé dans le temps). Les valeurs des derniers pas de temps sont alors nulles.

Cocher ou non la case *Conserver le même nombre de pas de temps*. Si la case est cochée, le nouvel histogramme aura le même nombre de pas de temps que l'histogramme initial. Une partie de l'histogramme sera donc tronquée. Si la case n'est pas cochée, le nouvel histogramme aura un nombre de pas de temps égal à celui de l'histogramme initial augmenté du nombre de pas de temps de décalage.

Cliquer sur la commande *Translation* pour créer le nouvel histogramme. La fenêtre d'édition donne les caractéristiques de l'histogramme créé.

Pour remplacer l'histogramme initial par le nouvel histogramme, cliquer sur le bouton de commande *Valider*.

Pour conserver l'histogramme initial et enregistrer le nouvel histogramme, cliquer sur le bouton de commande *Ajout*. Donner le nom du nouvel histogramme et cliquer sur *OK*. Le nouvel histogramme est enregistré dans la base de données des histogrammes du même type.

5.5.9. Faire la somme (ou la différence) de 2 histogrammes

Il est possible de construire simplement un histogramme en ajoutant ou en retranchant l'un à l'autre deux hydrogrammes existants. Cette action se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des histogrammes, par les commandes :

Edition
Sélection histogramme
Débit
Hauteurs d'eau
Vitesse

La commande ouvre alors la fenêtre de saisie correspondante. Sélectionner le nom de l'histogramme dans la liste des histogrammes. Puis sélectionner la commande *Somme entre 2 histogrammes* du menu *Outils*.

Le premier histogramme est l'histogramme sélectionné dans la fenêtre d'édition. Choisir le deuxième histogramme. Si la coche *Signe positif pour l'histogramme* est présente les valeurs de l'histogramme correspondant sont ajoutées à celle de l'autre histogramme, si la coche est supprimée, les valeurs de l'histogramme correspondant sont retranchées. Cliquer sur la commande *Sommer* pour créer le nouvel histogramme. La fenêtre d'édition donne les caractéristiques de l'histogramme créé.

Pour remplacer l'histogramme initial (le premier sélectionné) par le nouvel histogramme, cliquer sur le bouton de commande *Valider*.

Pour conserver l'histogramme initial et enregistrer le nouvel histogramme, cliquer sur le bouton de commande *Ajout*. Donner le nom du nouvel histogramme et cliquer sur *OK*. Le nouvel histogramme est enregistré dans la base de données des histogrammes du même type.

5.5.10. Fusionner les histogrammes de deux projets (non disponible dans CANOE^{LT})

On peut compléter les histogrammes du projet courant par des histogrammes saisis dans un autre projet. Sélectionner la commande *Histogramme* dans le menu *Edition* de l'applicatif de

Gestion des données structurales ou cliquer sur l'icône  de la barre d'outils puis sélectionner la commande *Fusion de 2 histogrammes* du menu :

Histogramme
Superposition
Fusion de 2 histogrammes

L'utilisateur doit choisir le répertoire et le fichier contenant les histogrammes à sélectionner

(fichier source). Cliquer ensuite sur l'icône fusion . Dans la liste de gauche sont affichés les histogrammes du fichiers source.

Pour les sélectionner tous, cliquer sur tous les histogrammes source.

Sinon les sélectionner un par un et cliquer sur l'icône "plus" au dessus de la liste de droite. Cette liste contient les histogrammes du projet courant, puis les histogrammes issus du projet source.

Cliquer sur *Valider* ensuite. Les histogrammes sélectionnés dans le projet source sont ajoutés dans la base de données du projet courant. (Ils ne sont pas effacés du projet source).

5.5.11. Superposer des histogrammes (non disponible dans CANOE^{LT})

CANOE permet de superposer plusieurs histogrammes sur un même graphe. Cette commande est accessible depuis l'appliquet de gestion des données structurées, en cliquant sur l'icône



de la barre d'outils ou par le menu :

Edition
Histogramme

Puis en utilisant la commande "*Superposition*"

Nota : Seuls des histogrammes de débit, de vitesse, de hauteur et de concentration préalablement stockés dans la base peuvent être visualisés par cette procédure.

Elle permet de sélectionner plusieurs histogrammes (jusqu'à 4 histogrammes) et de superposer les courbes sur un même graphe. On peut sélectionner des histogrammes de débits, de vitesses, de hauteurs ou de concentration.

La baguette magique affiche le plus grand des nombres de pas de temps des histogrammes sélectionnés et la durée du pas de temps la plus appropriée aux histogrammes sélectionnés.

Le titre sera le titre écrit en haut du graphe.

Il est possible de modifier l'échelle de chacune des courbes (par défaut échelle = 1). Pour un facteur 1 :

- les débits sont en m³/s,
- les vitesses en m/s,
- les hauteurs en m,
- les concentration en mg/l



Cliquer sur  pour dessiner l'histogramme, lorsque tous les paramètres ont été saisis.

On peut tracer le graphe en 2D ou en 3D en cliquant sur l'icône correspondante.

5.5.12. Editer un patron défini en pourcentage d'eaux usées

5.5.12.1. Principes

Au cours de la saisie d'un bassin versant de type eau usée, l'utilisateur a le choix entre trois options de définition de l'hydrogramme eau usée.

L'option 2 permet de sélectionner un patron type dans une liste de patrons définis en pourcentage d'eau usée et de calculer les hydrogrammes sur 24h à l'aide de ce patron et du nombre d'équivalent habitants.

Pour éditer un patron journalier d'eaux usées, sélectionner dans la fenêtre principale de CANOE, la commande :

Projet
Paramètres
Patrons d'hydrogramme type eau usée

Le logiciel ouvre une fenêtre de saisie spécifique.

Les patrons journaliers d'eau usée peuvent être saisis dans chacun des projets de CANOE., mais peuvent être importés dans un projet à partir du fichier "*patrons*" de référence ou exportés dans le fichier "*patrons*" de référence à partir d'un projet. Voir le § 5.5.12.4 et le § 5.5.12.5.

5.5.12.2. Créer un patron journalier d'eaux usées

Pour créer un patron journalier d'eaux usées, sélectionner les commandes :

Gestion des hydrogrammes type
Création

Les données à saisir sont :

- nom de l'hydrogramme type : chaîne alphanumérique quelconque ;
- 24 valeurs de débit horaire : les valeurs sont saisies en valeurs absolues (la case *Débits horaires* doit être sélectionnée). Le dessin de l'hydrogramme est mis à jour au fur et à mesure de la saisie.

Une fois la saisie terminée, le calcul des pourcentages est effectué en appuyant sur la touche *Pourcentage*. Le logiciel transforme alors l'histogramme en un patron défini en pourcentage du volume total. L'icône *Valider* devient alors active.

Pour modifier le patron qui est en cours de saisie, cliquer sur *Débits horaires*

Cliquer à nouveau sur *Valider* pour enregistrer la saisie.

5.5.12.3. Modifier un patron journalier d'eaux usées

Pour travailler sur un patron journalier d'eaux usées déjà existant, utiliser les commandes :

Gestion des hydrogrammes type
Sélection

Sélectionner le patron dans la liste des patrons journaliers.

Pour modifier le patron, cliquer sur *Débits horaires*. Modifier l'hydrogramme, puis cliquer sur la commande *Pourcentage* qui fait apparaître l'hydrogramme défini en pourcentage du volume total. L'icône *Valider* redevient alors active.

Pour détruire le patron sélectionné, cliquer sur la commande *Détruire*.

5.5.12.4. Importer des patrons dans un projet

On peut importer une table de patrons dans un projet. Pour cela sélectionner la commande :

Transferts
Importation

de la fenêtre de saisie des histogrammes journaliers d'eaux usées

L'importation recopie la table des patrons de référence dans la table des patrons du projet courant.

5.5.12.5. Exporter des patrons d'un projet vers le fichier de patron de référence

On peut importer une table de patrons dans un projet. Pour cela sélectionner la commande :

Transferts
Exportation

de la fenêtre de saisie des histogrammes journaliers d'eaux usées

L'exportation recopie la table des patrons du projet courant vers la table de référence

5.5.13. Importer un fichier ASCII d'histogrammes en conservant les histogrammes du projet (non disponible dans CANOE^{LT})

On peut importer des histogrammes en les ajoutant aux histogrammes du projet courant. Sélectionner la commande *Histogramme* dans le menu *Edition* de l'appliquatif de *Gestion des*

données structurelles ou cliquer sur l'icône  de la barre d'outils puis sélectionner la commande *Importer fichier histogramme* du menu :

Histogramme
Superposition
Fusion d'histogrammes
Importer fichier histogramme

Sélectionner le fichier ASCII dans la fenêtre ouverte, cliquer sur *Importer*.

Le logiciel indique que l'importation est terminée et édite éventuellement la liste des histogrammes du fichier d'importation qui ayant le même nom qu'un histogramme du projet n'ont pas été importés dans la base.

Les fichiers d'importation ont le même format que les fichiers importés par l'utilitaire UTINOE qui, lui, remplace les histogrammes existants par les histogrammes importés (voir §5.12).

Format d'un enregistrement Histogramme

- nom (60 caractères)
- commentaire (255 caractères par ligne, de 0 à n lignes, marque de fin = @@@com en début de ligne après le commentaire lui-même)
- nombre de pas de temps (entier)
- durée de pas de temps (réel), en min
- valeurs (n valeurs , 255 caractères par ligne) soit en m3, soit en m3/s, soit en m

- date défini (booléen 0 ou 1)
- date (jj/mm/aa), optionnel
- heure (hh:mm:ss), optionnel
- débit défini (booléen 0 ou 1)
- hauteur défini (booléen 0 ou 1)
- cote de référence (réel), en m

Remarques : Marque de fin de fichier @@@fin .

Caractère de séparation entre les champs : saut de ligne ASCII .

Pour tenir compte de la date : date définie = 1 puis entrer date et heure sur deux lignes différentes suivant les formats respectifs.

N.B. : Le caractère (") ne doit pas apparaître dans le champ "nom" .

Le champ "nom" doit être entouré par le caractère (") .

5.6. Mettre à jour des données

5.6.1. Principes généraux

Toutes les données déjà saisies peuvent être modifiées ou détruites. La procédure est sensiblement la même quel que soit le type d'objet.

La saisie d'un tronçon par l'interface graphique est accessible depuis les applicatifs "*Gestion des données du projet*" ou "*Aide au projet*" par les commandes *Edition/ Sélection objet à éditer* ou en cliquant sur l'icône correspondantes :



par exemple pour sélectionner un bassin versant déjà saisi:

Cette commande fait apparaître une case déroulante contenant la liste des objets du même type et permet la sélection d'un objet en cliquant le nom de l'objet dans cette liste.

On peut aussi sélectionner les objets constituant le réseau à l'aide de la souris (sélection graphique) sur le plan. Le paragraphe 5.6.2. détaille les modalités de la saisie selon le type d'objet.

Se reporter aux commentaires sur les écrans de saisie pour connaître les modalités de saisie des données.

5.6.2. Sélectionner un objet existant à l'aide de l'interface graphique

5.6.2.1. Sélectionner un tronçon

Cliquer sur un point proche du tronçon à sélectionner, déplacer le curseur de la souris sans relâcher le bouton de façon à barrer le tronçon d'un trait et enfin lâcher le bouton de la souris. Le tronçon est alors sélectionné, son nom apparaît dans la case d'identification, il apparaît en trait rouge plus gras sur l'écran, les données descriptives sont affichées.

Nota : le zoom peut être utilisé pendant la phase de sélection pour faciliter le pointage du tronçon.

Si plusieurs tronçons sont superposés, une case contenant la liste déroulante de ces tronçons s'ouvre et l'utilisateur sélectionne le tronçon dans cette liste.

Attention : Pour certains tronçons très courts, la sélection est parfois difficile, préférer la sélection dans la liste.

5.6.2.2. Sélectionner un bassin versant

Cliquer sur un point à l'intérieur du bassin versant à sélectionner. Le bassin versant est alors sélectionné, son nom apparaît dans la case d'identification, les données descriptives sont affichées.

Pour pouvoir modifier les tracés du contour et/ou du plus long parcours du bassin versant sélectionné tout en conservant les valeurs déjà saisies de la surface et du plus long parcours, cocher la case "*Conserver surface + plus long parcours*".

Nota : le zoom peut être utilisé pendant la phase de sélection pour faciliter le pointage du bassin versant.

Par défaut, le contour des bassins versants est affiché. Si ce n'est pas le cas, utiliser la commande :

Affichage

Affichage sans bassin versant

Et enlever la coche.

Attention : Si plusieurs bassins versants sont superposés, le logiciel ne le détecte pas et sélectionne le premier rencontré dans la liste.

5.6.2.2. Sélectionner un autre objet

Cliquer en un point proche de l'objet à sélectionner. Le logiciel propose l'objet du type sélectionné le plus proche du point désigné.

Une fois l'ouvrage sélectionné, son nom apparaît dans la case d'identification, les données descriptives sont affichées.

Sur le plan :

- Les nœuds sont repérés par un petit carré.
- Les bassins versants par un triangle ou un polygone bleu.
- Les tronçons par un trait noir.
- Les bassins de retenue par un trait ou un polygone vert.
- Les ouvrages spéciaux par un carré bleu.
- Les exutoires par un carré vert.

- Les déversoirs latéraux par un trait mauve indiquant la branche déversante.
- Les capteurs (point de contrôle) par un carré gris plein

5.6.3. Cas des ouvrages spéciaux et des bassins de retenue

La mise à jour permet de modifier les caractéristiques des composants, de supprimer ou d'ajouter des composants ou de détruire l'ouvrage.

Attention : La mise à jour d'un ouvrage spécial ou d'un bassin de retenue ne permet pas de modifier les connexions ou les liaisons de l'ouvrage, ni de modifier sa localisation. Pour modifier les connexions ou les liaisons, le ou les nœuds d'attache, il faut détruire l'ouvrage et le recréer.

Quelle que soit la mise à jour souhaitée, sélectionner l'ouvrage dans la liste ou graphiquement sur le plan du réseau. Le logiciel affiche le dessin schématique de l'ouvrage avec l'indication des différents composants.

5.6.3.1. Pour modifier les caractéristiques d'un composant

- cliquer sur l'icône correspondant au composant à modifier à l'intérieur de l'ouvrage ; la fenêtre d'édition du composant s'ouvre.
- modifier le composant (se reporter au § 5.4.10. pour le détail de la saisie ; cliquer sur *Valider* pour sauvegarder la modification et revenir à la fenêtre précédente.
- Modifier éventuellement un autre composant en utilisant la même procédure ou fermer la fenêtre.

Nota : Pour modifier les données relatives à la chambre de stockage dans le cas d'un bassin

de retenue, cliquer deux fois sur



5.6.3.2. Pour détruire un composant

- revenir à l'aide de la flèche  à la fenêtre de saisie des composants ;
- cliquer sur le composant **avec la clé droite** de la souris (le composant disparaît alors du graphique) ;
- valider la nouvelle organisation avant de fermer la fenêtre.

5.6.3.3. Pour ajouter un composant

- revenir à l'aide de la flèche  à la fenêtre de saisie des composants ;
- cliquer avec le bouton gauche de la souris sur l'icône du composant correspondant et sans relâcher le bouton, glisser l'icône jusqu'à la position souhaitée ;
- double cliquer sur l'icône représentant le nouveau composant pour saisir les données caractéristiques ;
- valider la nouvelle organisation avant de fermer la fenêtre.

Voir le § 5.4.7.2.5. pour les détails sur le mode de construction et le § 5.4.10. pour le détail de la saisie des données décrivant les composants.

5.7. Saisir ou mettre à jour les données en mode tableau

5.7.1. Principes généraux

Le mode tableau permet de saisir ou de mettre à jour certaines données à l'aide d'un tableur. Ce mode peut parfois être plus rapide que le mode graphique, à la condition que les données à saisir aient été bien préparées avant de commencer à travailler.

Le mode de saisie par tableau est accessible par la commande *Tableau* du menu de l'applicatif de gestion des données structurelles.

Cette commande ouvre une fenêtre comportant deux menus : le menu *Tableau* et le menu *Edition*. Sélectionner le menu *Tableau*.

Trois types de données peuvent être saisis en mode tableau :

- les nœuds ;
- les tronçons ;
- les bassins versants.

Le mode tableau permet également de définir rapidement les données relatives aux points de débordement. Sélectionner le type d'objet dans le menu.

Quel que soit l'objet sur lequel on travaille, la manipulation du tableau obéit à des règles voisines, qui sont présentées dans les paragraphes suivants.

5.7.2. Description des écrans de saisie en mode tableau

Dans un tableau de données, la première colonne contient le nom des objets, les colonnes suivantes contiennent les données décrivant cet objet.

Les colonnes accessibles à l'utilisateur sont en blanc, gris clair ou bleu. Dans les cases blanches, l'utilisateur peut taper directement la valeur de la donnée. Dans les cases gris clair, l'utilisateur peut modifier la case à cocher. Dans les cases bleues, l'utilisateur doit choisir la valeur de la donnée dans une liste déroulante.

Les colonnes qui affichent une valeur calculée mais non modifiable par l'utilisateur sont en gris foncé.

Les cases noires correspondent à des paramètres qui n'ont pas lieu d'être saisis compte tenu des valeurs choisies pour d'autres paramètres : modèle, mode de saisie, ou qui ne sont pas modifiables en mode tableau (voir le § 5.7.5).

5.7.3. Signification des icônes et des commandes

- > ou < : permettent d'augmenter (>) ou de diminuer (<) la taille de la première colonne qui rappelle le nom de l'objet.



- (ou "objet" créer dans le menu) : permet d'ajouter un objet dans le tableau et dans la base de données. Cette commande ouvre la fenêtre de saisie du nom de l'objet à ajouter. Les noms ne peuvent comporter de guillemets. Après la saisie du nom et la validation, un nouvel objet est créé ainsi qu'une nouvelle ligne contenant les valeurs par défaut.

Remarque : les valeurs par défaut sont définies dans le tableau des bornes.



- (ou "objet" détruire dans le menu) : permet d'effacer un objet du tableau et de la base de données ; l'objet à détruire est sélectionné en se positionnant sur la ligne correspondante du tableau ; après avoir demandé confirmation, le logiciel, efface l'objet du tableau et de la base de données.

Nota : pour un nœud, cette opération n'est possible que si tous les objets associés au nœud (bassins versants, tronçons, ouvrages spéciaux, etc.) ont été préalablement détruits.



- (ou "objet" imprimer la fenêtre dans le menu) : permet une édition sur imprimante de la fenêtre.



- (ou "objet" imprimer les données dans le menu) : permet d'éditer les données sous forme de tableau à l'écran ou à l'imprimante.



- (ou "objet" Analyse dans le menu) : permet de contrôler les valeurs de toutes les cellules du tableau. Plusieurs types de contrôle sont effectués :
 - des contrôles par rapport aux bornes usuelles, normales, possibles respectives de ces valeurs (voir le §4.2.) ;
 - des contrôles par rapport aux valeurs des données liées à ces cellules (par exemple, la pente d'un tronçon quand on modifie la cote du nœud amont) ;
 - un contrôle par rapport à certaines règles logiques édictées sur ces valeurs (par exemple, la cote sol doit être supérieure à la cote radier).

Le logiciel utilise la codification suivante :

- les cellules ne changent pas de couleur si les contrôles sont satisfaisants ;
- elles prennent les couleurs indiquées au bas de la fenêtre si une anomalie ou une impossibilité est apparue ou si la valeur de la cellule n'est pas dans la fourchette des bornes usuelles.



- (ou "objet" Copier dans le menu) : permet de copier des cellules du tableau dans le presse papiers.



- (ou "objet" Coller dans le menu) : permet de coller dans le tableau les cellules présentes dans le presse-papiers ; le collage se fait à partir de la première cellule sélectionnée au moment du choix de la commande dans les cellules consécutives.
- Valider : permet de sauvegarder les données affichées dans le tableau.

- *Annuler* : permet de reprendre les valeurs dans la base et annule donc les dernières modifications.
- *Retour* : permet de revenir au menu d'appel (sans modification si la validation n'a pas eu lieu).

5.7.4. Touches utilisées dans la saisie dans un tableau

Flèche vers le haut	: rend active la cellule située au-dessus de la cellule active.
Flèche vers le bas	: rend active la cellule située au-dessous de la cellule active.
Flèche vers la droite	: rend active la cellule située à droite de la cellule active.
Flèche vers la gauche	: rend active la cellule située à gauche de la cellule active.
Shift+Flèche	: permet de se déplacer dans le sens de la flèche en sélectionnant les cellules.
Page Up	: rend active la cellule située une page plus haut.
Page Down	: rend active la cellule située une page plus bas.
Ctrl-Page Up	: rend active la cellule située une page plus à gauche.
Ctrl-Page Down	: rend active la cellule située une page plus à droite.
Home	: rend active la première cellule de la même ligne.
End	: rend active la dernière cellule de la même ligne.
Ctrl-Home	: rend active la première cellule du tableau.
Ctrl-End	: rend active la dernière cellule du tableau (comportant des données).
Tabulation	: rend active la cellule précédente (d'abord droite, puis en dessous).
Shift-Tabulation	: rend active la cellule suivante (d'abord gauche, puis au dessus).
Shift-Espace	: Sélectionne la ligne courante.
Ctrl-Espace	: Sélectionne la colonne courante.
Shift-Ctrl-Espace	: Sélectionne tout le tableau.
Shift-Del	: supprime les données de la sélection ou de la cellule et les copie dans le presse-papiers.
Ctrl-Ins	: copie les données de la sélection ou de la cellule dans le presse-papiers (sans les supprimer).
Shift-Ins	: copie les données du presse-papiers dans le tableau à partir de la cellule sélectionnée.
F3	: si la donnée contenue dans la cellule est de type date ou heure, met la date ou l'heure réelle dans la cellule.

5.7.5. Limites de la saisie par tableau

5.7.5.1. Fenêtre de type tableau de nœuds

- Un nœud exutoire d'un bassin versant ne peut être modifié en mode tableau.
- Un nœud support d'un ouvrage spécial ne peut être modifié.

5.7.5.2. Fenêtre de type tableau de bassins versants

- la surface, la longueur d'un bassin versant saisies par tableau ne peuvent avoir qu'une représentation symbolique (et non digitalisée)
- on ne peut modifier la surface ni la longueur d'un bassin versant, si elles ont été saisies par digitalisation
- on ne peut affecter à un bassin versant un patron de temps sec non prédéfini (choix 0 de la liste proposée des modèles de patron d'eaux usées dans la saisie graphique).

Nota : Dans le tableau des bassins versants, la valeur 1 du type de patron correspond au patron standard de temps sec. Pour affecter les modèles spécifiques de patron définis en pourcentage d'eau usée, il faut taper le numéro du patron +1. Par exemple, 2 correspond au patron spécifique n°1, 3 au patron spécifique n° 2, etc.

Si le patron correspondant au chiffre tapé ($n^{\circ} \text{ patron} = \text{chiffre} - 1$) n'existe pas dans la liste des patrons définis, le logiciel affecte le numéro de patron précédent dans le cas d'une mise à jour, le patron de type standard (1) dans le cas d'une création.

5.7.6. Edition des données relatives aux points de débordement.

Les données relatives aux points de débordement peuvent également être saisies en mode tableau.

Pour ceci utiliser la commande *Tableau* du menu de l'applicatif de gestion des données structurelles.

Cette commande ouvre une fenêtre comportant deux menus : le menu *Tableau* et le menu *Edition*. Sélectionner :

Tableau
Point de débordement

Le logiciel rappelle pour chaque nœud : son nom, sa cote sol, sa cote radier. Les données à saisir sont les suivantes :

- Case à cocher "Point de débordement" : déclare le nœud comme point de débordement pour la simulation hydraulique (Barré de Saint Venant).
- Cote de débordement : cote à partir de laquelle il y aura débordement.

Attention : cette cote doit obligatoirement être supérieure à la cote radier du nœud.

- Coefficient de réintroduction : valeur réelle comprise entre 0 et 1 (0 : rien n'est réintroduit, 1 : tout est réintroduit), donnant la proportion du volume débordé qui est réintroduite dans le réseau lorsque les conditions hydrauliques le permettent.

On choisira une valeur petite si l'on pense que l'eau s'écoule en surface vers un autre exutoire (par exemple un ruisseau ou une vallée sèche) ; on choisira une valeur proche de 1 si l'eau n'a pas d'autre exutoire (cuvette) et qu'elle ne peut s'évacuer que par le réseau.

- Volume maximum qui peut déborder (m^3) : le volume débordé lors d'une simulation ne pourra excéder cette valeur.

5.8. Editer les données relatives au réseau

CANOE permet d'éditer des tableaux récapitulatifs des données à l'aide d'un tableur. Ce mode peut parfois être plus rapide que le mode graphique, à la condition que les données à saisir aient été bien préparées avant de commencer à travailler.

Le mode de saisie par tableau est accessible par la commande *Tableau* du menu de l'applicatif de gestion des données structurelles.

Cette commande ouvre une fenêtre comportant deux menus : le menu *Tableau* et le menu *Edition*. Sélectionner le menu *Edition*.

Trois types de données peuvent être éditées en mode tableau :

- les nœuds ;
- le-s tronçons ;
- les bassins versants.

Quel que soit le choix effectué, CANOE ouvre une fenêtre d'édition permettant de visualiser les données.

Les 4 premières icônes du bandeau haut permettent de passer :

- au début du document
- à la page précédente
- à la page suivante
- à la fin du document

L'icône *loupe* permet alternativement d'afficher en aperçu ou en pleine page.

L'icône *imprimante* permet d'imprimer le document.

Les informations fournies ensuite sont le nombre d'objets lus dans la base de données, le nombre d'objets affichés et le numéro de la page courante.

5.9. Extraire une partie du réseau ou fusionner deux réseaux (non disponible dans CANOE^{LT})

CANOE fournit différents outils permettant de travailler sur une partie seulement du réseau, ou au contraire de compléter le réseau en lui adjoignant un autre réseau saisi dans un autre projet. Ces outils sont accessibles dans l'appliquatif de gestion des données projets, par le menu "Projet". Trois outils sont proposés :

Conserver une zone

Enlever une zone

Fusionner

5.9.1. Supprimer certaines parties du réseau

La suppression de certains des éléments d'un réseau existant peut se faire en utilisant deux démarches distinctes.

- en spécifiant les éléments que l'on souhaite conserver : pour ceci faire un zoom sur la zone à conserver, puis cliquer sur la commande "*Conserver une zone*" ; le logiciel efface tous les éléments qui ne sont pas entièrement compris dans la zone visualisée.
- En spécifiant les éléments que l'on souhaite enlever : pour ceci faire un zoom sur la zone à enlever, puis cliquer sur la commande "*Enlever une zone*" ; le logiciel efface tous les éléments qui sont entièrement compris dans la zone visualisée.

En pratique, il est généralement nécessaire de procéder en plusieurs étapes successives, utilisant alternativement l'une ou l'autre des deux commandes.

Que ce soit pour « *Conserver une zone* » ou pour « *Enlever une zone* », il faut d'abord sélectionner la zone. Pour cela, cliquer sur la commande « *Sélectionner une zone* » du menu *Projet* avant de sélectionner la commande « *Conserver une zone* » ou « *Enlever une zone* ».

Définir la zone en cliquant les points du contour de la zone avec la clé gauche de la souris. Lorsque la zone est définie, cliquer sur la commande suivante, *Conserver une zone*, ou *Enlever une zone*. Confirmer ensuite l'action demandée.

Nota : Ne pas oublier de sauvegarder le projet sous un autre nom, si l'on souhaite conserver le projet originel.

5.9.2. Fusionner deux projets

Dans l'appliquatif de gestion des données projets, les commandes :

Projet

Fusionner

permettent de rajouter aux objets du réseau courant des données provenant d'un autre projet qui doit être défini par son nom.

Les règles utilisées par CANOE sont les suivantes :

- tout objet existant dans le projet courant et n'existant pas dans le projet à fusionner est conservé ;
- tout objet qui existe dans le projet à fusionner et qui n'existe pas dans le projet courant est rajouté ;

- tout objet qui existait dans le projet courant et qui existe également (même nom) dans le projet à fusionner est remplacé par l'objet provenant du projet à fusionner ;
- toutes les relations sont recréées dans la mesure où les nœuds nécessaires existent, elles sont recréées après mise à jour de la table des nœuds ;

Une fois la fusion réalisée, le logiciel édite une table récapitulative des opérations réalisées.

Nota : Ne pas oublier de sauvegarder le projet sous un autre nom, si l'on souhaite conserver le projet originel.

5.10. Modifier les paramètres de ruissellement

Les coefficients de production sont les paramètres de ruissellement fondamentaux du modèle standard. Ils sont les mêmes pour tous les bassins versants d'un même projet. Cependant leurs valeurs peuvent être définies en fonction du type de raccordement (unitaire, séparatif EP, séparatif EU, pseudo séparatif EP, pseudo séparatif EU), ce qui offre une certaine souplesse.

Le tableau permettant leur mise à jour est accessible par l'option *Paramètres de ruissellement* (commande *Paramètres* du menu *Projet* de la fenêtre principale de CANOE). Dans la version 1.7. (septembre 1998), les valeurs par défaut sont les suivantes.

CANOE - [Paramètres de ruissellement des bassins versants]

Retour Imprimer Aide

Coef. alpha, beta et gamma	a1	b1	c1	a2	b2	c2	a3	b3	c3
01 - unitaire	150	0	0	150	150	0	100	100	50
02 - séparatif eaux pluviales	150	0	0	150	150	0	100	100	50
03 - séparatif eaux usées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04 - pseudo séparatif eaux pluviales	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05 - pseudo séparatif eaux usées	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06 - constant	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Hauteurs d'eau (en mm) précipitées en 2 heures définissant le type de pluie

1 : pluies faibles à moyennes < 10 < 2 : moyennes à fortes < 50 < 3 : très forte

les valeurs a,b et c représentent respectivement les coefficients alpha, beta et gamma permettant la construction des droites hauteur ruisselée en fonction de la hauteur précipitée.

Importer les coefficients Valider

Ces valeurs ont été choisies, d'une part en fonction d'une analyse détaillée du comportement des différentes surfaces urbaines et d'autre part en fonction de mesures faites sur différents bassins versants représentatifs.

Ces coefficients représentent le pourcentage de l'eau recueillie sur un type de surface donné et pour un type de pluie particulier qui arrive effectivement au réseau étudié.

- Les coefficients a_i correspondent aux surfaces imperméables en relation directe avec le réseau.
- Les coefficients b_i correspondent aux autres surfaces imperméables.
- Les coefficients c_i correspondent aux surfaces perméables.
- Les valeurs 1, 2, 3 pour l'indice i correspondent respectivement aux pluies faibles à moyennes, fortes, exceptionnelles.
- Les seuils d'intensité moyenne maximale en deux heures permettant de séparer les pluies en trois classes distinctes sont également paramétrables. Le modèle est relativement peu sensible à ces paramètres.

Pour ajouter des types de raccordement, taper leur nom à la suite des types de raccordement existants dans le fichier "*Ruiss.txt*" à l'aide d'un éditeur de texte. Ce fichier se trouve dans NOEBASES\ETUDE\INTERNE à partir du répertoire contenant CANOE. Saisir les valeurs des coefficients correspondant aux nouveaux types de raccordement dans le tableau des paramètres de ruissellement décrit ci-dessus.

Pour importer les coefficients de ruissellement de tous les types de raccordement (50 maxi) dans CANOE, cliquer sur le bouton de commande *Importer* de la fenêtre de paramétrage des coefficients de ruissellement décrite ci-dessus. Ces valeurs doivent avoir été saisies dans le fichier "*Coefruiss.txt*" à l'aide d'un éditeur de texte. Ce fichier se trouve dans NOEBASES\ETUDE\INTERNE à partir du répertoire contenant CANOE.

5.11. Visualiser le projet

5.11.1. Règles de représentation utilisées

Dans tous les applicatifs de traitement du réseau, la fenêtre standard utilise une représentation en plan du réseau. Cette visualisation utilise les symboles graphiques suivants :

Carré noir vide :	nœud ;
Trait noir :	tronçon ;
Trait rouge :	tronçon sélectionné ;
Carré bleu plein :	ouvrage spécial ;
Carré vert plein :	exutoire ;
triangle vert autour d'un point :	bassin de retenue, cas où les nœud amont et aval sont confondus ;
trait vert :	bassin de retenue, cas d'un bassin avec une seul nœud amont et un seul nœud aval ;
Polygone vert vide :	bassin de retenue, cas d'un bassin avec au moins trois nœuds amont/aval ;
Losange bleu vide :	nœud exutoire d'un bassin versant ;
Triangle bleu vide :	bassin versant dont le contour n'a pas été saisi ;
Triangle bleu vide (pointe en haut) :	nœud d'injection d'un hydrogramme ;
Grand triangle bleu vide (pointe en bas) :	bassin versant (affichage rapide) ;
Petit point noir sur tronçon :	indique l'aval du tronçon ;
Carré bleu vide :	point de débordement ;
Carré gris plein :	capteur (point de contrôle) ;
Trait mauve :	déversoir latéral indiquant la branche déversante ;
Cercle bleu hachuré :	point déclaré comme point de débordement ayant donné lieu à un débordement lors de la dernière simulation.

5.11.2. Modifier l'affichage du plan du réseau

Les commandes du menu *Affichage* dans les applicatifs affichant le plan du réseau, permettent de définir les options d'affichage du plan du réseau, et d'agir sur l'échelle et la position de la zone à afficher. Chaque commande peut également être exécutée directement en cliquant sur l'icône qui la représente.

-  (*Vue globale*) : permet d'afficher une vue en plan du réseau en utilisant au mieux la taille de la fenêtre du tracé ; cette vue permet de cadrer le réseau (nœuds et tronçons), mais pas les bassins versants dont la représentation peut être tronquée.
-  (*Zoom*) : permet de sélectionner une partie du tracé et de l'agrandir à la taille de la fenêtre réservée au tracé ; pour sélectionner la partie à agrandir, cliquer en un coin du cadre et dessiner le cadre à l'aide de la souris en laissant le bouton appuyé jusqu'au coin diamétralement opposé ; quand se produit un signal sonore en même temps que le zoom, le tracé a atteint la plus grande échelle possible et ne peut plus être agrandi.
-  (*Vue précédente*) : permet de revenir à la vue précédemment affichée avant celle en cours d'affichage.
-  (*Avancer*) : redessine le plan du réseau en doublant l'échelle de représentation et en conservant le centre de l'image (zoom avant).
-  (*Reculer*) : redessine le plan du réseau en divisant par deux l'échelle de représentation et en conservant le centre de l'image (zoom arrière).
-  (*Vue définie*) : en cliquant sur la clé gauche de la souris, permet de changer les coordonnées mini et maxi du plan avec les valeurs de la vue mémorisée. Ces valeurs peuvent être par exemple les coordonnées maximales et minimales du réseau ce qui permet d'afficher la totalité du réseau avec la plus grande échelle possible.
-  (*Définition de vue mémorisée*) : en cliquant sur la clé droite de la souris, permet de définir les coordonnées mini et maxi de la vue à mémoriser. La baguette magique permet de modifier directement les valeurs de Xmini, Ymini, Xmaxi et Ymaxi avec les valeurs courantes du plan affiché.

Exemple d'utilisation :

En utilisant le zoom, sélectionner une partie du réseau, lorsque le plan est affiché sur la



zone intéressante, cliquer avec la clé droite de la souris, puis cliquer sur baguette magique puis valider. A tout moment en cliquant à nouveau sur *Vue mémorisée d'un projet* avec la clé gauche de la souris, vous affichez de nouveau la zone mémorisée précédemment.

-  (*Redessine*) : permet de redessiner le plan du réseau (rafraîchissement d'écran).
-  (*Fenêtre de données*) : permet de faire passer au premier plan une fenêtre passée en arrière plan ; cette situation se produit par exemple pour les fenêtres de données qui se trouvent au cours de certaines opérations derrière le plan du réseau et que l'on peut ainsi rappeler.
-  (*Imprimer*) : Cette icône permet de réaliser l'impression de la fenêtre affichée à l'écran. S'il s'agit du plan du réseau, si on clique avec la clé droite de la souris le plan du réseau sera cadré au mieux compte tenu du format du papier (cela équivaut à la commande *Vue globale* à l'écran). Si on clique avec la clé gauche, l'échelle du tracé sera telle que l'image de l'écran soit juste contenue dans la feuille (en largeur, ou en hauteur selon le format choisi). Des parties du réseau non affichées à l'écran peuvent de ce fait apparaître sur le papier si l'échelle le permet. Le titre du projet est tronqué à 20 caractères.
-  (*Réinitialise la barre d'outils*) : remet les icônes de la barre d'outils dans l'état initial.
- Nom des nœuds : si cette option est cochée dans le menu *Affichage*, le nom des nœuds sera affiché sur le tracé du réseau ; si elle ne l'est pas, les positions des nœuds seront matérialisées mais leur nom ne sera pas affiché sur le tracé.
- Noms des tronçons : Si cette option est cochée dans le menu *Affichage* le nom des tronçons sera affiché sur le tracé du réseau ; si elle ne l'est pas, les positions des tronçons seront matérialisées mais leur nom ne sera pas affiché sur le tracé.
- Noms des bassins versants : si cette option est cochée dans le menu *Affichage*, le nom des bassins versants sera affiché sur le tracé du réseau ; si elle ne l'est pas, les positions des bassins versants seront matérialisées mais leur nom ne sera pas affiché sur le tracé.
- Nombre de caractères affichés : permet d'indiquer le nombre de caractères que l'utilisateur souhaite afficher sur le plan, pour les noms des objets du réseau.
-  : agrandit la taille des caractères sur le tracé.
-  : diminue la taille des caractères sur le tracé.
- Affichage rapide : si cette option est cochée, les bassins versants sont représentés par des triangles de surface égale à la surface du bassin versant. Cette représentation permet d'effectuer le dessin beaucoup plus rapidement que lorsque les contours réels sont tracés.
- Affichage sans bassin versant : si cette option est cochée, les bassins versants ne sont pas représentés sur le plan.
- Affichage parcours de l'eau : si cette option est cochée, le parcours de l'eau des bassins versants est tracé. Par défaut, cette commande est inactive.
- Echelle graduelle : si cette option est cochée, le réseau est tracé avec une échelle entière.
- Tronçons colorés par type : si cette option est cochée, les tronçons sont colorés par type. Les types possibles sont : 0 Non défini, 1 Unitaire, 2 Séparatif eau pluviale, 3 Séparatif eau usée, 4 Industriel.
Le type d'un tronçon peut être défini dans la fenêtre d'édition des tronçons dans les

données complémentaires accessibles par «Tronçon / Données complémentaires ». Le champ à renseigner est Type de réseau.

5.11.3. Superposer le plan du réseau sur un fond de plan

CANOE permet de tracer le plan du réseau en surimpression sur un autre document préalablement numérisé. Il peut s'agir d'un fond de plan topographique, d'une photographie aérienne, d'un plan de voirie, d'un plan masse, etc. Ce document peut être scanné ou peut provenir d'un SIG ou d'une Base de Données Urbaines. Il doit obligatoirement avoir été préparé au préalable.

Cette fonction peut servir à la saisie des données, à la visualisation des résultats, etc..

Cette fonction est disponible dans les applicatifs qui permettent de visualiser le plan du réseau.

Nota : Dans la version 1.7 de CANOE, le document utilisé en fond de plan doit obligatoirement être disponible dans un format .BMP. Ce type de format est très consommateur de ressources et limite de ce fait la précision des documents que l'on peut utiliser.

5.11.3.1. Charger un fond de plan

Pour afficher avec le plan du réseau un fond de plan sélectionné, sélectionner la commande *Outils/Sélectionner un fond de plan* ou cliquer avec la **clé droite** de la souris sur l'icône :



La fenêtre d'ouverture des fonds de plans s'affiche (le répertoire ouvert par défaut est le répertoire "Plan" (C:\DNOE\SOURCES\PLAN).

Sélectionner le fond de plan souhaité. Ce fond de plan s'affiche ainsi que la fenêtre de calage de l'échelle du fond de plan sur l'échelle du réseau.

5.11.3.2. Caler l'échelle du fond de plan en fonction de celle du plan du réseau

La superposition des deux plans se fait en fournissant les coordonnées de deux points différents de l'espace dans le repère du fond de plan et dans le repère que l'on veut utiliser pour situer les points du réseau.

Les coordonnées des deux points dans le repère du fond de plan peuvent être fournies soit de façon numérique, soit en désignant les points à l'aide de la souris. Les valeurs des coordonnées de ces points dans l'espace de travail (plan du réseau) doivent obligatoirement être fournies numériquement.



Pour définir l'échelle à l'aide de la souris, cliquer sur l'une des icônes (à droite ou à gauche), puis cliquer sur le point correspondant du fond de plan. Les coordonnées souris s'affichent dans les champs *x* et *y* correspondants. Renseigner les coordonnées réelles dans les champs *mètres* situés au dessus. *Valider* ensuite cet écran. Le fond de plan sélectionné est désormais associé à ce réseau.

Nota : Ce mode de superposition est très sommaire et ne permet en particulier pas de tenir compte d'une éventuelle rotation de l'un des plans par rapport à l'autre

Il est possible de zoomer dans le fond de plan ou de se déplacer (en utilisant les mêmes icônes que dans la gestion de données), afin de caler au mieux les points de référence. **Remarque** : à partir d'une certaine valeur de zoom trop importante, le fond de plan n'apparaît plus.

5.11.3.3. Activer/Désactiver un fond de plan

Pour ne plus afficher le fond de plan, sélectionner la commande *Outils/Active/Désactive un fond de plan* ou cliquer avec la **clé gauche** de la souris sur l'icône :



Cette même commande permet de réafficher ultérieurement le même fond de plan en conservant le même calage.

Cette clé est sans action si aucun fond de plan n'avait été sélectionné.

5.11.3.4. Retoucher un fond de plan

Il peut parfois être nécessaire de retoucher le fond de plan afin d'améliorer la visibilité globale de l'image. Il existe de nombreux utilitaires de traitement d'images qui peuvent être utilisés à cet effet.

Un outil un peu sommaire est mis à la disposition des utilisateurs de CANOE. Il est accessible par l'icône "*Retouche d'images*" directement depuis la fenêtre Windows d'appel de CANOE. Les commandes possibles sont les suivantes :

-  (ou *Fond de plan / Ouvrir* dans le menu) : permet d'ouvrir un fond de plan.
-  (ou "*Fond de plan / Enregistrer*" dans le menu) : permet d'enregistrer un fond de plan.
-  (ou *Editer / Couper* dans le menu) : permet de couper une partie du fond de plan et de la coller dans le presse papiers.
-  (ou *Editer / Copier* dans le menu) : permet de copier une partie du fond de plan dans le presse papiers.
-  (ou *Editer / Coller* dans le menu) : permet de coller un fond de plan préalablement collé dans le presse-papiers.
-  (*Imprimer*) : Cette icône permet d'imprimer le fond de plan ; différentes options sont possibles :
 - *taille actuelle* : imprime le fond de plan en prenant comme cadre de référence l'écran affiché ;
 - *pleine page* : imprime le fond de plan en recadrant l'image par rapport à la dimension du fond de plan la plus contraignante ;
 - *pleine page avec étirement* : imprime le fond de plan en le déformant de façon à faire correspondre les deux dimensions du dessin avec les limites de la feuille.
-  (*configuration de l'impression*) : permet de définir les marges du dessin.
- **Pour retoucher le dessin** : double cliquer sur la clé droite de la souris en se positionnant en un point quelconque du plan ; cette action ouvre une fenêtre permettant de régler le contraste (*contrast*), la lumière (*brightness*) ou la tonalité générale de l'image (*gamma*). Les commandes complémentaires permettent d'ajuster l'image à l'écran :

- Actual size : réinitialise le dessin au format original ;
- Best fit : redessine le fond de plan en recadrant l'image par rapport à la dimension du fond de plan la plus contraignante ;
- Stretch to fit : redessine le fond de plan en le déformant de façon à faire correspondre les deux dimensions du dessin avec les limites de l'écran.
- Pour zoomer : double-cliquer avec la clé gauche de la souris en se positionnant en un point quelconque du plan.
- Pour obtenir le menu des commandes d'affichage : double cliquer avec la clé droite de la souris en se positionnant sur l'icône "*Retouche d'images*", en bas à gauche de l'écran.

5.11.4. Tracer un profil en long simplifié

Cette fonction est disponible dans les applicatifs qui permettent de visualiser le plan du réseau.

Deux types de parcours simplifié peuvent être définis.

- les parcours simplifié mémorisable ; fonction accessible par le menu *Outils / Profil simplifié mémorisable*.
- les parcours simplifiés non enregistrés ; fonction accessible par le menu *Outils / Profil simplifié* ou en utilisant l'icône :



Le logiciel ouvre la fenêtre de visualisation des parcours.

5.11.4.1. Pour définir un nouveau parcours mémorisable

Ce type de parcours est enregistré dans la base de données et peut être visualisé ultérieurement.



Sélectionner la commande "*Création*" du menu ou cliquer sur l'icône

Le logiciel ouvre une fenêtre de travail spécifique permettant de construire la liste des nœuds constituant le parcours.

- Pour donner un nom au parcours : utiliser la zone de saisie "*Nom du parcours*" pour taper une chaîne alphanumérique quelconque.
- Pour ajouter un nœud à la fin de la liste : sélectionner le nœud à rajouter par son nom dans la liste déroulante ou cliquer sur l'icône "Souris" puis sélectionner le nœud sur le



plan ; cliquer ensuite sur l'icône ; le nom du nœud est ajouté à la fin de la liste des nœuds sélectionnés dans la partie droite de la fenêtre.

- Pour insérer un nœud en un point quelconque de la liste : cliquer, dans la liste des nœuds sélectionnés sur le nœud avant lequel on souhaite faire l'insertion ; Ce nœud est surligné en bleu ; sélectionner le nœud à insérer comme précédemment, puis cliquer sur



l'icône ; le nom du nœud est ajouté à la liste des nœuds sélectionnés dans la position voulue.

- Pour enlever un nœud de la liste : sélectionner le nœud dans la liste des nœuds



sélectionnés, l'objet est surligné en bleu, puis cliquer sur l'icône , le nom du nœud est effacé de la liste

- Pour sauvegarder le profil en long cliquer sur le bouton de commande *Valider*

5.11.4.2. Pour visualiser un parcours,

Sélectionner le parcours dans la liste déroulante des parcours de la fenêtre de visualisation. Pour l'éditer, sélectionner la commande *sélection* du menu ou cliquer sur l'icône "*Flèche*".

Pour modifier le parcours, procéder comme lors de la création puis cliquer sur *Valider*.

Cliquer sur le bouton de commande *Détruire* pour supprimer ce parcours.

Cliquer sur le bouton de commande *Retour* pour revenir à la fenêtre de visualisation.

Visualisation du profil

Les segments verts représentent le sol. Les segments bleu marine représentent la conduite (si elle existe) entre les deux nœuds.

On peut sélectionner des nœuds consécutifs non reliés entre eux par un tronçon. Seul le trait vert est tracé dans ce cas là.

5.11.4.3. Pour définir un nouveau parcours non mémorisable

Ce type de parcours n'est pas enregistré. L'utilisateur construit le parcours en ajoutant successivement les tronçons qui

- Pour ajouter un tronçon à la fin de la liste : sélectionner le tronçon à rajouter par son nom dans la liste déroulante ou cliquer sur l'icône "Tronçon" puis sélectionner le tronçon



sur le plan ; cliquer ensuite sur l'icône

- Pour enlever un tronçon du parcours : sélectionner le tronçon dans la liste ou à l'aide de



la souris puis cliquer sur l'icône, le tronçon est supprimé du parcours.

5.11.5. Exporter le plan du réseau vers un fichier DXF

Cette fonction est disponible dans les applicatifs qui permettent de visualiser le plan du réseau.

Elle est accessible par le menu *Outil / Exportation DXF* ou en utilisant l'icône :



L'exécution de la commande crée un fichier de type DXF (compatible par exemple avec AutoCad 12). L'utilisateur choisit le nom du fichier ainsi que celui du répertoire dans lequel le fichier créé sera sauvegardé. Le dessin est divisé en plusieurs couches : une couche par type d'objets afin de pouvoir choisir le type de données sur lequel on veut travailler.

Nota : les valeurs mini et maxi du fichier DXF sont les valeurs mini et maxi (en mètres) du plan visualisé au moment de l'exportation. Il est donc possible d'extraire simplement une vue zoomée du réseau.

5.12. Importation des données structurales, des histogrammes et des mesures

5.12.1. Importation avec création d'un nouveau projet

Les données nœuds, tronçons, bassins versants, mesures et histogrammes peuvent être importées dans CANOE (voir § 4.3.4.). Les données doivent être préalablement stockées dans un fichier ASCII en respectant le format suivant (voir en annexe un exemple de fichier).

Les données lues dans ces fichiers (extension ".can") sont intégrées dans les bases de données *Projet (projet.mdb)*. L'importation se fait par nature d'objets et suivant certaines règles.

On doit importer les nœuds en même temps que les tronçons.

On doit importer les nœuds en même temps que les bassins versants.

Attention, avant toute importation, vérifiez que les bases projets, pluies et conduites courantes ont été sauvegardées auparavant.

L'importation de données nœuds, tronçons et bassins versants ouvre un nouveau projet qui pourra éventuellement être fusionné à un autre projet.

L'importation des histogrammes seuls ouvre une nouvelle table d'histogrammes (les anciens histogrammes sont perdus)

Format d'un enregistrement Nœud

- nom (24 caractères)
- x (entier long)
- y (entier long)
- cote sol (réel) , en m
- cote radier (réel), en m
- commentaire (255 caractères par ligne, de 0 à n lignes, marque de fin = @@@com en début de ligne après le commentaire lui-même)

Remarques : Marque de fin de fichier @@@fin .

Caractère de séparation entre les champs : saut de ligne ASCII .

N.B. : Le caractère (") ne doit pas apparaître dans le champ "nom" .

Format d'un enregistrement Tronçon

- nom (52 caractères)
- nœud amont (24 caractères)
- nœud aval (24 caractères)
- longueur (réel), en m
- cote amont (réel), en m
- cote aval (réel), en m
- pente (réel), en m/m
- rugosité (réel), en S.I.*
- conduite amont (34 caractères)
- commentaire (255 caractères par ligne, de 0 à n lignes, marque de fin = @@@com en début de ligne après le commentaire lui-même)
- débitance (réel), en m³/s

Remarques : Marque de fin de fichier @@@fin .

Caractère de séparation entre les champs : saut de ligne ASCII .

N.B. : Le caractère (") ne doit pas apparaître dans le champ "nom" .

Le champ "conduite amont" doit être entouré par le caractère (") .

S.I. (*): Système International

Format d'un enregistrement Bassin Versant

- nom (32 caractères)
- commentaire (255 caractères par ligne, de 0 à n lignes, marque de fin = @@@com en début de ligne après le commentaire lui-même)
- nœud (24 caractères)
- surface (réel), en ha
- longueur (réel), en m
- nombre de points de contour (n entier)
- contour (coordonnées x et y des n points de contour)
- xg (réel)
- yg (réel)
- pente (réel), en m/m
- modèle (entier) =1 (on importe que les BV urbains)
- ec2 lagtime (réel) en min
- ec2 cs (entier) en %

Remarques : Marque de fin de fichier @@@fin .

Caractère de séparation entre les champs : saut de ligne ASCII .

N.B. : Le caractère (") ne doit pas apparaître dans le champ "nom" .

Format d'un enregistrement Histogramme

- nom (60 caractères)
- commentaire (255 caractères par ligne, de 0 à n lignes, marque de fin = @@@com en début de ligne après le commentaire lui-même)
- nombre de pas de temps (entier)
- durée de pas de temps (réel), en min
- valeurs (n valeurs , 255 caractères par ligne) soit en m3, soit en m3/s, soit en m
- date défini (booléen 0 ou 1)
- date (jj/mm/aaaa), optionnel
- heure (hh:mm:ss), optionnel
- débit défini (booléen 0 ou 1)
- hauteur défini (booléen 0 ou 1)
- cote de référence (réel), en m

Remarques : Marque de fin de fichier @@@fin .

Caractère de séparation entre les champs : saut de ligne ASCII .

Pour tenir compte de la date : date définie = 1 puis entrer date et heure sur deux lignes différentes suivant les formats respectifs.

N.B. : Le caractère (") ne doit pas apparaître dans le champ "nom" .

Le champ "nom" doit être entouré par le caractère (") .

Format d'importation des mesures dans CANOE à partir d'un fichier ASCII

1. Séquence à répéter autant de fois qu'il y a de mesures

Nom de la mesure : 25 caractères au maximum, au delà le nom sera tronqué

n lignes commentaires – la dernière des lignes étant obligatoirement la ligne @@@com

Nom du capteur : 24 caractères au maximum, au delà le nom sera tronqué. Ce doit être le même nom exactement que celui défini dans la table capteur du projet

Type de la mesure : 1 débit, 4 pollutogramme

Type de polluant s'il s'agit d'une mesure de pollution, **ligne vide sinon**

Valeur indiquant si la mesure est active pour le calage (prise en compte) 1 si mesure active, 0 sinon (Une seule mesure active par capteur)

Nom de l'histogramme associé à la mesure (un seul possible) – 60 caractères au maximum. Ce doit être le même nom exactement que celui défini dans la table histogramme du projet.

Durée de pas de temps de l'histogramme associé

Date de début de la mesure sous la forme JJ/MM/AAAA

Heure de début de la mesure sous la forme HH:mm

Date de fin de la mesure sous la forme JJ/MM/AAAA

Heure de fin de la mesure sous la forme HH:mm

2. Dernière ligne du fichier indiquant qu'il n'a plus de mesure à importer

@@@fin

N.B. La période de comparaison de la mesure créée dans la table de la base de données Projet sera la même que la période de définition de l'histogramme associé à la mesure.

5.12.2. Importation complémentaire dans un projet

5.12.2.1. Importation d'histogramme en conservant les histogrammes du projet

On peut importer des histogrammes à partir d'un fichier ASCII tout en conservant les anciens histogrammes en utilisant la commande *Importer fichier histogramme* du menu *Histogramme* dans l'applicatif de *Gestion des données structurelles*. Il faut sélectionner le fichier. Le format du fichier à importer est le même dans les deux cas (voir § 5.5.13.).

5.12.2.2. Importation de bassins versants complémentaires dans un projet

On peut importer uniquement les bassins versants dans une base de données CANOE. Ces bassins versants doivent tous avoir un contour et un plus long parcours définis.

Pour réaliser l'importation, cocher la case *Importer les BV seuls*.

5.12.2.2.1. Contenu du fichier source

- Nom du bassin versant
- Nom du nœud
- Nombre de points du contour (le point de rattachement doit être le premier et le dernier point du contour)
- Coordonnées des points du contour (m)
- Nombre de points du plus long parcours (le point de rattachement doit être le dernier point du parcours)
- Coordonnées des points du plus long parcours (m)
- Cote amont (m)
- Type de raccordement
- Pourcentage de surface directement raccordée au réseau (valeur entre 0 et 100)
- Pourcentage de surface indirectement raccordée au réseau (valeur entre 0 et 100)

5.12.2.2.2. Données calculées par le logiciel

- Surface
- Plus long parcours
- Coordonnées du centre de gravité
- Pente
- Lagtime
- Pertes initiales
- Allongement

5.12.2.2.3. Données entrées par défaut dans la base CANOE par le logiciel

- Type du bassin versant : urbain quelconque
- Modèle : urbain strict
- Nombre de réservoirs : 1
- Avalement : 0
- Bassin de type eau pluviale mais pas eau usée
- % infiltration complémentaire = 0

5.12.2.2.4. Contrôles effectués

Le logiciel vérifie que :

- le nœud de rattachement existe
- les distances du premier point du contour et du dernier point du contour au nœud de raccordement sont inférieures à 10 mètres
- la distance du dernier point du parcours au nœud de raccordement est inférieure à 10 mètres
- la surface est >0
- le plus long parcours est >0

Si un de ces contrôles n'est pas satisfait, le logiciel édite un message et n'enregistre pas les données du bassin versant concerné. Par contre, il continue à lire les données du bassin versant, de façon à se positionner sur le début des données du bassin versant suivant.

5.12.2.2.5. Règles utilisées au moment de l'importation

- si un bassin versant existait déjà dans la base de donnée CANOE, l'ancien bassin versant est détruit avant la création du nouveau.
- les coordonnées du premier point et du dernier point du contour sont remplacées par les coordonnées du nœud de rattachement lues dans la table des nœuds.
- les coordonnées du dernier point du parcours sont remplacées par les coordonnées du nœud de rattachement lues dans la table des nœuds.
- Un contour ne peut comporter plus de 200 points
- Un plus long parcours ne peut comporter plus de 200 points

5.12.2.2.6. Format d'importation des bassins versants complémentaire

- nom (32 caractères)
- commentaire (255 caractères par ligne, de 0 à n lignes, marque de fin = @@@com en début de ligne après le commentaire lui-même)
- nœud (24 caractères)
- nombre de points de contour (n entier)
- contour (abscisse x puis ordonnée y des n points du contour, une valeur par ligne)
- nombre de points du plus long parcours (n entier)
- contour (abscisse x puis ordonnée y des n points du plus long parcours, une valeur par ligne)
- cote amont du bassin versant
- type de raccordement
- Pourcentage de la surface directement raccordée (entier) en %-
- Pourcentage de la surface non directement raccordée (entier) en %-

@@@fin

6. Gestion des données pluviométriques

6.1. Principes généraux

La gestion des données pluviométriques s'effectue dans un applicatif spécifique. Cet applicatif est accessible depuis la fenêtre principale de CANOE par le menu :

Applicatifs
Gestion des pluies

Ou en utilisant l'icône :



Cet applicatif permet de saisir, mettre à jour, consulter les différentes pluies qui seront utilisées par l'applicatif de simulation. Il permet également d'effectuer certains traitements statistiques sur des séries de pluies mesurées ou de gérer des postes de mesure pluviométriques.

Le choix de cette commande ouvre la fenêtre d'entrée de l'applicatif de gestion des bibliothèques de pluies.

Cette fenêtre contient :

- le menu de travail sur les pluies ;
- la fenêtre des caractéristiques de la bibliothèque courante des pluies. Cette fenêtre affiche les caractéristiques de la bibliothèque courante et permet d'en modifier certaines.

6.1.1. Différents types de pluies

Les pluies modélisées peuvent être des pluies ponctuelles, des pluies 3D ou des chroniques de pluies.

- Une pluie ponctuelle est une pluie réelle mesurée sur un poste pluviométrique particulier ou une pluie de projet associée à un point de l'espace identifié. Une pluie ponctuelle est définie par sa position, par un hyétogramme, plus des données associées. Les pluies de projet peuvent être des pluies simple ou double triangle symétriques ou des pluies double triangle non symétriques.
- Une pluie 3D (ou événement pluvieux) peut être mesurée sur un seul poste pluviométrique, par un réseau de pluviomètres ou par un radar météorologique.
- Une chronique de pluies est un ensemble de pluies mesurées. Il peut s'agir d'un ensemble de pluies ponctuelles ou d'un ensemble de pluies 3D.

6.1.2. Menu général de la gestion des pluies

Le menu général de gestion des pluies offre les possibilités suivantes :

Bibliothèque

Nouvelle

Ouvrir

Enregistrer

Enregistrer sous

Ouvrir la bibliothèque associée

Fusion de deux bibliothèques

Création bibliothèque à partir d'une chronique

Exporter caractéristiques

Caractéristiques

Fermer

Edition pluie ponctuelle

Sélection pluie de projet triangle symétrique

Sélection pluie de projet double triangle non symétrique

Sélection pluie réelle

Création pluie de projet double triangle symétrique

Création pluie de projet double triangle non symétrique

Création pluie réelle

Edition pluie 3D

Visualisation des pluies 3D

Sélection de pluies 3D

Création de pluies 3D

Création semi-automatique de pluies 3D

Importation de pluies 3D

Modification du pas de temps d'une pluie 3D importée

Création d'une bibliothèque de pluies ponctuelles à partir de cases d'une pluie 3D

Edition chronique

Sélection chronique pluies ponctuelle

Création chronique pluies ponctuelle

Analyse statistique des pluies

Sélection chronique pluie 3D

Création chronique pluies 3D

Courbes IDF

Pluviomètres

Création

Sélection

Affectation d'un pluviomètre à toutes les pluies d'une bibliothèque

Création des pluviomètres à partir des paramètres pluvio des pluies ponctuelles

6.2. Gérer les bibliothèques de pluies

L'ensemble des fonctions permettant la gestion des bibliothèques de pluie est accessible depuis la fenêtre générale de gestion des pluies. Pour sortir de cette fenêtre utiliser la commande :

Bibliothèque
Fermer

6.2.1. Identifier la bibliothèque courante

La bibliothèque courante est la dernière bibliothèque qui a été ouverte dans l'applicatif de gestion des pluies.

Attention : La dernière bibliothèque ouverte n'est pas nécessairement celle qui est associée au projet en cours de traitement. Voir à ce sujet le paragraphe 6.2.7.

Le nom de la bibliothèque courante ainsi que ses caractéristiques (commentaires associés, nom de l'auteur, date de dernière sauvegarde, nom du fichier de sauvegarde) sont affichés dans la fenêtre principale de gestion.

Le nom de la bibliothèque courante est également rappelé dans la barre d'état de la fenêtre de gestion des bibliothèques de pluies. Il peut être différent du nom saisi, si celui-ci a été modifié et que la commande *Enregistrer* n'a pas été faite.

6.2.2. Créer une nouvelle bibliothèque

Pour créer une nouvelle bibliothèque, utiliser la commande :

Bibliothèque
Nouvelle

Ou cliquer sur l'icône



Cette commande ouvre une fenêtre vierge permettant de saisir les caractéristiques générales de la bibliothèque.

- Nom de la bibliothèque de pluies : chaîne alphanumérique quelconque (50 caractères au maximum) ;
- Commentaire : texte quelconque
- Nom de l'auteur : chaîne alphanumérique quelconque (24 caractères au maximum) ;
- Case à cocher "Bibliothèque de référence" : Cette case à cocher permet de protéger une bibliothèque. La bibliothèque ne pourra en effet pas être modifiée tant que cette case restera cochée. Elle ne pourra être modifiée qu'en enlevant cette option (voir §6.2.8.)
- Date de la dernière sauvegarde : champ non modifiable, mise à jour automatique.
- Nom du fichier : champ non modifiable et qui ne peut pas être défini dans cet écran ; le nom du fichier devra être donné lors de la sauvegarde de la bibliothèque (voir §6.2.4. et 6.2.5.).

6.2.3. Ouvrir une bibliothèque existante

Pour ouvrir une bibliothèque existante, utiliser la commande :

Bibliothèque
Ouvrir

Ou cliquer sur l'icône



Le programme propose alors la liste des bibliothèques de pluies existant sur le répertoire courant sélectionné. L'utilisateur peut changer de répertoire s'il a lui-même enregistré une bibliothèque sous un autre répertoire. Lorsque la bibliothèque a été sélectionnée, la fenêtre des caractéristiques correspondant à cette bibliothèque s'affiche.

Nota : Cette commande copie la bibliothèque de pluies du répertoire sélectionné (par défaut C:\CANOE\NOEBASES\INITIAL\PLUIES) dans C:\CANOE\NOEBASES\ETUDE\PLUIES. Cette bibliothèque devient la bibliothèque courante de pluies.

6.2.4. Sauvegarder une bibliothèque déjà existante

Pour sauvegarder de façon pérenne les modifications effectuées sur la bibliothèque courante, utiliser la commande :

*Bibliothèque
Enregistrer*

Ou cliquer sur l'icône



Le choix de cette commande permet d'enregistrer la bibliothèque courante sous le même nom et dans le même répertoire que celui où elle a été préalablement lue.

Pour changer de répertoire ou pour changer de nom, utiliser la commande "Enregistrer sous".

Nota important : Même si l'on ne sauvegarde pas la bibliothèque, les modifications effectuées sont cependant conservées dans la bibliothèque courante. Elles ne seront définitivement perdues que si l'on change la bibliothèque courante sans sauvegarder. Dans ce cas, le logiciel affichera un message d'avertissement : "la bibliothèque xxx n'a pas encore été sauvegardée, voulez vous la sauvegarder oui/non/annuler".

Remarque : Si l'on utilise cette commande dans le cas d'une première sauvegarde (nom du fichier de sauvegarde non connu), le programme lance automatiquement la commande "Enregistrer sous".

6.2.5. Enregistrer une bibliothèque sous un nouveau nom

Pour sauvegarder les modifications effectuées sur la bibliothèque courante tout en conservant l'ancienne bibliothèque dans son état initial, utiliser la commande :

*Bibliothèque
Enregistrer sous*

Le choix de cette commande permet en effet d'enregistrer la bibliothèque courante sous un nom différent et/ou dans un répertoire différent de celui où elle a été préalablement lue.

Le programme ouvre une boîte de dialogue de sauvegarde demandant le type de support, le chemin d'accès du répertoire et le nom sous lequel la bibliothèque sera archivée.

Techniquement, cette commande copie la bibliothèque courante de pluies du répertoire C:\CANOE\NOEBASES\ETUDE\PLUIES sous le nom et le répertoire définis par l'utilisateur (par défaut sous le répertoire C:\CANOE\NOEBASES\BASES\PLUIES).

6.2.6. Fusionner deux bibliothèques (non disponible dans CANOE^{LT})

CANOE permet de créer une seule bibliothèque de pluies contenant l'ensemble des pluies préalablement contenues dans deux bibliothèques différentes. Pour ceci, utiliser la commande :

*Bibliothèque
Fusion de deux bibliothèques*

Cette commande ouvre une fenêtre de dialogue spécifique. La fusion s'effectue alors en quatre étapes successives :

- Etape 1 / choix de la première bibliothèque : choisir le support et le répertoire dans les boîtes de dialogue situées en haut et à gauche ; la liste des bibliothèques existant dans le répertoire s'affiche ; cliquer sur le nom de la bibliothèque sélectionnée, qui s'affiche alors en couleurs inversées ; sélectionner la case à cocher "Nom pluie 1" ; cliquer sur la case "Valider" ; le chemin d'accès et le nom de la bibliothèque sélectionnée s'affichent dans le champ non modifiable "Nom de la bibliothèque de pluies n°1".
 - Etape 2 / choix de la seconde bibliothèque : Procéder comme précédemment en sélectionnant la case à cocher "Nom pluie 2" ; le chemin d'accès et le nom de la bibliothèque sélectionnée s'affichent dans le champ non modifiable "Nom de la bibliothèque de pluies n°2".
 - Etape 3 / choix du support, du répertoire et du nom de la bibliothèque résultante : Procéder comme précédemment en sélectionnant la case à cocher "Nom du fichier fusion" ; le nom du chemin d'accès au répertoire sélectionné s'affiche dans la case "Nom de la bibliothèque issue de la fusion". Ajouter à la suite le nom de la bibliothèque qui contiendra la fusion des deux bibliothèques.
- Nota : le nom de cette bibliothèque ne doit pas exister dans le répertoire sélectionné*
- Etape 4 / Réalisation de la fusion : Cliquer sur l'icône :



La fusion est réalisée.

Nota : l'icône n'apparaît que lorsque tous les noms de bibliothèques ont été correctement saisis

Pour obtenir les informations sur la nouvelle bibliothèque cliquer sur l'icône :



6.2.7. Ouvrir la bibliothèque de pluies associée au projet en cours de traitement

Il est possible d'ouvrir directement la bibliothèque de pluies associée au projet sur lequel on est en train de travailler. Pour ceci utiliser la commande :

*Bibliothèque
Ouvrir la bibliothèque associée au projet*

Ou cliquer sur l'icône



6.2.8. Modifier les caractéristiques d'une bibliothèque

Il est possible de modifier les caractéristiques associées à une bibliothèque existante. Pour ceci, utiliser la commande :

Bibliothèque
Caractéristiques

Toutes les données sont modifiables. Voir le paragraphe 6.2.2.

6.3. Saisir ou mettre à jour une pluie réelle ponctuelle

6.3.1. Saisir une pluie "réelle" (observée ou imaginée).

La saisie des données décrivant une pluie réelle se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes

Edition pluie ponctuelle

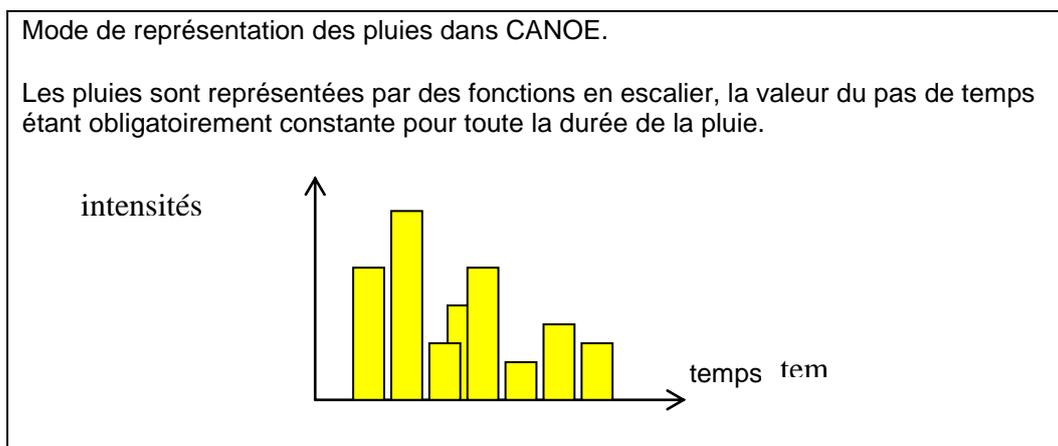
Création pluie réelle

La commande ouvre alors une fenêtre de saisie. Les données à saisir de façon obligatoire sont :

- Nom de la pluie : Chaîne alphanumérique sans guillemets.

Attention : dans certaines applications seuls les 4 premiers caractères du nom sont affichés.

- Nombre de pas de temps :
- Durée du pas de temps en minutes : obligatoirement constante
- Les intensités par pas de temps (en mm/h) : Pour faire apparaître le tableau de saisie, cliquer sur l'icône :



Les données à saisir éventuellement sont :

- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.
- Nom et position du poste pluviométrique : Permet de positionner la pluie dans l'espace. Il peut s'agir d'un poste de mesure réel dans le cas d'une pluie mesurée ou d'un poste fictif. Il est possible d'affecter automatiquement à la pluie les coordonnées d'un poste

pluviométrique prédéfini (voir §6.11.). Pour ceci, cliquer sur l'icône  et sélectionner

un poste dans la liste. Cliquer ensuite sur l'icône  pour affecter automatiquement les coordonnées du poste à la pluie.

Nota 1 : L'affectation d'une position est indispensable dans les deux cas suivants :

- pour affecter un abattement spatial à la pluie,
- pour intégrer la pluie dans un événement 3D.

Nota 2 :

- Case à cocher "Date et heure définies" : Si cette case est cochée, l'utilisateur a la possibilité de donner l'heure et la date du début de la pluie. Cette heure et cette date seront celles données par défaut à l'heure et à la date de début de la simulation lorsque cette pluie réelle sera sélectionnée dans les choix des *Paramètres généraux d'une simulation* de l'appliquatif *Simulation hydrologique et hydraulique*.

Nota : L'affectation d'une date et d'une heure de début est indispensable dans les cas suivants :

- pour utiliser la pluie dans un calage automatique,
- pour tenir compte des eaux usées,
- pour intégrer la pluie dans une chronique de pluies.

Elle est conseillée chaque fois que les données correspondent à une pluie réellement observée.

- Coefficients d'abattement spatial : il s'agit des coefficients α et β de la relation :

$$i(d) = i_0 (1 - \alpha \cdot d^\beta)$$

qui permet de calculer l'intensité $i(d)$ à la distance d de l'épicentre en fonction de l'intensité sous l'épicentre (i_0). Voir le §3.1.2.3.

- Durée de temps sec (en jours) : nombre de jours sans pluie significative ayant précédé la pluie en cours de saisie ; cette donnée est utilisée dans certains modèles de simulation de la qualité. Voir le §3.5.5.3.
- Code qualité : Code non utilisé dans les calculs.
- Hauteur antécédente : en mm. Cette valeur permet de représenter la hauteur d'eau tombée avant le début choisi de la pluie. Cette valeur sera retirée des pertes initiales (si la hauteur antécédente est inférieure aux pertes initiales) dans le calcul de production des bassins versants.
- Nombre de pluies de la classe : non encore utilisé



L'icône  ou la commande "Graphe" permet d'obtenir un dessin du hyétogramme.

La forme du dessin (2D ou 3D) est sélectionnée en utilisant la commande "Affichage" du menu.

La commande "Imprimer" du menu permet d'imprimer soit la totalité des informations décrivant la pluie (sélectionner : "Ecran") soit uniquement son dessin plus quelques informations de synthèse (sélectionner : "Graphe").

Attention : Il est nécessaire d'utiliser le bouton "Valider" pour sauvegarder la pluie

6.3.2. Modifier une pluie réelle

La mise à jour des données décrivant une pluie réelle est possible depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes

Edition pluie ponctuelle
Sélection pluie réelle

La commande ouvre alors une fenêtre très voisine de la fenêtre de saisie. La pluie à mettre à jour doit être sélectionnée dans la liste des pluies.

Le bouton "Initialiser" remet tous les champs à leur valeur initiale.

6.3.3. Analyser une pluie réelle

L'analyse d'une pluie réelle se fait à partir de la fenêtre de saisie de la pluie. Sélectionner les commandes suivantes

Edition pluie ponctuelle
Sélection pluie réelle

Cliquer sur le bouton de commande *Analyse*. Cette commande permet d'éditer un tableau de valeurs correspondant aux durées d'analyse suivantes : la durée du pas de temps de la pluie , 15 mn, 30 mn, 60 mn, 120 mn, 180 mn, 360 mn, 720 mn, 1440 mn..

- 1) Si aucun ajustement n'a été réalisé pour une chronique de la bibliothèque, le tableau édité donne la valeur de l'intensité moyenne maximum pour les durées d'analyse.
- 2) Si un ajustement a été réalisé, l'utilisateur choisit la chronique dans la liste déroulante des chroniques. Le tableau édité donne pour chaque durée d'analyse, la valeur de l'intensité moyenne maximum et la période de retour calculée avec les coefficients de la loi d'ajustement de cette chronique.

Les intensités moyennes maximum sont en mm/h et les périodes de retour en mois.

6.3.4. Importer des pluies réelles

Les pluies réelles peuvent être importées dans CANOE (voir §4.3.4.). Les données doivent être préalablement stockées dans un fichier ASCII en respectant le format suivant (voir en annexe un exemple de fichier).

L'importation d'un fichier de pluies ponctuelles ouvre une nouvelle base de pluies qui pourra éventuellement être fusionnée avec une autre base de pluies.

Format d'un enregistrement Pluie

- nom (34 caractères)
- X épicentre (entier long)
- Y épicentre (entier long)
- poste pluvio (20 caractères), (optionnel ligne vide ou nom du pluviomètre)
- date définie (booléen 0 ou 1)
- date (jj/mm/aaaa), optionnel
- heure (hh:mm:ss), optionnel
- nombre de pas de temps (entier)
- durée de pas de temps (réel) en min
- intensité (n intensité par pas de temps, 255 caractères par ligne), en mm/h
- coefficient a (réel) , optionnel (ligne vide ou valeur de a)
- coefficient b (réel), optionnel (ligne vide ou valeur de b)
- durée de temps sec (réel), optionnel ,en h
- commentaire (255 caractères par ligne, de 0 à n lignes, marque de fin = @@@com en début de ligne après le commentaire lui-même)

Remarques : Marque de fin de fichier @@@fin .

Caractère de séparation entre les champs : saut de ligne ASCII .

Pour les champs optionnels (sauter une ligne pour ne pas renseigner)

N.B. : Le caractère (") ne doit pas apparaître dans le champ "nom" .

Le champ "nom" doit être entouré par le caractère (") .

6.3.5. Création de pluies ponctuelles à partir des cases d'une pluie 3D

Il est possible de créer les pluies ponctuelles correspondant à une case de la grille des pluies 3D. A chaque couple (pluie 3D, n° de la case de la pluie 3D) correspond un hyétogramme de pluie Il y a autant de pluies ponctuelles créées par case de la grille, qu'il y a de pluies 3D définies avec cette grille. Ces pluies sont enregistrées dans la même base que celle contenant les pluies 3D.

Pour créer des pluies ponctuelles à partir des données des pluies 3D, procéder comme suit : Sélectionner la commande suivante depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies.

Edition pluie 3D
Création pluies ponctuelles

Le quadrillage de la première pluie 3D s'affiche ainsi que le message suivant :
"Cliquer sur la case pour laquelle vous voulez créer les pluies ponctuelles et sur 'Retour' pour quitter la fenêtre"

Cliquer alors à l'aide de la souris la case pour laquelle vous voulez les pluies ponctuelles. Le logiciel demande confirmation : "Création des pluies ponctuelles de la case xx ? Oui/Non ?"
Si l'utilisateur répond *Oui*, le logiciel construit et stocke toutes les pluies ponctuelles correspondant aux hyétogrammes de pluies définis sur cette case pour chacune des pluies 3D de la bibliothèque (seules les pluies 3D définies avec la même grille que la première pluie sont prises en compte).

6.4. Saisir ou mettre à jour une pluie de projet

6.4.1. Construire une pluie de projet symétrique

La saisie des données permettant la construction d'une pluie de projet symétrique se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes

Edition pluie ponctuelle
Création pluie triangle symétrique

La commande ouvre alors une fenêtre de saisie. Les données à saisir de façon obligatoire sont :

- Nom de la pluie : Chaîne alphanumérique sans guillemets.
- Durée du pas de temps en minutes : obligatoirement constante.
- Durée de pluie intense (en min) : valeur à choisir en général entre 5 et 60 minutes. Pour chaque valeur, le logiciel affiche les valeurs minimum et maximum de surface de bassins versants à l'exutoire desquels la période de retour du débit maximum sera voisine de la période de retour de la pluie. La valeur proposée par défaut est de 15 min.
- Case à cocher "simple triangle" ou "double triangle" permettant de choisir la forme de la pluie (voir §3.1.2.2.)
- Case à cocher permettant de choisir le mode de saisie des coefficients a et b utilisés pour le calcul des intensités de la pluie (coefficients correspondant à un ajustement des courbes IDF par une formule de type Montana ; voir §3.1.2.2.). Trois modes sont possibles. Leur sélection ouvre chaque fois une fenêtre de saisie spécifique.
- a et b calculés à partir de l'Instruction technique de 1977 : dans ce cas, il faut choisir la période de retour (1, 2, 5 ou 10 ans) et la région pluviométrique (case à cocher).
- a et b saisis directement en fonction de la période de retour et de la région : des valeurs peuvent être obtenues auprès de l'office national de la météorologie nationale.

Valeurs de a et de b

Période De retour	Région 1		Région 2		Région 3	
	a	b	a	b	a	b
10 ans	5,9	-0,59	6,7	-0,55	6,1	-0,44
5 ans	5,0	-0,61	5,5	-0,57	5,9	-0,51
2 ans	3,7	-0,62	4,6	-0,62	5,0	-0,54
1 ans	3,1	-0,64	3,5	-0,62	3,8	-0,53

Attention, les temps sont en min et les intensités en mm/min

- a et b correspondant aux coefficients d'une courbe IDF de la bibliothèque de pluies qui doit être sélectionnée dans la liste. Voir le § 6.10.2. pour la construction de ces courbes.

Les données à saisir éventuellement sont :

- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.
- Nom et position du poste pluviométrique : Permet de positionner la pluie dans l'espace. Comme la pluie est une pluie de projet, il ne peut s'agir que d'un poste de mesure fictif.

Nota : L'affectation d'une position est indispensable pour affecter un abattement spatial à la pluie.

- coefficients d'abattement spatial : il s'agit des coefficients α et β de la relation :

$$i(d) = i_0 (1 - \alpha \cdot d^\beta)$$

qui permet de calculer l'intensité $i(d)$ à la distance d de l'épicentre en fonction de l'intensité sous l'épicentre (i_0). Voir le §3.1.2.3.

- Durée de temps sec (en jours) : nombre de jours sans pluie significative ayant précédé la pluie en cours de saisie ; cette donnée est utilisée dans certains modèles de simulation de la qualité. Voir le §3.5.5.3.



L'icône  ou la commande "Graphe" permet d'obtenir un dessin du hyétogramme.

La forme du dessin (2D ou 3D) est sélectionnée en utilisant la commande "Affichage" du menu.

La commande "Imprimer" du menu permet d'imprimer soit la totalité des informations décrivant la pluie (sélectionner : "Ecran") soit uniquement son dessin plus quelques informations de synthèse (sélectionner : "Graphe").

Attention : Il est nécessaire d'utiliser le bouton "Valider" pour sauvegarder la pluie

6.4.2. Construire une pluie de projet double triangle non symétrique

La saisie des données permettant la construction d'une pluie de projet symétrique se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes

*Edition pluie ponctuelle
Pluie double DT non symétrique*

La commande ouvre alors une fenêtre de saisie. Les données à saisir de façon obligatoire sont :

- Nom de la pluie : Chaîne alphanumérique sans guillemets.
- Durée du pas de temps en minutes : obligatoirement constante.
- Durée de pluie intense (en min) : valeur à choisir en général entre 5 et 60 minutes selon la surface du bassin versant à étudier. La valeur proposée par défaut est de 15 min ; les valeurs usuelles sont comprises entre 15 et 40 minutes.
- Durée totale de la pluie (min) : De l'ordre de 3 à 8 fois la durée de la période de pluie intense, en général entre 60 et 360 min.
- Paramètre TETA : ce paramètre sert à positionner la période de pluie intense ; il est égal au rapport entre le temps avant le début de la pluie intense et la durée totale de la pluie ; sa valeur comprise entre 0 et 1.
- Hauteur d'eau pluie intense (mm) : Hauteur d'eau tombée pendant la période de pluie intense en mm.
- Hauteur d'eau hors pluie intense (mm) : Hauteur d'eau tombée en dehors de la période de pluie intense (mm).

Conseil : Le "Guide de construction et d'utilisation des pluies de projet.", édité par le Service Technique de l'Urbanisme en 1986 et diffusé par le CERTU contient l'ensemble des informations permettant de choisir ces paramètres.

Les données à saisir éventuellement sont :

- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.
- Nom et position du poste pluviométrique : Permet de positionner la pluie dans l'espace. Comme la pluie est une pluie de projet, il ne peut s'agir que d'un poste de mesure fictif.

Nota : L'affectation d'une position est indispensable pour affecter un abattement spatial à la pluie.

- Coefficients d'abattement spatial : il s'agit des coefficients α et β de la relation :

$$i(d) = i_0 (1 - \alpha \cdot d^\beta)$$

qui permet de calculer l'intensité $i(d)$ à la distance d de l'épicentre en fonction de l'intensité sous l'épicentre (i_0). Voir le §3.1.2.3.

- Durée de temps sec (en jours) : nombre de jours sans pluie significative ayant précédé la pluie en cours de saisie ; cette donnée est utilisée dans certains modèles de simulation de la qualité. Voir le §3.5.5.3.



L'icône  ou la commande "Graphe" permet d'obtenir un dessin du hyétogramme.

La forme du dessin (2D ou 3D) est sélectionnée en utilisant la commande "Affichage" du menu.

La commande "Imprimer" du menu permet d'imprimer soit la totalité des informations décrivant la pluie (sélectionner : "Ecran"), soit uniquement son dessin plus quelques informations de synthèse (sélectionner : "Graphe").

Attention : Il est nécessaire d'utiliser le bouton "Valider" pour sauvegarder la pluie

6.4.3. Modifier une pluie de projet

La mise à jour des données décrivant une pluie de projet est possible depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes

Edition pluie ponctuelle
Sélection pluie triangle symétrique
 ou *Sélection pluie DT non symétrique*

La commande ouvre alors une fenêtre très voisine de la fenêtre de saisie. La pluie à mettre à jour doit être sélectionnée dans la liste des pluies.

Le bouton "Initialiser" remet tous les champs à leur valeur initiale.

6.5. Construire ou mettre à jour une pluie 3D à partir de données pluviométriques locales (non disponible dans CANOE^{LT})

CANOE permet de construire des pluies 3D à partir d'un ensemble de hyétogrammes mesurés sur différents pluviomètres. Ce mode de saisie des données se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes

Edition pluie 3D
Création pluie 3D

La commande ouvre alors une première fenêtre de saisie.

La saisie d'une pluie 3D se fait en trois étapes. Pour passer d'une fenêtre à la suivante, cliquer sur la flèche  (les données sont alors automatiquement conservées). Pour revenir aux fenêtres précédentes, cliquer sur les flèches  (dans ce cas les modifications ne sont pas automatiquement conservées, mais le logiciel offre la possibilité de le faire).

Nota sur le vocabulaire : Dans ce paragraphe, le terme "pluie ponctuelle" désigne un hyétogramme particulier, localisé dans l'espace (en général sur un poste pluviométrique) et servant à construire la pluie 3D. Si la pluie ponctuelle est effectivement associée à un poste pluviométrique, on confondra la pluie ponctuelle et le poste sur lequel elle a été mesurée.

Remarque sur les différentes pluies 3D : Il existe deux autres modes de définition des pluies 3D :

- le premier consiste à importer un fichier représentant des pluies pixellisées (par exemple issues d'une mesure radar). Voir le §6.6.
- le second consiste à définir une date de début et une date de fin pour la pluie 3D ainsi que le quadrillage. CANOE construit la pluie 3D à partir de toutes les pluies ponctuelles de la bibliothèque courante dont la période est comprise au moins en partie entre la date de début et la date de fin). Voir le §6.8.

6.5.1. Saisie des données générales :

Les données à saisir dans la première fenêtre sont :

- Nom du fichier de pluie 3D : 8 caractères au maximum (saisie obligatoire).
- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.

Les autres données affichées dans cette fenêtre de saisie (position (x, y), date et heure de début, durée de temps sec, pas de temps, nombre de pas de temps) ne sont pas modifiables et seront renseignées automatiquement après avoir choisi les pluies ponctuelles constituant l'événement pluvieux.

En cliquant sur la flèche , on passe à la deuxième fenêtre de saisie.

6.5.2. Saisie des pluies ponctuelles constituant la pluie 3D :

La liste de gauche contient l'ensemble des pluies ponctuelles sélectionnables pour constituer la pluie 3D.

La liste de droite (vide lorsque l'on rentre pour la première fois dans la fenêtre) contient l'ensemble des pluies ponctuelles sélectionnées pour constituer la pluie 3D.

Le logiciel permet de constituer la seconde liste de façon interactive.

- pour ajouter une pluie ponctuelle à la liste : cliquer sur la pluie ponctuelle choisie dans la liste de gauche ; cliquer sur l'icône  en haut de la liste de droite (ou double cliquer sur la pluie choisie). La pluie ponctuelle choisie s'ajoute en bas de la liste des pluies ponctuelles sélectionnées. Le tableau récapitulatif des pluies ponctuelles sélectionnées est mis à jour (voir plus bas).
- pour supprimer une pluie de la liste : cliquer sur la pluie ponctuelle choisie dans la liste de droite ; cliquer sur l'icône  en haut de la liste de droite (ou double cliquer sur la pluie choisie). La pluie ponctuelle choisie est supprimée de la liste des pluies ponctuelles sélectionnées. Le tableau récapitulatif des pluies ponctuelles sélectionnées est mis à jour (voir plus bas).
- pour visualiser une pluie ponctuelle : cliquer sur la pluie choisie dans la liste de gauche ; cliquer sur l'icône  en haut de la liste de gauche.

Chaque sélection ou désélection d'une pluie ponctuelle provoque une mise à jour du tableau récapitulatif. Chaque colonne du tableau correspond à une pluie ponctuelle sélectionnée. Si les pluies ponctuelles ont été associées à un poste pluviométrique, elles sont identifiées par les 4 premiers caractères du nom du poste. Si elles ne sont pas associées à un pluviomètre, elles sont identifiées par les 3 premiers caractères du nom de la pluie.

En cliquant sur la flèche , on fait apparaître un nouveau tableau permettant la saisie des caractéristiques générales concernant l'événement pluvieux (sur fond bleu).

6.5.3. Saisie des caractéristiques générales de la pluie 3D

Les caractéristiques à saisir sont les suivantes :

- date : date de début de la pluie 3D ; la valeur par défaut est la date de début de la première pluie ponctuelle par ordre chronologique.
- heure : heure de début de la pluie 3D ; la valeur par défaut est l'heure de début de la première pluie ponctuelle par ordre chronologique.
- nombre de pas de temps : la valeur par défaut est égale au nombre de pas de temps nécessaire pour aller du temps minimum (temps de début de la première pluie ponctuelle) au temps maximum (temps de fin de la dernière pluie ponctuelle).
Durée du pas de temps : la valeur par défaut est égale au plus grand pas de temps de toutes les pluies ponctuelles, en minutes.
- Durée de temps sec : la valeur par défaut est égale à la plus petite durée de temps sec de toutes les pluies ponctuelles en jours.
- Hauteur antécédente : en mm. Cette valeur permet de représenter la hauteur d'eau tombée avant le début choisi de la pluie. Cette valeur sera retirée des pertes initiales (si la hauteur antécédente est inférieure aux pertes initiales) dans le calcul de production des bassins versants.
- Nombre de pluies de la classe : Nombre de pluies de la classe de pluies que représente cette pluie. Cette valeur sera prise en compte lors de l'analyse statistique d'une chronique.

Les caractéristiques des pluies 3D peuvent être modifiées. Un contrôle est fait pour signaler si une pluie ponctuelle se produit en partie ou en totalité en dehors de l'événement pluvieux.

En cliquant sur la flèche , on fait apparaître une nouvelle fenêtre permettant la description spatiale de la pluie 3D.

6.5.4. Saisie de la description spatiale de la pluie 3D:

6.5.4.1. Définition du quadrillage:

Le but de cette étape est de définir un maillage régulier de l'espace tel que les intensités instantanées de la pluie 3D soient identiques sur chaque maille.

Le quadrillage est constitué par défaut en fonction du positionnement des pluies ponctuelles sélectionnées. Les valeurs proposées sont modifiables. Les données à saisir sont les suivantes :

- Nombre de lignes et Nombre de colonnes : Ces valeurs doivent être choisies de façon à permettre une couverture du bassin versant à simuler. Les valeurs proposées par défaut permettent de recouvrir la totalité des postes pluviométriques.
- Hauteur de ligne et Largeur de colonne : Sauf si les données sont issues d'un réseau pluviométrique très dense, il paraît superflu de choisir une valeur inférieure à 1km. La valeur proposée par défaut est 2 km.
- Origine en x et Origine en y : Ces valeurs doivent être choisies de façon à permettre une couverture du bassin versant à simuler. Les valeurs proposées par défaut positionne la grille à partir du poste pluviométrique ayant les plus petites coordonnées

Mode de calcul de l'origine de la grille

Par défaut, la grille est positionnée à partir de l'origine suivante :

Xorigine = Xmin - (largeur de colonne)/2 (en mètres)

Yorigine = Ymin - (hauteur de ligne)/2 (en mètres)

Le dessin situe chacune des pluies ponctuelles à l'intérieur du quadrillage et permet de contrôler le découpage choisi. Pour obtenir le dessin du nouveau quadrillage après avoir changé les valeurs, appuyer sur le bouton de commande « *Redessiner* ».

En cliquant sur la flèche , on fait apparaître une nouvelle fenêtre permettant l'affectation des intensités dans chaque maille.

Nota : un contrôle signale la présence éventuelle d'une pluie ponctuelle en dehors du quadrillage.

6.5.4.2. Affectation des intensités

La dernière phase de création de la pluie 3D concerne l'affectation des intensités dans chaque maille du quadrillage. Cette affectation se fait de manière semi-automatique en utilisant deux fenêtres :

- La fenêtre d'affectation automatique qui permet de construire une solution initiale ;
- La fenêtre d'affinage manuel qui permet de modifier cette solution initiale.

La flèche  permet de passer de la fenêtre d'affectation automatique à la fenêtre d'affinage manuel. La flèche  permet d'effectuer le cheminement inverse.

6.5.4.2.1. *Construction automatique d'une solution initiale*

La construction automatique est lancée en appuyant sur le bouton "*Affectation des intensités*". Elle utilise la méthode suivante:

- si une seule pluie ponctuelle est présente dans la maille, l'intensité sur la maille est égale à celle de cette pluie ponctuelle,
- si plusieurs pluies ponctuelles sont présentes dans la maille, l'intensité sur la maille est égale à la moyenne des intensités des pluies ponctuelles,
- si aucune pluie ponctuelle n'est présente dans la maille, l'intensité sur la maille est égale à celle de la pluie ponctuelle la plus proche du centre de la maille.

Nota : Le logiciel affiche dans chaque maille le(s) nom(s) du (des) pluie(s) ponctuelle(s) affectée(s). En pratique, pour des raisons de place, seules les quatre premières lettres sont affichées. Si la pluie a été associée à un poste pluviométrique, ce sont les quatre premières lettres du nom du poste pluviométrique qui sont affichées. Dans la suite du paragraphe nous appellerons ce texte "*nom court de la pluie*".

6.5.4.2.2. Affinage manuel

Une fois une solution initiale déterminée, le logiciel permet d'effectuer un affichage manuel qui consiste à enlever ou à rajouter des pluies ponctuelles dans l'une ou l'autre des mailles.

Rappel : l'intensité qui sera appliquée sur une maille particulière sera égale à la moyenne des intensités des pluies ponctuelles qui lui sont affectées. Le nombre de pluies ponctuelles pris en compte est quelconque.

- Pour ajouter une pluie ponctuelle :
 1. choisir la pluie ponctuelle à rajouter dans la liste déroulante (le nom court indiqué avant le nom complet de la pluie ponctuelle est celui reporté dans la maille) ; le nom de la pluie ponctuelle sélectionnée est rappelé ;
 2. cliquer sur le bouton "*Ajouter*" ;
 3. cliquer dans la maille où la pluie ponctuelle doit être rajoutée ; le nom court de la pluie ponctuelle s'affiche sur le dessin.
- Pour supprimer une pluie ponctuelle :
 1. choisir la pluie ponctuelle à enlever dans la liste déroulante (le nom court indiqué avant le nom complet de la pluie ponctuelle est celui reporté dans la maille) ; le nom de la pluie ponctuelle sélectionnée est rappelé ;
 2. cliquer sur le bouton "*Enlever*" ;
 3. cliquer dans la maille où la pluie ponctuelle doit être enlevée ; le nom court de la pluie ponctuelle s'efface sur le dessin (si la pluie ponctuelle avait préalablement été affectée à cette maille).
- Pour remplacer une pluie ponctuelle par une autre :
 1. choisir la pluie ponctuelle à substituer dans la liste déroulante (le nom court indiqué avant le nom complet de la pluie ponctuelle est celui reporté dans la maille ; le nom de la pluie ponctuelle sélectionnée est rappelé) ;
 2. cliquer sur le bouton "*Remplacer*" ;
 3. cliquer dans la maille où la pluie ponctuelle doit être remplacée ; le nom court de l'ancienne pluie ponctuelle est remplacé par le nouveau (si la pluie ponctuelle avait préalablement été affectée à cette maille).

Cliquer sur le bouton "*Valider*" pour effectuer les calculs. Le logiciel revient alors au premier écran de saisie.

6.5.4.3. Visualisation de la pluie en cours de saisie

Il est possible de visualiser la pluie 3D dès qu'une première affectation des intensités a été effectuée. La visualisation s'effectue depuis la fenêtre permettant l'affectation automatique des intensités (pour visualiser la pluie après un affinage manuel, il faut préalablement revenir dans cette fenêtre en utilisant la flèche ).

6.5.4.3.1. Visualisation des intensités

Signification et utilisation des différents boutons :

- Pour lancer la visualisation de l'évolution des intensités au cours du temps : cliquer sur le bouton  ; le logiciel affiche sur chaque maille, pas de temps par pas de temps, avec une vitesse de rafraîchissement donnée, un code couleur fonction de la valeur de l'intensité ; le pas de temps et le code couleur sont modifiables, la visualisation peut-être interrompue à tout moment.
- Pour modifier le pas de temps de rafraîchissement de l'image : cliquer sur le bouton  ; le logiciel ouvre un menu déroulant permettant de sélectionner le pas de temps ; cliquer sur  pour valider le choix.
- Pour interrompre la visualisation : cliquer sur le bouton .
- Pour reprendre la visualisation après un arrêt : cliquer sur le bouton .

Nota : La barre de défilement horizontale permet de se déplacer librement sur toute la durée de l'épisode pluvieux et de visualiser les intensités pour le pas de temps choisi. Il faut au préalable avoir interrompu la visualisation et la reprendre après avoir déplacé le curseur du défilement horizontal.

- Pour faire un zoom sur une zone particulière de l'image : cliquer sur le bouton  puis dessiner sur le dessin la zone à représenter à l'aide de la souris (cliquer sur l'un des angles de la zone à représenter et étendre cette zone en déplaçant la souris sans lâcher le bouton).
- Pour revenir à une image plein écran après avoir fait un zoom : cliquer sur le bouton 
 - Pour visualiser les hauteurs totales d'eau précipitée : cliquer sur le bouton



6.5.4.3.2. Changement des intervalles de couleurs:

La visualisation de la pluie peut être personnalisée à l'aide de la commande "Affichage" du menu.

Il est possible de changer le mode de représentation (vue en perspective ou code de couleur), et dans le cas d'une visualisation en code de couleur, il est possible de modifier les caractéristiques de l'affichage en utilisant la commande "Intervalle de couleur". Le logiciel affiche alors une grille permettant de modifier les couleurs ou les bornes supérieures de chaque intervalle.

- Pour modifier une couleur : cliquer dans la couleur à modifier, le logiciel affiche une palette, cliquer dans la couleur sélectionnée, puis sur "Valider".

- Pour modifier une borne séparant deux classes : cliquer sur le champ de saisie correspondant et taper la nouvelle valeur, puis cliquer sur "*Valider*".

6.5.5. Mettre à jour ou effacer une pluie 3D déjà saisie

La mise à jour des données décrivant une pluie 3D est possible depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes :

Edition pluie 3D

Sélection pluie 3D

La commande ouvre alors une fenêtre très voisine de la fenêtre de saisie. La pluie à mettre à jour doit être sélectionnée dans la liste des pluies.

Attention : *Les données relatives à une pluie 3D importée ne peuvent pas être mises à jour.*

Le bouton "*Détruire*" permet d'effacer la pluie.

6.6. Importer une pluie 3D (non disponible dans CANOE^{LT})

6.6.1. Fichiers d'importation

Les pluies 3D peuvent être importées dans CANOE. Les données doivent être préalablement stockées dans un fichier ASCII en respectant le format suivant :

L'importation d'un fichier de pluies 3D se fait dans la base courante de pluies.

"PLUIE-3D-CANOE" (ce texte est obligatoire : identification du type de fichier)
 commentaire (1 ligne)
 Nombre de lignes (entier)
 Nombre de colonnes (entier)
 Hauteur d'une ligne en mètre (entier)
 Largeur d'une colonne en mètre (entier)
 Origine en x en mètre (entier long)
 Origine en y en mètre (entier long)
 Durée du pas de temps en minutes (entier)
 Nombre de pas de temps (entier)
 Date du début (jj/mm/aaaa)
 heure de début (hh:mm)
 Durée de temps sec précédant l'événement (en jours)
 intensité en mm/h du pas de temps 1 de la colonne 1 et de la ligne 1
 intensité en mm/h du pas de temps 1 de la colonne 2 et de la ligne 1
 ...
 intensité en mm/h du pas de temps 1 de la dernière colonne et de la ligne 1
 intensité en mm/h du pas de temps 1 de la colonne 1 et de la ligne 2
 intensité en mm/h du pas de temps 1 de la colonne 2 et de la ligne 2
 ...
 intensité en mm/h du pas de temps 1 de la dernière colonne et de la dernière ligne
 ...
 intensité en mm/h du dernier pas de temps de la dernière colonne et de la dernière ligne

Remarque : le nom du fichier ASCII peut avoir n'importe quel type d'extension.

Exemple de codage:

quadrillage : 2 lignes x 3 colonnes ; mailles de 1000*1000 mètres ; Origine au point 0,0 ;
 pluie : 4 pas de temps de 15 minutes ; 7 jours de temps sec ; Valeur des intensités en
 mm/h par pas de temps et par maille conforme au tableau suivant :

	Pas de temps 1			Pas de temps 2			Pas de temps 3			Pas de temps 4		
Ligne 1	2	4	1	3	6	2	7	3	0	2	1	0
Ligne 2	2	3	0	2	5	1	5	2	7	5	0	0

Fichier correspondant :
 PLUIE-3D-CANOE
 pluie de démonstration
 2
 3
 1000
 1000
 0
 0
 15
 4
 01-03-1997
 07-01
 7
 2
 4
 1
 ...
 5
 0
 0

6.6.2. Importer une ou plusieurs pluies 3D

L'importation des données s'effectue depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes :

Edition pluie 3D
Importation pluie 3D

La commande ouvre alors la fenêtre d'importation.

Cette fenêtre comporte deux cadres.:

Le premier permet d'importer une pluie 3D à partir d'un fichier ASCII contenant les paramètres de cette pluie.

Le second permet d'importer en même temps plusieurs pluies 3D à partir des fichiers ASCII correspondant à ces pluies (ces fichiers doivent se trouver dans un même répertoire).

Cas de l'importation d'une seule pluie

- Choisir le fichier ASCII de type *P3d*****.dat* contenant les données de la pluie à importer et le répertoire contenant ce fichier .
- Cliquer sur *Importer*

Lorsque l'importation des données est terminée, le logiciel édite le message suivant :
 "Importation terminée"

Cas de l'importation de plusieurs pluies

- Remplir la partie commune du nom de tous les fichiers qui vont être lus. Il y aura autant de pluies créées dans la bibliothèque de pluies de CANOE qu'il y a de fichiers du type *p3dxx***.dat* dans le répertoire de départ.
- Cliquer sur *Importer*

Lorsque l'importation des données est terminée, le logiciel édite le message suivant :
"Importation terminée"

Les pluies 3D créées ont pour nom "aammjjhh"

Où :

aa représente l'année sur 2 chiffres

mm le mois

jj le jour

hh l'heure entière de début de la pluie

exemple 99070313 pluie du 3 juillet 1999 débutant entre 13 et 14 heures.

N.B. Si une pluie de même nom existe déjà, le logiciel indique l'existence de cette pluie, demande s'il doit passer à la pluie suivante. Dans tous les cas, la pluie est conservée. Pour la remplacer, il faut d'abord sélectionner la pluie 3D, la détruire et relancer l'importation.

6.6.3. Modification du pas de temps d'une pluie importée

Le pas de temps d'une pluie 3D importée peut-être modifié. La valeur du nouveau pas de temps doit être un diviseur ou un multiple du pas de temps initial.

Pour modifier le pas de temps, sélectionner la commande :

Edition pluie 3D

Modification du pdt d'une pluie importée

Saisir la valeur de la durée du nouveau pas de temps en min. Le nombre de pas de temps de la pluie recalculé avec à cette valeur de pas de temps est affiché.

Cliquer ensuite sur *Valider*.

Attention, la pluie définie avec ce nouveau pas de temps remplace la pluie initiale dans la bibliothèque de pluies.

6.7. Visualiser une pluie 3D déjà saisie (non disponible dans CANOE^{LT})

CANOE permet de visualiser une pluie 3D préalablement construite à partir d'un ensemble de hyétogrammes mesurés sur différents pluviomètres ou importés. La visualisation se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes :

Edition pluie 3D
Visualisation pluie 3D

La fenêtre de visualisation qui s'ouvre alors contient toutes les informations sur la pluie 3D et donne l'accès à tout un ensemble d'outils de visualisation.

Pour sélectionner la pluie 3D à visualiser, il faut choisir dans la liste des pluies 3D de la fenêtre. A chaque sélection d'une nouvelle pluie 3D s'affiche la hauteur totale précipitée en mm. Comme lors de la *Création/Sélection*, il est possible de visualiser les intensités (mm/h)

de la pluie 3D au cours du temps à l'aide des boutons 

Le champ *Pluie importée* permet de distinguer les pluies importées des autres pluies 3D.

Les intervalles et les couleurs sont ceux stockés lors de la création de la pluie 3D. Il est possible malgré tout de les modifier pour la visualisation en sélectionnant le menu *Intervalle de couleurs*. Les changements effectués ne sont que temporaires, car les données stockées ne peuvent être modifiées qu'à partir du menu *Edition de pluies 3D* de la fenêtre *Gestion des bibliothèques de pluies*.

Sous le graphe de la pluie 3D, le hyétogramme de la première case en bas et à gauche s'affiche. Pour visualiser le hyétogramme d'une autre case, cliquer sur cette case.

6.7.1. Modification d'une pluie 3D

Le menu *Modifier la pluie 3D* de la fenêtre de visualisation permet pour la pluie en cours de visualisation de remplacer le hyétogramme d'une case du quadrillage de la pluie 3D par le hyétogramme d'une autre case choisie par l'utilisateur.

Visualiser la pluie comme indiqué ci-dessus. Sélectionner la commande

Modifier la pluie 3D

Cliquer à l'aide de la souris d'abord la case contenant le hyétogramme à copier, puis la case sur laquelle on souhaite appliquer ce hyétogramme. Le hyétogramme remplaçant est affiché sous le quadrillage.

????????Rappel : Une pluie importée ne peut être modifiée.????????

6.8. Construire une pluie 3D de façon semi-automatique (non disponible dans CANOE^{LT})

CANOE permet de construire des pluies 3D à partir d'un ensemble de hyétogrammes mesurés sur différents pluviomètres de façon semi-automatique. Ce mode de saisie des données se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes

Edition pluie 3D

Création pluie 3D semi-automatique

La commande ouvre alors la première fenêtre de saisie.

6.8.1. Première partie de la fenêtre de saisie des données générales

Les premières données à saisir sont :

- Nom du fichier de pluie 3D : 8 caractères au maximum (saisie obligatoire).
- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.
- Date et heure de début de la pluie 3D
- Date et heure de fin de la pluie 3D
- La durée du pas de temps : en min

En cliquant sur la flèche , on passe à la deuxième fenêtre de saisie.

Le nombre de pas de temps de la pluie (non modifiable) est affiché.

Attention : Ce nombre de pas de temps de la pluie ne peut dépasser 1000. S'il est plus grand que 1000, CANOE édite un message et il faut modifier soit une des dates, soit la durée du pas de temps.

La liste des pluies ponctuelles ainsi que la fenêtre de saisie du quadrillage s'affichent.

La liste des pluies ponctuelles affichée (vide lorsque l'on rentre pour la première fois dans la fenêtre) contient l'ensemble des pluies ponctuelles sélectionnées (se produisant partiellement ou totalement durant la période choisie) pour constituer la pluie 3D.

6.8.2. Deuxième partie de la fenêtre de saisie des données générales

Lors de la première saisie, le quadrillage est constitué par défaut en fonction du positionnement des pluies ponctuelles sélectionnées. Pour les saisies suivantes (tant que l'utilisateur n'a pas cliqué sur la commande *Retour* du menu), les valeurs proposées pour le quadrillage sont celles de la dernière pluie 3D saisie. Les valeurs proposées sont modifiables.

6.8.3. Modifier, détruire ou visualiser une pluie 3D construite semi-automatiquement

Pour modifier, détruire ou visualiser une pluie 3D créée de façon semi-automatique, procéder comme pour une pluie créée manuellement. Voir § 6.5.5 et § 6.7

6.9. Saisir ou mettre à jour une chronique de pluies (non disponible dans CANOE^{LT})

6.9.1. Quel est l'intérêt d'une chronique de pluies?

Les chroniques de pluies sont constituées par des ensembles de pluies, consécutives ou non, observées sur un même bassin versant (ou du moins supposées observées). La création de chroniques de pluies permet d'utiliser différentes fonctions de CANOE :

- analyser statistiquement les pluies observées en un point (Cf. §6.10.) ;
- caler les paramètres de façon globale pour différents événements mesurés (Cf. §10.4) ;
- simuler le fonctionnement d'un système d'assainissement (Cf. §8.) pour différents événements et analyser statistiquement les résultats obtenus (Cf. §9.5.)

CANOE permet de définir des chroniques de pluies ponctuelles ou des chroniques de pluies 3D. Ces chroniques peuvent être continues ou non.

6.9.2. Créer une chronique de pluies ponctuelles

La saisie des données permettant la construction d'une chronique de pluies ponctuelles se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes :

Edition Chronique
Création chronique pluies ponctuelles

La commande ouvre alors une première fenêtre de saisie.

La saisie d'une chronique de pluies ponctuelles se fait en plusieurs étapes. Pour passer d'une fenêtre à la suivante, cliquer sur la flèche  (les données sont alors automatiquement conservées). Pour revenir aux fenêtres précédentes, cliquer sur les flèches  (dans ce cas les modifications ne sont pas automatiquement conservées, mais le logiciel offre la possibilité de le faire).

Les données à saisir dans le premier écran sont :

- Nom de la chronique : Chaîne alphanumérique sans guillemets (saisie obligatoire pour passer à l'écran suivant) ;
- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.

Dans le deuxième écran, l'utilisateur doit définir le mode de sélection des pluies en choisissant une case à cocher entre "*Liste des pluies ponctuelles*" ou "*Critère de sélection*".

6.9.2.1. Sélection dans la liste des pluies ponctuelles

Si l'option "*Liste des pluies ponctuelles*" est sélectionnée, la flèche  ouvre un écran permettant la sélection manuelle des pluies constituant la chronique.

La liste de gauche contient l'ensemble des pluies ponctuelles sélectionnables pour constituer la chronique.

La liste de droite (vide lorsque l'on rentre pour la première fois dans le fenêtre) contient l'ensemble des pluies ponctuelles sélectionnées pour constituer la chronique.

Le logiciel permet de constituer la seconde liste de façon interactive.

- pour ajouter une pluie ponctuelle à la liste : cliquer sur la pluie ponctuelle choisie dans la liste de gauche ; cliquer sur l'icône  en haut de la liste de droite (ou double cliquer sur la pluie choisie). La pluie ponctuelle choisie s'ajoute en bas de la liste des pluies ponctuelles sélectionnées.
- pour supprimer une pluie de la liste : cliquer sur la pluie ponctuelle choisie dans la liste de droite ; cliquer sur l'icône  en haut de la liste de droite (ou double cliquer sur la pluie choisie). La pluie ponctuelle choisie est supprimée de la liste des pluies ponctuelles sélectionnées.
- pour visualiser une pluie ponctuelle : cliquer sur la pluie choisie dans la liste de gauche ; cliquer sur l'icône  en haut de la liste de gauche.
- Pour créer une chronique contenant toutes les pluies ponctuelles : cliquer sur l'icône "Toutes". La liste de droite contient toutes les pluies ponctuelles de la bibliothèque.

Quand la chronique est constituée, cliquer sur la flèche  pour revenir à l'écran précédent qui est alors complété par les valeurs des intensités des différentes pluies sélectionnées ainsi que par la hauteur totale précipitée pour chacune d'elles.

La commande "*Valider*" permet de sauvegarder la chronique et ouvre le premier écran de saisie.

La commande "*Initialiser*" permet d'effacer tout ce qui a été saisi pour la chronique en cours.

6.9.2.2. Sélection par critères

Si l'option "*Critères de sélection*" est choisie, la flèche  ouvre un écran permettant la sélection automatique des pluies constituant la chronique.

Cette sélection peut s'effectuer en combinant les critères suivants :

- pluies mesurées sur un poste pluviométrique particulier ;
- pluies mesurées entre deux dates particulières ;
- pluies vérifiant des critères minimum d'intensités.

Sélection des pluies mesurées sur un poste pluviométrique particulier : Cliquer sur la case "*Sélection sur le poste pluviométrique*" ; le logiciel ouvre une liste déroulante contenant le nom de tous les pluviomètres définis ; sélectionner le poste désiré.

Sélection des pluies entre deux dates particulières : Cliquer sur la case "*Sélection sur les dates de début et de fin*" ; le logiciel ouvre un tableau permettant la saisie des deux dates sur le format jj/mm/aaaa.

Sélection des pluies dépassant des seuils particuliers d'intensité : Cliquer sur la commande "*Seuils de sélection*" ; le logiciel ouvre la fenêtre de définition des règles de sélection. La sélection s'effectue de la façon suivante :

- le nombre de règles est quelconque (défini dans la case "*nombre de critères*"),
- le logiciel sélectionne toutes les pluies qui vérifient au moins l'une des règles,
- chaque règle se met sous la forme : "*sélectionner les pluies qui vérifient en même temps les propriétés suivantes* :
 - *intensité moyenne maximum en 6 min supérieure à (défini dans le tableau)*
 - et,*
 - *intensité moyenne maximum en 15 min supérieure à (défini dans le tableau)*
 - et,*

- *intensité moyenne maximum en 30 min supérieure à (défini dans le tableau)*
et,
- *intensité moyenne maximum en 60 min supérieure à (défini dans le tableau)*
et,
- *intensité moyenne maximum en 120 min supérieure à (défini dans le tableau) et,*
- *hauteur totale précipitée supérieure à (défini dans le tableau)."*

La flèche  permet d'obtenir la liste de toutes les pluies ponctuelles de la bibliothèque (à gauche) et la liste des pluies sélectionnées (à droite).

La flèche  permet d'obtenir un tableau récapitulatif des pluies sélectionnées et pour chaque pluie l'intensité moyenne maximum sur les durées d'analyse ainsi que la hauteur totale précipitée.

La commande "*Valider*" permet de sauvegarder la chronique et ouvre le premier écran de saisie.

La commande "*Initialiser*" permet d'effacer tout ce qui a été saisi pour la chronique en cours.

6.9.3. Créer une chronique de pluies 3D (non disponible dans CANOE^{LT})

La saisie des données permettant la construction d'une chronique de pluies 3D se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes

Edition Chronique

Création chronique pluies 3D

La commande ouvre alors une première fenêtre de saisie.

La saisie d'une chronique de pluies 3D se fait en deux étapes. Pour passer d'une fenêtre à la suivante, cliquer sur la flèche  (les données sont alors automatiquement conservées).

Pour revenir aux fenêtres précédentes, cliquer sur les flèches  (dans ce cas les modifications ne sont pas automatiquement conservées, mais le logiciel offre la possibilité de le faire).

Les données à saisir dans le premier écran sont :

- Nom de la chronique : Chaîne alphanumérique sans guillemets (saisie obligatoire pour passer à l'écran suivant) ;
- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.

6.9.3.1. Sélection manuelle

La flèche  ouvre un écran permettant la sélection manuelle des pluies constituant la chronique.

La liste de gauche contient l'ensemble des pluies 3D sélectionnables pour constituer la chronique.

La liste de droite (vide lorsque l'on rentre pour la première fois dans le fenêtre) contient l'ensemble des pluies 3D sélectionnées pour constituer la chronique.

Le logiciel permet de constituer la seconde liste de façon interactive.

- pour ajouter une pluie 3D à la liste : cliquer sur la pluie 3D choisie dans la liste de gauche ; cliquer sur l'icône  en haut de la liste de droite (ou double cliquer sur la pluie choisie). La pluie 3D choisie s'ajoute en bas de la liste des pluies 3D sélectionnées.
- pour supprimer une pluie de la liste : cliquer sur la pluie 3D choisie dans la liste de droite ; cliquer sur l'icône " " en haut de la liste de droite (ou double cliquer sur la pluie choisie). La pluie 3D choisie est supprimée de la liste des pluies 3D sélectionnées.
- pour visualiser une pluie ponctuelle : cliquer sur la pluie choisie dans la liste de gauche ; cliquer sur l'icône  en haut de la liste de gauche.

6.9.3.2. Sélection des pluies entre deux dates particulières :

Cliquer sur la case "*Sélection sur les dates de début et de fin*" dans le premier écran ; le logiciel ouvre un tableau permettant la saisie des deux dates sur le format jj/mm/aaaa.

La flèche  ouvre un écran affichant dans la liste de gauche l'ensemble des pluies 3D de la chronique. et dans la liste de droite l'ensemble des pluies 3D sélectionnées sur les dates

Quand la chronique est constituée, cliquer sur la flèche  pour revenir au premier écran.

La commande "Valider" permet de sauvegarder la chronique.

La commande "Initialiser" permet d'effacer tout ce qui a été saisi pour la chronique en cours.

Nota : Si on utilise la touche "Retour" dans le deuxième écran de saisie, le logiciel libelle un message d'anomalie. Il est nécessaire de revenir au premier écran pour valider la chronique.

6.9.4. Cas particulier des chroniques continues

Pour constituer une chronique (de pluies ponctuelles ou de pluies 3D) utilisable en simulation continue, procéder comme pour une chronique quelconque de même type mais cocher de plus dans le premier écran la case « *Chronique pour simulation continue* ». Ce choix implique que le choix « *par sélection sur la date* » est imposé et qu'on ne peut donc pas sélectionner les pluies manuellement dans la liste des pluies ponctuelles de la bibliothèque.

Lorsque les dates de début et de fin ont été définies, passer à l'écran suivant. La liste des pluies sélectionnées apparaît. Les dates et heures du début et de la fin de la période pluvieuse sont affichées.

Attention : la durée de la chronique ne peut dépasser 50 ans.

Revenir en arrière pour valider.

Règles de constitution d'une chronique pour simulation continue :

- Toutes les pluies doivent être datées (dates réelles différentes de 01/01/1900)
- Deux pluies ne doivent pas se chevaucher dans le temps sinon le logiciel libelle un message d'erreur et interdit de continuer.
- Les pluies sont classées par date : la simulation se fera dans l'ordre du classement par date.
- Si une pluie commence avant le début de la chronique mais finit après ce début, elle fait partie de la chronique.
- Si une pluie finit après la fin de la chronique mais commence avant cette fin, elle fait partie de la chronique.

N.B. Le choix « *Sélection sur la date* » n'empêche pas d'ajouter la sélection par pluviomètre et par seuils de sélection pour les chroniques de pluies ponctuelles.

N.B. On peut rendre continue une chronique de pluies ponctuelles ou de pluies 3D déjà créée, en sélectionnant la commande *Rendre une chronique de pluies ponctuelles continue* ou *Rendre une chronique de pluies 3D continue* du menu *Edition chronique*. Le logiciel s'assure que les règles mentionnées ci-dessus sont vérifiées. Cette procédure permet de rendre continue une chronique de pluies dont les pluies ont été choisies par l'utilisateur et non automatiquement par le logiciel.

6.9.5. Consulter, mettre à jour ou détruire une chronique existante

Il est toujours possible de consulter, de mettre à jour ou de détruire une chronique existante. Pour ceci utiliser les commandes suivantes dans la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies :

Edition Chronique
Sélection chronique pluies ponctuelles ou
Sélection chronique pluies 3D

La commande ouvre alors une première fenêtre de saisie permettant de sélectionner la chronique dans la liste des chroniques.

Pour détruire la chronique : cliquer sur "*Détruire*".

Pour modifier la chronique, se déplacer d'écran en écran comme pour la création. Cliquer sur "*Valider*" lorsque les modifications ont été effectuées.

La commande "*Initialiser*" permet d'effacer tout ce qui a été modifié pour la chronique en cours.

6.10. Faire l'analyse statistique d'une chronique de pluies (non disponible dans CANOE^{LT})

Cette fonction permet d'effectuer une analyse statistique sommaire des données pluviométriques mesurées sur un site particulier. Les données doivent préalablement être stockées dans une chronique de pluies ponctuelles.

Cette fonction est accessible depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des pluies par les commandes suivantes :

Edition Chronique
Analyse statistique d'une chronique

La commande ouvre alors une fenêtre de saisie permettant de sélectionner la chronique à étudier dans la liste des chroniques.

L'analyse statistique d'une chronique de pluies s'effectue alors en deux étapes successives.

6.10.1. Ajustement fréquentiel

La première étape consiste à déterminer les intensités moyennes maximales de chacune des pluies de la chronique sur différentes durées préalablement fixées (5min, 6 min, 15min, 30 min, 1h, 2h, 3h, 6h, 12h, 24h). Cette recherche des intensités moyennes maximales est faite à origine mobile, avec un pas de déplacement de l'origine égal à 1 minute.

Pour en savoir plus : Intensité-durée fréquence

Les intensités moyennes maximales sont ensuite classées par valeurs décroissantes.

Les pluies de la chronique correspondent à une certaine durée d'observation. Il est donc possible d'affecter à chaque intensité une période de retour empirique d'observation en divisant la durée d'observation par le rang (la pluie la plus forte observée en n années a une période de retour empirique de n années, la deuxième plus forte de n/2 années, etc..).

Détail des calculs

En réalité, si r est le rang et D la durée d'observation, la période de retour empirique T est calculée par la relation :

$$T = \frac{D}{r - 0,5}$$

Par ailleurs, pour des raisons évidentes (une probabilité ne peut pas être supérieure à 1), le nombre d'intensités effectivement pris en compte dans le classement est strictement inférieur à la durée d'observation (exprimée en jours dans CANOE).

Dans tous les cas, le nombre d'événements effectivement pris en compte pour l'ajustement est limité par l'une ou l'autre des deux règles suivantes :

- si durée d'observation < 10 ans alors nombre total d'événements classés < 20
- si durée d'observation > 10 ans alors nombre total d'événements classés < 2×D

Ces règles ont pour but d'éviter que la forme des lois d'ajustement ne soit trop fortement conditionnée par les événements les plus faibles.

Le logiciel ajuste alors une courbe de la forme Intensité = f (T) pour chacune des valeurs de d. Il y a un seul ajustement fréquentiel par chronique et par durée d'analyse. La forme de la loi est choisie par l'utilisateur. Les lois actuellement disponibles sont les suivantes :

- $i(T) = aT^b$
- $i(T) = a / (T + b)$
- $i(T) = a(\log T)^b$

avec a et b = paramètres d'ajustement de la loi pour la durée d

Les données à saisir sont les suivantes :

- Temps d'observation en mois : Cette grandeur permet d'affecter une période de retour empirique à chaque pluie, pour chaque durée d'analyse, en fonction de son rang. Le temps d'observation proposé par défaut est la différence en mois entre la date de la première pluie de la chronique dans le temps et la date de la dernière pluie de la chronique dans le temps. Si les dates ne sont pas définies, la valeur proposée est 0.
- Nature de la loi d'ajustement : à choisir dans la liste.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec r = rang de classement pour la grandeur étudiée et D = durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

pour en savoir plus : Intensité-durée-fréquence (courbes)

6.10.2. Courbes IDF

Une fois les ajustements fréquentiels réalisés, il est possible de calculer les intensités moyennes maximales théoriques correspondant à une période de retour particulière (T) pour les différentes durées (d) pour lesquelles un ajustement a été réalisé. Il est ensuite possible d'ajuster les valeurs ainsi obtenues par une courbe de la forme Intensité = f(d) (courbe intensité-durée-fréquence).

Les données à saisir sont les suivantes :

- Période de retour T en mois : Elle doit être inférieure à la durée d'observation (et si possible inférieure au tiers de cette valeur) ;
- Nature de la loi d'ajustement : à choisir dans la liste suivante
 - $i(d) = a(T) d^{b(T)}$ (ajustement type Montana),
 - $i(d) = a(T) / (d + b(T))$ (ajustement type Talbot) ;

Nota : Ces coefficients pourront être utilisés pour construire des pluies double triangle symétriques **seulement dans le cas où la loi choisie pour l'ajustement est la loi de Montana.**

- Plus petite durée prise en compte : L'ajustement est réalisé pour différentes durées d'analyse. Le choix de la plus petite durée détermine les durées prises en compte, donc le domaine de validité de l'ajustement.

<p>Importance du choix de la plus petite durée</p> <p>Les modèles de ce type ne permettent pas d'ajuster correctement la courbe IDF pour toutes les durées possibles d'analyse. Il est donc nécessaire de choisir les valeurs des durées que l'on souhaite utiliser (donc la fourchette de durées pour laquelle l'ajustement sera satisfaisant).</p> <p>La séquence des durées d'analyse est déterminée par le choix par l'utilisateur de la plus petite des durées.</p> <p>Si la durée la plus petite est :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 5 min, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 5 min, 6 min, 15 min, 30 min, 1h ; le domaine de validité sera de 5 min à 1heure. - 6 min, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 6 min, 15 min, 30 min, 1h, 2h ; le domaine de validité sera de 6 min à 2 heures. - 15 min, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 15 min, 30 min, 1h, 2h, 3h ; le domaine de validité sera de 15 min à 2heures. - 30 min, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 30 min, 1h, 2h, 3h, 6h ; le domaine de validité sera de 30 min à 6heures. - 1h, les durées prises en compte pour l'ajustement sont 1h, 2h, 3h, 6h et 12h ; le domaine de validité sera de 1heure à 12heures. - 2h, les durées prises en compte pour l'ajustement sont alors 2h, 3h, 6h, 12h et, 24h ; le domaine de validité sera de 2 heures à 24 heures.

Une fois l'ajustement réalisé, le logiciel dessine la courbe obtenue et fournit les valeurs des coefficients d'ajustement.

Pour enregistrer la courbe IDF, il suffit alors de cliquer sur le bouton de commande "Enregistrer", de lui donner un nom et de cliquer sur "Valider".

Les paramètres associés à une courbe IDF sont :

- le nom de la chronique,
- la période de retour,
- les coefficients a et b d'ajustement de la courbe IDF,
- le nombre de pluies de la chronique,
- la plus petite des durées prises en compte pour l'ajustement fréquentiel.

Nota : Il peut y avoir autant de courbes IDF associées à une chronique que l'utilisateur le désire.

6.10.3. Gestion ou utilisation des courbes IDF

6.10.3.1. Consulter une courbe IDF

Il est possible de consulter directement une courbe IDF depuis le menu général de gestion des pluies par la commande :

Courbes IDF

Cette commande ouvre une fenêtre qui permet de sélectionner une courbe IDF (de n'importe quelle chronique), puis affiche la période de retour choisie, la loi d'ajustement choisie, les coefficients d'ajustement, la chronique utilisée, le temps d'observation pris pour le classement fréquentiel.

Il est également possible de consulter les courbes IDF d'une chronique particulière par la commande :

*Edition Chronique
Analyse statistique d'une chronique*

qui ouvre la fenêtre d'analyse statistique d'une chronique, puis

*Courbes IDF
Sélection*

Nota : Si l'ajustement fréquentiel n'a pas été fait la commande "Courbes IDF" n'est pas accessible dans le menu.

6.10.3.2. Construire une courbe IDF sans refaire l'ajustement fréquentiel

Cette action est possible depuis le menu de la fenêtre d'analyse statistique d'une chronique par les commandes suivantes :

*Courbes IDF
Création*

Nota : Si l'ajustement fréquentiel n'a pas été fait au préalable la commande "Courbes IDF" n'est pas accessible

6.10.3.3. Modifier l'ajustement fréquentiel

Il est possible de refaire l'ajustement fréquentiel d'une chronique de pluies à n'importe quel moment en appuyant sur le bouton "Ajustement".

Il est cependant important de noter que toute modification de l'ajustement fréquentiel entraîne la destruction des courbes IDF qui lui sont associées. En cas de demande, un message prévient

que toutes les courbes IDF associées à la chronique vont être détruites et demande une confirmation.

6.10.3.4. Modifier la composition d'une chronique

Il est possible de supprimer des pluies d'une chronique, d'en rajouter ou des les mettre à jour.

Il est cependant important de noter que toute modification de la chronique entraîne la destruction de l'ajustement fréquentiel et des courbes IDF qui lui sont associées. En cas de demande, un message rappelle cette règle et demande une confirmation.

6.10.3.5. Réaliser l'analyse statistique sur l'ensemble d'une bibliothèque

Il n'est pas possible de réaliser un ajustement fréquentiel (ou de construire des courbes IDF) en les associant directement à la bibliothèque.

Si l'on désire faire un ajustement fréquentiel de toutes les pluies ponctuelles de la bibliothèque, il faut d'abord constituer une chronique contenant toutes les pluies. La procédure la plus simple consiste à choisir l'option de sélection par critère, en choisissant une valeur nulle au seuil de sélection (voir § 6.9.2.2.).

6.11. Gérer une liste de pluviomètres (non disponible dans CANOE^{LT})

Cette fonction permet de gérer (saisir, mettre à jour, consulter) une liste de postes pluviométriques repérés par leurs coordonnées. Elle est accessible depuis la fenêtre générale de gestion des données pluviométriques par la commande :

Pluviomètres

Cette commande ouvre une fenêtre spécifique.

L'intérêt de cette liste de pluviomètres est de pouvoir associer un pluviomètre (donc des coordonnées) à n'importe quelle pluie ponctuelle.

6.11.1. Ajouter un pluviomètre à la liste

Pour ajouter un pluviomètre à la liste des pluviomètres, sélectionner la commande *Création* du menu. Les données à saisir sont les suivantes :

- Nom du pluviomètre : chaîne alphanumérique sans guillemets ;
- Abscisse et ordonnée : coordonnées en mètres dans un repère quelconque ;
- Commentaire : chaîne alphanumérique quelconque.

6.11.2. Consulter ou mettre à jour la liste des pluviomètres

Pour consulter ou modifier les caractéristiques d'un pluviomètre, ou pour supprimer un pluviomètre de la liste, sélectionner le menu *Pluviomètres* depuis la fenêtre générale de gestion des données pluviométriques. Sélectionner ensuite dans la fenêtre d'édition des pluviomètres la commande :

Edition pluviomètres

Sélection

puis sélectionner le pluviomètre choisi dans la liste déroulante.

Les paramètres sont affichés dans la fenêtre.

6.11.3. Affecter un pluviomètre à toutes les pluies réelles d'une bibliothèque

Pour affecter un même pluviomètre à toutes les pluies ponctuelles d'une bibliothèque de pluies, sélectionner le menu *Pluviomètres* depuis la fenêtre générale de gestion des données pluviométriques. Sélectionner ensuite dans la fenêtre d'édition des pluviomètres la commande

Edition pluviomètres

Affecter un pluviomètre à toutes les pluies

Sélectionner le pluviomètre dans la liste déroulante des pluviomètres. Les coordonnées du pluviomètre sont rappelées. Cliquer sur la commande *Affecter* pour valider l'affectation.

Si un pluviomètre était déjà affecté à certaines pluies, le logiciel édite un message et demande confirmation de l'affectation.

6.11.4. Création des pluviomètres à partir des données saisies pour les pluies ponctuelles

Pour créer automatiquement les pluviomètres dont le nom et les coordonnées ont été saisis comme paramètres d'une pluie réelle, sélectionner le menu *Pluviomètres* depuis la fenêtre

générale de gestion des données pluviométrique. Sélectionner ensuite dans la fenêtre d'édition des pluviomètres, la commande:

Edition pluviomètres
Création pluviomètres des pluies réelles

Le logiciel crée autant de pluviomètres qu'il y a de noms différents dans le champ "pluviomètre" des pluies ponctuelles, si ce pluviomètre n'existait pas déjà dans la table des pluviomètres.

6.11.5. Destruction des pluies attachées à un pluviomètre

L'utilisateur peut détruire automatiquement toutes les pluies réelles attachées à un pluviomètre. Pour cela, sélectionner le menu *Pluviomètres* depuis la fenêtre générale de gestion des données pluviométriques. Sélectionner ensuite dans la fenêtre d'édition des pluviomètres, la commande:

Pluviomètres
Destruction des pluies d'un pluviomètre

La liste déroulante des pluviomètres enregistrés s'affiche. Sélectionner dans cette liste le pluviomètre pour lequel on veut détruire les pluies. Le logiciel demande confirmation "*Confirmez vous la destruction de toutes les pluies ponctuelles du pluviomètre xxx ?*" Si l'utilisateur confirme toutes les pluies ponctuelles attachées au pluviomètre xxx sont supprimées de la table.

6.12. Création d'une nouvelle bibliothèque de pluies contenant toutes les pluies d'une chronique (non disponible dans CANOE^{LT})

Pour créer une nouvelle bibliothèque de pluies ne contenant au moment de sa création que l'ensemble des pluies ponctuelles formant une chronique ainsi que la chronique elle-même, sélectionner la commande *Création bibliothèque à partir d'une chronique* du menu *Bibliothèque* de l'applcatif de *Gestion des bibliothèques des pluies*.

Le logiciel ouvre la fenêtre des caractéristiques de la nouvelle bibliothèque de pluies (nom, commentaire, auteur, projet maître) puis affiche après validation de cette fenêtre, la liste déroulante des chroniques de la bibliothèque courante. Sélectionner la chronique dans cette liste puis valider. Le logiciel édite le message "*n pluies copiées dans la bibliothèque*". Cliquer sur *Retour*. Penser à sauvegarder la nouvelle bibliothèque.

Bibliothèque
Enregistrer sous

6.13. Exporter les caractéristiques des pluies ponctuelles d'une bibliothèque (non disponible dans CANOE^{LT})

Pour exporter les caractéristiques des pluies ponctuelles dans un fichier ASCII, sélectionner la commande *Exporter caractéristiques des pluies* du menu *Bibliothèque* de l'applcatif de *Gestion des bibliothèques des pluies*.

Choisir ensuite dans la fenêtre d'enregistrement, l'emplacement et le nom du fichier ASCII qui contiendra les caractéristiques de chacune des pluies. Cliquer sur OK. Le logiciel édite le message "Données exportées" lorsque l'exportation est terminée.

Les données exportées pour chacune des pluies sont :

- le nom de la pluie
- la date de début
- l'heure de début
- le pluviomètre
- la hauteur totale précipitée en m
- la durée de la pluie en mn
- Intensité maxi sur 6 mn en mm/h
- Intensité maxi sur 15 mn en mm/h
- Intensité maxi sur 30 mn en mm/h
- Intensité maxi sur 60 mn en mm/h
- Intensité maxi sur 120 mn en mm/h

Pour importer les résultats dans EXCEL, ouvrir avec EXCEL le fichier ASCII créé.

Laisser la case "*Délimité*" cochée dans le premier écran de l'assistant et passer à l'écran suivant. Cliquer sur "*Autre délimiteur*" et taper @ dans la case correspondante. Passer à l'écran suivant et cliquer sur *Fin*.

Le fichier ASCII se présente sous la forme suivante

Nomdelapluie@Date@Heure@Pluviomètre@Hauteur@Durée(mn)@Imax6mn@Imax15mn@Imax30mn@Imax60mn@Imax120mn

1988/01/02 13:42 P 01 @02/01/1988@13:42:00@Villeurbanne@6.20@420.0@6.0@4.8@3.2@1.8@1.1

1988/01/02 13:42 P 10@02/01/1988@13:42:00@Genas@6.20@420.0@8.0@4.0@3.6@2.8@1.5

1988/01/02 P 28@02/01/1988@13:42:00@Cailloux@6.20@420.0@10.0@6.0@4.8@2.4@1.4

1988/01/02 P 02@02/01/1988@13:42:00@Jonage@6.60@420.0@8.0@4.0@3.2@1.8@1.3

1988/01/02 P 13@02/01/1988@13:42:00@Loyasse@6.60@420.0@6.0@4.4@3.6@2.2@1.2

1988/01/02 P 08@02/01/1988@13:42:00@Couzon@6.80@420.0@8.0@6.8@6.0@3.4@1.9

La feuille ECXEL se présente alors sous la forme suivante :

Nom pluie	Date	Heure	Pluvio	H	m	Durée(min)	Imax6mn	Imax15mn	Imax30mn	Imax60mn	max120mn
-----------	------	-------	--------	---	---	------------	---------	----------	----------	----------	----------

1988/01/02	13:42 P 01	02/01/1988	13:42:00	Villeurbanne	6.20	420.0	6.0	4.8	3.2	1.8	1.1
------------	------------	------------	----------	--------------	------	-------	-----	-----	-----	-----	-----

1988/01/02	13:42 P 10	02/01/1988	13:42:00	Genas	6.20	420.0	8.0	4.0	3.6	2.8	1.5
------------	------------	------------	----------	-------	------	-------	-----	-----	-----	-----	-----

1988/01/02	P 28	02/01/1988	13:42:00	Cailloux	6.20	420.0	10.0	6.0	4.8	2.4	1.4
------------	------	------------	----------	----------	------	-------	------	-----	-----	-----	-----

1988/01/02	P 02	02/01/1988	13:42:00	Jonage	6.60	420.0	8.0	4.0	3.2	1.8	1.3
------------	------	------------	----------	--------	------	-------	-----	-----	-----	-----	-----

1988/01/02	P 13	02/01/1988	13:42:00	Loyasse	6.60	420.0	6.0	4.4	3.6	2.2	1.2
------------	------	------------	----------	---------	------	-------	-----	-----	-----	-----	-----

1988/01/02	P 08	02/01/1988	13:42:00	Couzon	6.80	420.0	8.0	6.8	6.0	3.4	1.9
------------	------	------------	----------	--------	------	-------	-----	-----	-----	-----	-----

7. Gestion des formes de conduite

7.1. Principes généraux

La gestion des formes de conduite s'effectue dans un applicatif spécifique. Cet applicatif est accessible depuis la fenêtre principale de CANOE par le menu :

Applicatifs
Gestion des conduites

Ou en utilisant l'icône :



Cet applicatif permet de saisir, mettre à jour, consulter les différentes formes de conduite qui seront utilisées par les autres applicatifs. Le choix de cette commande ouvre la fenêtre d'entrée de l'applicatif de gestion des bibliothèques de conduites.

Cette fenêtre contient :

- le menu de travail sur les conduites ;
- la fenêtre des caractéristiques de la bibliothèque courante des conduites. Cette fenêtre affiche les caractéristiques de la bibliothèque courante et permet d'en modifier certaines.

7.1.1. Différentes formes de conduites prises en compte dans CANOE et modes de construction

CANOE prend en compte des formes de conduites ouvertes ou fermées.

Il peut s'agir de formes normalisées : circulaires, trapézoïdales ou se déduisant pas homothétie d'un modèle standard déjà saisi (par exemple ovoïde) ou de formes quelconques.

La construction peut être automatique (sections trapézoïdales ou circulaires), utiliser des règles d'homothétie (formes de conduites appartenant à des catalogues normalisés), ou se faire par saisie du contour au clavier ou à la table à digitaliser (sections fermées ou ouvertes de formes quelconques).

7.1.2. Menu général de la gestion des conduites

Le menu général de gestion des formes de conduites offre les possibilités suivantes :

- Bibliothèque conduites*
- Nouvelle bibliothèque*
- Ouvrir*
- Enregistrer*
- Enregistrer sous*
- Ouvrir la bibliothèque associée*
- Fusion de deux bibliothèques*
- Caractéristiques*
- Configuration du digitaliseur*
- Imprimer un catalogue*
- Fermer*

- Edition*
- Sélection conduite*
- Création conduite*

- Aide*

7.2. Gérer les bibliothèques de conduites

Une bibliothèque de conduites contient toutes les données relatives à une série de conduites.

A un projet donné est affectée une et une seule bibliothèque de formes de conduites. La bibliothèque de formes de conduites est archivée en même temps que le projet. La même bibliothèque de formes de conduites est utilisable pour plusieurs projets.

L'ensemble des fonctions permettant la gestion des bibliothèques de conduites sont accessibles depuis la fenêtre générale de gestion des formes de conduites. Pour sortir de cette fenêtre utiliser la commande :

Bibliothèque
Fermer

7.2.1. Identifier la bibliothèque courante

La bibliothèque courante est la dernière bibliothèque qui a été ouverte dans l'appliquatif de gestion des conduites.

Attention : La dernière bibliothèque ouverte n'est pas nécessairement celle qui est associée au projet en cours de traitement. Voir à ce sujet le paragraphe 7.2.7.

Le nom de la bibliothèque courante ainsi que ses caractéristiques (commentaires associés, nom de l'auteur, date de dernière sauvegarde, nom du fichier de sauvegarde) sont affichés dans la fenêtre principale de gestion.

Le nom de la bibliothèque courante est également rappelé dans la barre d'état de la fenêtre de gestion des bibliothèques de formes de conduites. Il peut être différent du nom saisi, si celui-ci a été modifié et que la commande *Enregistrer* n'a pas été faite.

7.2.2. Créer une nouvelle bibliothèque

Pour créer une nouvelle bibliothèque, utiliser la commande :

Bibliothèque
Nouvelle

Ou cliquer sur l'icône



Cette commande ouvre une fenêtre vierge permettant de saisir les caractéristiques générales de la bibliothèque.

- Nom de la bibliothèque de formes de conduites : chaîne alphanumérique quelconque (50 caractères au maximum) ;
- Commentaire : texte quelconque
- Nom de l'auteur : chaîne alphanumérique quelconque (24 caractères au maximum) ;
- Case à cocher "Bibliothèque de référence" : Cette case à cocher permet de protéger une bibliothèque. La bibliothèque ne pourra en effet pas être modifiée tant que cette case restera cochée. Elle ne pourra être modifiée qu'en enlevant cette option (voir §7.2.8.)
- Date de la dernière sauvegarde : champ non modifiable, mise à jour automatique.
- Nom du fichier : champ non modifiable et qui ne peut pas être défini dans cet écran ; le nom du fichier devra être donné lors de la sauvegarde de la bibliothèque (voir §7.2.4. et 7.2.5.).

7.2.3. Ouvrir une bibliothèque

Pour ouvrir une existante bibliothèque, utiliser la commande :

Bibliothèque
Ouvrir

Ou cliquer sur l'icône



Le programme propose alors la liste des bibliothèques de conduites existant sur le répertoire courant sélectionné. L'utilisateur peut changer de répertoire s'il a lui-même enregistré une bibliothèque sous un autre répertoire. Lorsque la bibliothèque a été sélectionnée, la fenêtre des caractéristiques correspondant à cette bibliothèque s'affiche.

Nota : Cette commande copie la bibliothèque de conduites du répertoire sélectionné (par défaut C:\CANOE\NOEBASES\INITIAL\CONDUITES) dans C:\CANOE\NOEBASES\ETUDE\CONDUITES. Cette bibliothèque devient la bibliothèque courante de conduites.

7.2.4. Sauvegarder une bibliothèque déjà existante

Pour sauvegarder de façon pérenne les modifications effectuées sur la bibliothèque courante, utiliser la commande :

Bibliothèque
Enregistrer

Ou cliquer sur l'icône



Le choix de cette commande permet d'enregistrer la bibliothèque courante sous le même nom et dans le même répertoire que celui où elle a été préalablement lue.

Pour changer de répertoire ou pour changer de nom, utiliser la commande "Enregistrer sous".

Nota important : Même si l'on ne sauvegarde pas la bibliothèque, les modifications effectuées sont cependant conservées dans la bibliothèque courante. Elles ne seront définitivement perdues que si l'on change la bibliothèque courante sans la sauvegarder. Dans ce cas, le logiciel affichera un message d'avertissement : "la bibliothèque xxx n'a pas encore été sauvegardée, voulez vous la sauvegarder oui/non/annuler".

Remarque : Si l'on utilise cette commande dans le cas d'une première sauvegarde (nom du fichier de sauvegarde non connu), le programme lance automatiquement la commande "Enregistrer sous".

7.2.5. Enregistrer une bibliothèque sous un nouveau nom

Pour sauvegarder les modifications effectuées sur la bibliothèque courante tout en conservant l'ancienne bibliothèque dans son état initial, utiliser la commande :

Bibliothèque
Enregistrer sous

Le choix de cette commande permet en effet d'enregistrer la bibliothèque courante sous un nom différent et/ou dans un répertoire différent de celui où elle a été préalablement lue.

Le programme ouvre une boîte de dialogue de sauvegarde demandant le type de support, le chemin d'accès du répertoire et le nom sous lequel la bibliothèque sera archivée.

Techniquement, cette commande copie la bibliothèque courante de formes de conduites du répertoire C:\CANOE\NOEBASES\ETUDE\CONDUITES sous le nom et le répertoire définis par l'utilisateur (par défaut sous le répertoire C:\CANOE\NOEBASES\BASES\CONDUITES).

7.2.6. Fusionner deux bibliothèques (non disponible dans CANOE^{LT})

CANOE permet de créer une seule bibliothèque de formes de conduites contenant l'ensemble des formes de conduites préalablement contenues dans deux bibliothèques différentes. Pour ceci, utiliser la commande :

Bibliothèque Fusion de deux bibliothèques

Cette commande ouvre une fenêtre de dialogue spécifique. La fusion s'effectue alors en quatre étapes successives :

- Etape 1 / choix de la première bibliothèque : choisir le support et le répertoire dans les boîtes de dialogue situées en haut et à gauche ; la liste des bibliothèques existant dans le répertoire s'affiche ; cliquer sur le nom de la bibliothèque sélectionnée, qui s'affiche alors en couleurs inversées ; sélectionner la case à cocher "*Nom conduite 1*" ; cliquer sur la case "*Valider*" ; le chemin d'accès et le nom de la bibliothèque sélectionnée s'affichent dans le champ non modifiable "*Nom de la bibliothèque de conduites n°1*".
 - Etape 2 / choix de la seconde bibliothèque : Procéder comme précédemment en sélectionnant la case à cocher "*Nom conduite 2*" ; le chemin d'accès et le nom de la bibliothèque sélectionnée s'affichent dans le champ non modifiable "*Nom de la bibliothèque de conduites n°2*".
 - -Etape 3 / choix du support, du répertoire et du nom de la bibliothèque résultante : Procéder comme précédemment en sélectionnant la case à cocher "*Nom du fichier fusion*" ; le nom du chemin d'accès sélectionné s'affiche dans la case "*Nom de la bibliothèque issue de la fusion*". Ajouter à la suite le nom de la bibliothèque qui contiendra la fusion des deux bibliothèques.
- Nota* : le nom de cette bibliothèque ne doit pas exister dans le répertoire sélectionné
- Etape 4 / Réalisation de la fusion : Cliquer sur l'icône :



La fusion est réalisée.

Nota : l'icône n'apparaît que lorsque tous les noms de bibliothèques ont été correctement saisis.

Pour obtenir les informations sur la nouvelle bibliothèque cliquer sur l'icône :



7.2.7. Ouvrir la bibliothèque de conduites associée au projet en cours de traitement

Il est possible d'ouvrir directement la bibliothèque de formes de conduites associée au projet sur lequel on est en train de travailler. Pour ceci utiliser la commande :

Bibliothèque

Ouvrir la bibliothèque associée au projet

Ou cliquer sur l'icône



7.2.8. Modifier les caractéristiques d'une bibliothèque

Il est possible de modifier les caractéristiques associées à une bibliothèque existante. Pour ceci, utiliser la commande :

Bibliothèque

Caractéristiques

Toutes les données sont modifiables. Voir le paragraphe 7.2.2.

7.3. Saisir ou mettre à jour une forme de conduite

7.3.1. Données associées à une forme de conduite

Une forme de conduite représente un profil en travers type que l'on peut associer aux différents tronçons d'un projet. A chaque forme de conduite sont associées les différentes données nécessaires aux applicatifs :

Description de la conduite.

- nom complet de la conduite (24 caractères) ;
- description géométrique de la forme de la section ;

Données complémentaires sur la conduite

- libellé court (6 caractères) ;
- code famille ;
- rugosité ;
- rugosité du lit majeur pour les conduites ouvertes
- matériau ;
- coût au mètre linéaire ;
- indicateur spécifiant si la conduite peut ou non être utilisée pour un réseau neuf ;
- profondeur minimum d'implantation ;
- largeur minimum de la tranchée nécessaire pour l'implantation.

Relations entre les différentes grandeurs géométriques.

- hauteur totale de la conduite ;
- section totale de la conduite ;
- périmètre mouillé total ;
- relation entre la section mouillée et la hauteur d'eau ;
- relation entre la hauteur d'eau et la section mouillée ;
- relation entre le périmètre mouillé et la hauteur d'eau .

Relations entre les grandeurs géométriques et les grandeurs hydrauliques en régime uniforme.

- hauteur correspondant au débit maximum ;
- section mouillée correspondant au débit maximum ;
- relation entre le débit et la hauteur d'eau ;
- relation entre la hauteur d'eau et le débit ;
- relation entre la vitesse et le débit .

7.3.2. Saisir une nouvelle forme de conduite

La saisie des données décrivant une forme de conduite se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des formes de conduites par les commandes :

Edition conduite

Création conduite

La commande ouvre alors une première fenêtre de saisie.

La saisie d'une forme de conduite se fait en plusieurs étapes. Pour passer d'une fenêtre à la suivante, cliquer sur la flèche  (les données sont alors automatiquement conservées).

Pour revenir aux fenêtres précédentes, cliquer sur les flèches  (dans ce cas les modifications ne sont pas automatiquement conservées, mais le logiciel offre la possibilité de le faire).

7.3.2.1. Saisie des données de base

- Nom de la conduite : chaîne alphanumérique (40 caractères maximum) le nom ne peut être le nom d'une conduite existante.
- Libellé court : chaîne alphanumérique (6 caractères au maximum) qui sera utilisée pour identifier la forme de conduite lorsque la place disponible ne permettra pas l'écriture complète du nom (par exemple sur les profils en long). Il est possible d'affecter automatiquement les six premiers caractères du nom de la conduite en cliquant sur l'icône baguette magique :



- Type de conduite : à choisir dans une liste déroulante. Le choix du type détermine à la fois la forme générale de la conduite et le mode de saisie. Les conduites type proposées sont :
 - normalisée circulaire : section fermée, saisie paramétrique (rayon) ;
 - normalisée ovoïde : section fermée, saisie paramétrique (hauteur) ;
 - normalisée cadre : section fermée, saisie paramétrique (hauteur, largeur) ;
 - normalisée piédroit : section fermée, saisie paramétrique (hauteur, largeur) ;
 - ouverte trapèze : section ouverte, saisie paramétrique (hauteur, largeur haute, largeur basse) ;
 - fermée trapèze : section fermée, saisie paramétrique (hauteur, largeur haute, largeur basse) ;
 - ouverte quelconque : section ouverte, saisie à la table ou à la souris ;
 - fermée quelconque : section fermée, saisie à la table ou à la souris ;
- Matériau : matériau constitutif de la conduite. Actuellement, le matériau est simplement utilisé comme une information attachée au tronçon et sert à choisir la valeur proposée par l'aide experte pour la rugosité. Le matériau doit être choisi dans une liste déroulante. La valeur de rugosité proposée en fonction du matériau est affichée.

Pour modifier la liste type des matériaux ou les valeurs de rugosité associées :

La liste peut être mise à jour en utilisant n'importe quel éditeur dans le fichier

NOEBASES/ETUDE/INTERNE/CONDUITE.DAT

- Code famille : Actuellement ce paramètre est uniquement donné à titre informatif, aucun tri n'est possible sur sa valeur. La liste type ne peut pas être mise à jour mais il est possible de taper directement une chaîne alphanumérique différente de celles proposées dans la liste déroulante
- Rugosité : Il s'agit du coefficient de rugosité au sens de Manning-Strickler. L'utilisation



de la baguette magique permet de sélectionner automatiquement la valeur proposée correspondant au matériau choisi. Lorsque l'on affectera la forme de conduite à un tronçon, CANOE proposera par défaut cette valeur de rugosité. La valeur de rugosité pourra cependant être modifiée (la rugosité d'un tronçon particulier peut être différente de la rugosité de la forme de conduite qui lui est associée). Voir §5.4.3.2.1.

- Critère de forme : ce paramètre est utilisé par le module d'évaluation des risques d'envasement (voir § 12). Il permet de préciser en sélectionnant dans la liste si la forme de la section est plutôt favorable ou défavorable à l'autocurage. Par défaut ce critère est "non défini".

Pour en savoir plus : Manning-Strickler, Coefficient de rugosité

7.3.2.2. Saisie des données projet

Ces données sont uniquement utilisées dans l'appli *Aide au dimensionnement*. Elles servent à l'établissement des estimatifs et à l'optimisation de l'implantation automatique du réseau dans le sol. Les données à saisir sont les suivantes :

- Coût au mètre linéaire (francs) : Il s'agit du coût du tuyau livré (pose non comprise).
- Case à cocher "Utilisable en réseau neuf" : Si la case est cochée, CANOE considérera qu'il peut utiliser cette conduite en dimensionnement automatique ; cette case doit donc être cochée uniquement pour les conduites que l'on souhaite utiliser sur des réseaux neufs.

Profondeur minimum d'implantation (m) et Largeur minimum de la tranchée nécessaire pour l'implantation (m) : Ces deux grandeurs ne doivent être renseignées que si la case précédente est cochée. Elles servent à déterminer les contraintes d'implantation et les volumes de terrassement associés à la conduite en cours de saisie.

7.3.2.3. Saisie des paramètres géométriques généraux

Cette fenêtre permet de saisir ou modifier les données géométriques générales nécessaires à la description de la forme de la conduite. Les données à saisir dépendent du type choisi pour la conduite :

- Diamètre en mm pour les conduites circulaires ;
- Hauteur et largeur en mm pour les conduites cadre et piédroit ;
- Hauteur, largeur haute, largeur basse en mm pour les conduites forme trapèze (ouverte ou fermée) ;
- Format du dessin pour les conduites fermées de forme quelconque. Ce format détermine la taille de la grille de saisie (donc la plus grande dimension possible pour la conduite). Il doit être sélectionné dans une liste (voir encadré).
- Largeur haute (en mm) et format du dessin pour les conduites ouvertes de forme quelconque. Le format détermine la taille de la grille de saisie (donc la plus grande dimension possible pour la conduite). Il doit être sélectionné dans une liste (voir encadré). La largeur haute doit nécessairement être plus petite que la largeur de la grille.

Les différentes échelles proposées pour le format du dessin sont en mm :

500 x 500 - 1000 x 1000 - 2000 x 2000 - 4000 x 4000 - 10000 x 10000

20000 x 20000 - 100000 x 100000 - 400000 x 400000

7.3.2.4. Saisie de la forme dans le cas d'une conduite de forme quelconque

Cette étape de la saisie n'est activée que dans le cas d'une conduite de forme quelconque. Pour les conduites de forme normalisée, le logiciel passe directement à l'étape de validation (voir §7.3.2.5.).

Dans le cas d'une conduite de forme quelconque, le logiciel ouvre une fenêtre de saisie interactive offrant plusieurs possibilités pour définir la forme de la section.

7.3.2.4.1. Saisir une forme de conduite en utilisant la souris

- Pour commencer la saisie : utiliser la commande "*Nouvelle saisie souris/tableau*" du menu "*Edition*", ou cliquer sur l'icône :



Amener ensuite la souris dans la grille quadrillée. Un trait pointillé bleu apparaît, l'origine du trait étant imposé (coin supérieur gauche dans le cas d'une conduite ouverte, point central bas du quadrillage, correspondant au point bas de la conduite dans le cas d'une conduite fermée).

- Pour réaliser la saisie : dessiner la forme de la conduite sur la grille quadrillée en l'assimilant à un polygone. La saisie s'effectue dans un ordre de rotation. On rajoute un point en cliquant sur la clé gauche, on annule le dernier point saisi en cliquant sur la clé droite. Le dessin s'affiche à l'écran au fur et à mesure de la saisie, les coordonnées des points saisis s'affichent dans le tableau. Il est interdit de croiser deux traits. Voir l'encadré pour les formes autorisées et interdites.
- Pour terminer la saisie : utiliser la commande "*Fermer le contour*" du menu "*Edition*", ou cliquer sur l'icône :



Cette commande permet d'indiquer que la saisie est terminée. Dans le cas d'une conduite fermée, le dernier point est confondu avec le premier. Dans le cas d'une conduite ouverte, le dernier point est placé à la hauteur du premier point saisi par l'utilisateur, à une distance de ce point égale à la largeur indiquée.

7.3.2.4.2. Saisir une forme de conduite en utilisant une table à digitaliser

- Pour commencer la saisie : utiliser la commande "*Nouvelle saisie table à digitaliser*" du menu "*Edition*", ou cliquer sur l'icône :



Configurer la table puis effectuer la saisie.

- Pour réaliser la saisie : La forme de la conduite est assimilée à un polygone. La saisie s'effectue dans un ordre de rotation. On rajoute un point en cliquant sur le bouton 1 du digit, on annule le dernier point saisi en cliquant sur le bouton 2. Le dessin s'affiche à l'écran au fur et à mesure de la saisie, les coordonnées des points saisis s'affichent dans

le tableau. Il est interdit de croiser deux traits. Voir l'encadré pour les formes autorisées et interdites.

- Pour terminer la saisie : utiliser la commande "*Fermer le contour*" du menu "*Edition*", ou cliquer sur l'icône :



Cette commande permet d'indiquer que la saisie est terminée. Dans le cas d'une conduite fermée, le dernier point est confondu avec le premier. Dans le cas d'une conduite ouverte, le dernier point est placé à la hauteur du premier point saisi par l'utilisateur, à une distance de ce point égale à la largeur indiquée.

7.3.2.4.3. *Modifier la forme en utilisant la souris*

Une fois la saisie terminée, le contour peut être ajusté à l'aide de la souris : Cliquer sur le point du contour à déplacer et sans lâcher le bouton déplacer la souris pour caler le point sur une nouvelle position. Pendant le déplacement, les deux traits modifiés sont affichés en pointillés, ils s'affichent à nouveau en trait plein lorsque l'on relâche le bouton de la souris.

Nota : Il n'est pas possible de rajouter ou de supprimer des points.

7.3.2.4.4. *Modifier la forme en utilisant le clavier*

Les coordonnées peuvent également être modifiées directement dans le tableau en utilisant le clavier. Le dessin est automatiquement mis à jour dès que l'on sort de la case où l'on a modifié la valeur.

Nota : Il est possible de se positionner sur les coordonnées d'un point particulier dans le tableau, en cliquant **rapidement** sur le point correspondant dans le dessin. (le cliquage prolongé permet, lui, de déplacer le point). Le point est alors sélectionné dans le tableau.

7.3.2.4.5. *Saisir une forme de conduite voisine d'une forme déjà en bibliothèque*

CANOE offre la possibilité d'utiliser une conduite déjà saisie dans la bibliothèque comme modèle pour une nouvelle saisie.

La liste des conduites existant dans la bibliothèque du même type ("ouverte" ou "fermée") que la conduite en cours de saisie permet à l'utilisateur de sélectionner une conduite. La forme de la conduite sélectionnée apparaît dans le cadre situé sous la liste. Pour transférer cette forme dans la grille de saisie, il faut cliquer avec la clé gauche de la souris à l'intérieur du dessin de

la conduite à transférer. Cette action entraîne la transformation du curseur de la souris . Il suffit alors de déplacer le curseur vers la grille de saisie sans lâcher la clé. Le dessin de la conduite s'affiche sur la grille de saisie. Les coordonnées correspondantes sont affichées dans le tableau.

Nota - Gestion des échelles : par défaut, la conduite dessinée dans la grille de saisie se déduit de la conduite sélectionnée, par une homothétie qui suppose que la hauteur de la conduite nouvelle est égale à la hauteur de la grille de saisie (rappelée dans la case "hauteur" (le logiciel adapte la taille de la grille à la hauteur de la conduite). Si la hauteur de la conduite est différente de la hauteur de la grille, il suffit d'indiquer quelle est sa hauteur réelle dans la case de saisie de la hauteur avant de transférer le modèle de conduite.

L'utilisateur peut modifier le contour de la conduite en déplaçant les points du contour. Voir §7.3.2.4.3. et 7.3.2.4.4.

7.3.2.5. Validation de la saisie

La dernière fenêtre récapitule tous les paramètres de la conduite et dessine son contour.

Dans la barre d'état, une case rappelle le nom de la bibliothèque courante.

Deux boutons de commande sont disponibles :

- Valider : permet d'enregistrer la conduite saisie dans la bibliothèque courante.

Nota : Tant que ce bouton n'a pas été cliqué, la conduite n'est pas sauvegardée.

- Icône "Imprimer" : permet d'imprimer la fiche de la conduite qui vient d'être saisie.

Si on choisit de cliquer sur *Retour* dans le menu sans avoir cliqué auparavant sur *Valider*, le logiciel revient à la fenêtre initiale en cas de sélection ou au menu initial en cas de création **sans avoir enregistré la forme de la conduite.**

7.3.3. Mettre à jour, éditer ou effacer une forme de conduite

L'édition des données décrivant une forme de conduite se lance depuis la barre de menu de la fenêtre de gestion des formes de conduites par les commandes :

Edition conduite

Sélection conduite

La commande ouvre alors une première fenêtre permettant de sélectionner la conduite dans une liste déroulante et récapitulant les caractéristiques de la conduite sélectionnée. Cette fenêtre offre les possibilités suivantes :

- Effacer la conduite : appuyer sur le bouton "*Détruire*"; le logiciel demande une confirmation.
- Imprimer une fiche récapitulative sur la conduite : appuyer sur l'icône 
- Recalculer les approximations : utiliser la commande correspondante dans le menu "*Utilitaires*"; ce calcul est indispensable pour certaines anciennes bibliothèques de CANOE (construites antérieurement à la version 1.4)
- Modifier la conduite : utiliser la commande "*Modifier*" qui ouvre dans l'ordre toutes les fenêtres de saisie (voir § ci-dessus).

7.4. Imprimer un catalogue de formes de conduites

Cette fonction permet l'impression de différentes fiches récapitulatives sur les conduites de la bibliothèque. Elle est accessible depuis l'applicatif de *Gestion des bibliothèques de conduites* par les commandes :

Bibliothèque
Imprimer catalogue

Elle permet d'imprimer les données des conduites sous forme de fiches (une fiche par conduite) ou de tableau (toutes les conduites). Elle ouvre la fenêtre d'édition d'un catalogue conduites.

7.4.1. Impression des fiches de conduites

a) Sélectionner la plage des conduites à éditer

Les flèches permettent de se placer rapidement :

au début de la liste pour la première liste (première conduite),

au début ou à la fin de la liste ou à la même conduite que celle sélectionnée dans la première liste, pour la deuxième liste.

b) Cliquer sur le bouton de commande *Impression détaillée* pour imprimer.

7.4.2. Impression des tableaux de données des conduites

Sélectionner *Tableau de conduites* dans le menu *Imprimer* ou cliquer sur l'icône  pour afficher le tableau des conduites à l'écran. Sélectionner les pages à imprimer et cliquer sur

l'icône  pour imprimer.

7.5. Exporter les fichiers de conduites sous forme de fichiers ASCII

Ce module permet de transférer les données des conduites saisies sous CANOE, dans des fichiers ASCII de même format que les fichiers exportés de CEDRE.

Utilisation



- 1) Cliquer sur l'icône  du gestionnaire de programmes.
- 2) Dans la fenêtre *Utilitaires*, cliquer sur le bouton de commande *Exportation*
- 3)
 - a) Sélectionner dans la fenêtre de dialogue, le répertoire et le nom du fichier contenant la bibliothèque conduites dont on veut transférer les données.
 - b) Cliquer sur  pour valider ce choix. Le nom du fichier et son chemin d'accès doivent être affichés dans le premier champ de saisie.
 - c) Sélectionner de la même façon le répertoire de sauvegarde des fichiers ASCII qui vont être créés.
 - d) Cliquer sur  pour valider ce choix. Le chemin d'accès doit être affiché dans le deuxième champ de saisie
 - e) Sélectionner le type d'objet à exporter en cliquant sur le bouton de commande *Exporter Conduites CEDRE*.
 - f) Lancer l'exportation en cliquant sur *Exporter*.
- 4) Lorsque le message *Exportation des données terminée* s'affiche, les fichiers ASCII ont été créés dans le répertoire de sauvegarde.

Ce sont les fichiers suivants :

Fifocana.asc	contient les données hydrauliques
Fidocana.asc	contient les données forme des conduites
Fiidcana.asc	contient les données identificateurs : nom, code famille
Ficocana.asc	contient les données coûts des conduites

Ces fichiers ont les formats suivants (même format que ceux de CEDRE).

Les données d'un même enregistrement sont séparées par une virgule.

Fichier FIIDCANA.asc (Fichier des identificateurs)

Le fichier contient la séquence suivante: autant de fois qu'il y a de conduites saisies dans la bibliothèque de conduites

n° conduite, nom conduite, n° code famille de la conduite

Fichier FIFOCANA.asc (Fichier des formes)

Le fichier contient la séquence suivante autant de fois qu'il y a de conduites saisies dans la bibliothèque de conduites

n° conduite, nombre de triplets de définition de la forme de la conduite

par triplet

hauteur (m) , distance bord gauche de l'axe (m), distance bord droit de l'axe (m)

Fichier FIDOCANA.asc (Fichier des données hydrauliques)

Le fichier contient la séquence suivante autant de fois qu'il y a de conduites saisies dans la bibliothèque de conduites:

- n° conduite, hauteur (m), H1 (m), surface mouillée (m²), S3 (m²), rayon hydraulique (m), Q8 (m³/s), D9 (m³/s), rugosité (m)

- 32 valeurs nulles

avec H1 hauteur correspondant au débit max à surface libre

S3 surface mouillée correspondant au débit max à surface libre

Q8 débit maximum à surface libre

D9 débitance

H hauteur d'eau

Q débit

S surface mouillée

V vitesse de l'eau

Rh rayon hydraulique

Hc hauteur critique

Fichier FIOCANA.asc (Fichier des coûts)

Le fichier contient la séquence suivante autant de fois qu'il y a de conduites saisies dans la bibliothèque de conduites :

n° conduite, libellé court, code, largeur minimum (m), profondeur minimum (m), coût linéaire (F)

avec code = code d'utilisation en réseau neuf

Le menu *Edition* comporte deux commandes :

Création conduite permet de créer une nouvelle conduite dans la bibliothèque courante ou de mettre à jour les données d'une conduite déjà saisie.

Sélection conduite permet de sélectionner une conduite existante pour mettre à jour ses données, les consulter ou pour supprimer cette conduite de la bibliothèque courante. La fenêtre qui apparaît comporte la liste déroulante des formes de conduite existantes. Une fiche récapitule tous les paramètres de la conduite sélectionnée et dessine son contour .

Si on souhaite mettre à jour les données, il faut cliquer le bouton de commande *Modifier*, si on veut supprimer cette conduite, il faut cliquer sur le bouton *Détruire*. Une confirmation est alors demandée.

La saisie d'une forme de conduite consiste à saisir :

- les données de base
- les données projet.
- les données géométriques

7.6. Importer des formes de conduites

Les formes de conduites peuvent être importées dans CANOE (voir §4.3.4.). Les données doivent être préalablement stockées dans un fichier ASCII en respectant le format suivant (voir en annexe un exemple de fichier).

Format d'un enregistrement Conduite

- nom (34 caractères)
- nombre de points (entier)
- forme (n points de coordonnées (x,y))
- libellé court (6 caractères)
- type conduite (entier), = 7 (on importe que les "conduites fermées quelconques")
- code famille (24 caractères), optionnel
- matériau (entier), optionnel
- coût linéaire (réel) en franc
- utilisable en neuf (booléen 1 ou 0)
- profondeur mini (réel) en m
- largeur mini (réel) en m
- rugosité (entier) Strickler

Remarques : Marque de fin de fichier @@@fin .

Caractère de séparation entre les champs : saut de ligne ASCII .

Pour les champs optionnels (sauter une ligne pour ne pas renseigner)

N.B. : Le caractère (") ne doit pas apparaître dans le champ "nom" .

Le champ "nom" doit être entouré par le caractère (") .

8. Réaliser une simulation

Les simulations s'effectuent dans un applicatif spécifique. Cet applicatif est accessible depuis la fenêtre principale de CANOE par le menu :

Applicatifs
Simulations hydrologique/hydraulique

Ou en utilisant l'icône :



La commande ouvre une fenêtre de travail représentant une vue en plan du réseau du projet courant et proposant le menu général suivant :

Projet
Nouveau
Ouvrir
Enregistrer
Enregistrer sous
Caractéristiques
Paramètres du ruissellement
Autre applicatif
Configuration de l'Impression
Fermer

Paramètres
Paramètres généraux/Choix de la pluie
Paramètres Muskingum
Paramètres Barré de Saint Venant
Paramètres de simulation
Paramètres régulateurs
Conditions initiales
Paramètres qualité
Définition de produits et des classes
Répartition des produits par classe
Production
Paramètres des bassins de retenue
Transfert
Conditions initiales
Mode de stockage des résultats
Stockage des chroniques
Analyse du milieu

Simulation
Simulation BSV
Simulation Simple
Simulation hydrologique
Simulation qualité

Simulations enchaînées
Edition
Sélection

Simulation

Bilan

Résultats

Histogrammes

Comparaison histogrammes

Tableaux

Bilans vue en plan

Tronçons témoins

Evolution vue en plan

Ligne eau

Débordement vue en plan

Régulateurs

Analyse statistique

Paramètres rivières

Analyse rivière

Analyse

Information sur la cohérence du projet

Information sur la simulation BSV

Dessin des anomalies BSV

Diagnostic instabilités BSV

Contrôle réseau

Affichage

Vue globale

Zoom

Vue précédente

Vue rapprochée

Vue éloignée

Redessine

Nom des nœuds

Nom des tronçons

Nom des bassins versants

Nombre des caractères affichés

Affichage rapide

Affichage sans bassin versant

Affichage Parcours de l'eau

Définition vue mémorisée

Echelle graduelle

Outils

Sélectionner un fond de plan

Active/ désactive le fond de plan

Profil simplifié

Presse-papiers

Exportation DXF

Utilitaires

Débordement

Débordement sur chaque nœud

Débordement sur les nœuds amont

Débordement sur les bassins versants

Enlever tous les points de débordement
Translation de coordonnées
Compatibilité
Vérifier les ouvrages spéciaux
Vérifier la position des chutes
Activer les pompes régulées ancien projet
Débit minimum BSV des tronçons
Débit minimum BSV des composantes

Ensemblement

Regroupement

Aide

Cet applicatif permet d'effectuer différents types de simulation du réseau décrit dans le projet courant.

- simulation hydrologique,
- simulation simplifiée hydrologique et hydraulique,
- simulation par Barré de Saint Venant,
- simulation qualité.

8.1. Simuler uniquement la transformation pluie-débit sur les bassins versants

Cette option permet d'obtenir rapidement les hydrogrammes à l'exutoire des différents bassins versants pour une pluie particulière.

8.1.1. Choix de la pluie et des caractéristiques générales de la simulation

La première chose à faire consiste à choisir la pluie à simuler et à définir les caractéristiques générales de la simulation. Pour ceci, utiliser les commandes suivantes du menu :

Paramètres

Paramètre généraux / Choix des pluies

Cette commande ouvre une fenêtre de saisie spécifique.

8.1.1.1. Sélection de la pluie

Dans un premier temps, il faut cocher le type de pluie à simuler. Cinq types d'entrée sont disponibles :

- pluie ponctuelle,
- événement pluvieux (3D),
- chronique,
- chronique 3D,
- aucune pluie.

Tous les choix sont possibles, mais seuls les deux premiers permettront d'obtenir des résultats spécifiques dans le cas de la réalisation d'une simulation hydrologique. La sélection "*Aucune pluie*" permet de visualiser les débits de temps sec (sur les bassins versants pour lesquels un hydrogramme d'eau usée journalier a été défini). Chacun des choix modifie spécifiquement la fenêtre de saisie.

Attention : La sélection d'une chronique de pluies est possible à cette étape du traitement, mais la version 1.7b ne permet pas d'exploiter les résultats (seule l'exploitation par tronçon est possible). Ce choix ne présente donc aucun intérêt pour ce type de simulation.

8.1.1.1.1. Cas d'une pluie ponctuelle

Une case à cocher permet de préciser s'il s'agit d'une pluie réelle, double triangle symétrique ou double triangle non symétrique. Le logiciel indique dans un menu déroulant la liste des pluies de la bibliothèque du type de celui choisi.

La pluie sélectionnée est dessinée à l'écran. Ses caractéristiques sont également rappelées.

8.1.1.1.2. Cas d'une pluie 3D

Choisir la pluie à simuler dans la liste des pluies 3D (événements pluvieux). Les caractéristiques de la pluie 3D sélectionnées s'affichent à l'écran.

Pour visualiser les pluies 3D, utiliser la case à cocher "*Visualiser les pluies 3D*" en bas de l'écran. Les hauteurs totales précipitées dans chacune des cases du quadrillage sont visualisées par un code de couleur.

Attention, cette option peut être coûteuse en temps calcul et en temps d'affichage.

Il est possible de changer les positions relatives de la pluie et du réseau à simuler. Voir à ce sujet le paragraphe 8.1.2.

8.1.1.2. Définition des caractéristiques générales de la simulation

- case à cocher « Date et heures définies » : En cochant cette case, il est possible de préciser les heures de début et de fin d'une simulation. Ceci peut être important dans le cas de bassins versants produisant un débit d'eaux usées variable selon l'heure de la journée. Si la pluie sélectionnée est une pluie réelle datée, l'heure et la date du début de la pluie sont affichées par défaut. Si l'une des options *Aucune pluie* ou *Pluie de projet* est sélectionnée ou si la pluie réelle n'est pas datée, la date de simulation par défaut est 01/01/1900, l'heure de début de simulation par défaut est 00h00. Dans ce dernier cas l'utilisateur peut ne modifier que l'heure. Si la date reste 01/01/1900, le calage dans le temps des histogrammes et hydrogrammes d'eaux usées se fera uniquement par rapport à l'heure. Si la date de simulation est différente de cette valeur, le calage dans le temps des histogrammes et hydrogrammes d'eaux usées se fera en tenant compte de la date et de l'heure. L'affectation automatique de la date et de l'heure de la pluie (quand il s'agit d'une pluie réelle datée) est possible en appuyant sur l'icône baguette magique :



- Durée de simulation et pas de temps de discrétisation des histogrammes entrants : La durée de simulation doit être choisie en fonction de la durée de la pluie à simuler (en théorie en ajoutant à cette durée un temps au moins égal au temps de concentration du bassin versant. L'affectation automatique de la date et l'heure de la pluie est possible en appuyant sur l'icône baguette magique :



Le pas de temps de calcul de la simulation est pris égal à celui de la pluie et la durée de la simulation est calculée en fonction de celle de la pluie et de la longueur de la diagonale du rectangle obtenu entre les x et y mini et les x et y maxi du projet. Si des valeurs avaient été précédemment entrées, le logiciel conserve ces anciennes valeurs au moment du changement de pluies. La baguette magique permet d'affecter les valeurs liées à la nouvelle pluie.

Attention : Le nombre de pas de temps de calcul est égal à la durée de simulation divisée par la valeur du pas de temps. Dans la version 1.7, le nombre de pas de temps a été limité à 1440 (soit 24 heures avec un pas de temps de 1 minute). Si vous souhaitez effectuer une simulation comportant un nombre plus important de pas de temps voir l'option "simuler une chronologies de pluies". Voir 8.2.1.1.3.

Appuyer sur la touche "valider" pour valider en même temps le choix de la pluie et celui des caractéristiques générales de la simulation.

8.1.2. **Déplacement éventuel de la pluie 3D**

Si on a choisi un événement pluvieux (pluie 3D), le quadrillage associé à cette pluie est affiché sur l'écran en superposition avec le plan du réseau à simuler lorsque l'on revient à l'écran principal de simulation. Il est possible de déplacer cette pluie relativement aux bassins versants à simuler.

Nota : les seuls déplacements possibles sont des translations (rotations impossibles).

En appuyant sur le bouton "X,Y Pluie 3D", on fait apparaître une fenêtre rappelant la position d'origine du quadrillage. Le déplacement du quadrillage est alors possible soit au clavier, soit à l'aide de la souris :

- au clavier : taper les nouvelles coordonnées désirées pour l'origine et valider.
- à la souris : cliquer sur le bouton "*Souris*", la fenêtre disparaît. La saisie de la nouvelle position peut alors se faire en cliquant sur un point quelconque du plan.

Un contrôle est effectué sur le positionnement du quadrillage avant toute simulation. Tous les nœuds exutoires des bassins versants doivent être à l'intérieur du quadrillage (une marge d'une ligne et d'une colonne en dehors du quadrillage est tolérée).

Le bouton "*X,Y Pluie 3D*" disparaît après chaque simulation, il apparaît en sélectionnant à nouveau la pluie 3D.

- Pour ramener l'événement 3D à sa position d'origine : revenir dans l'écran de sélection des pluies par les commandes :

Paramètres

Paramètre généraux / Choix des pluies

Puis cocher la case "revenir à la position initiale de la pluie 3D" (en bas de l'écran) et valider.

8.1.3. Lancement de la simulation hydrologique

Une fois la pluie et les caractéristiques générales définies, la simulation hydrologique se lance directement depuis le menu en utilisant la commande :

Simulation

Simulation hydrologique

Aucun autre paramétrage n'est nécessaire. Les hydrogrammes d'eau usée et/ou d'eau pluviale ainsi que leur cumul sont calculés à l'exutoire des bassins versants.

8.1.4. Exploitation des résultats

Les seuls résultats exploitables avec ce type de simulation sont la visualisation des hydrogrammes à l'exutoire des bassins versants (Voir le chapitre 9).

8.2. Simuler le fonctionnement hydraulique d'un système d'assainissement en utilisant le modèle Muskingum

Cette option permet d'obtenir les hydrogrammes à n'importe quel point du réseau, pour une pluie particulière ou pour une chronique de pluies. La simulation ne tient pas compte des conditions hydrauliques réelles qui se produisent dans le réseau.

8.2.1. Choix de la pluie et des caractéristiques générales de la simulation

La première chose à faire consiste à choisir la pluie à simuler et à définir les caractéristiques générales de la simulation. Pour ceci, utiliser les commandes suivantes du menu :

Paramètres

Paramètre généraux / Choix des pluies

Cette commande ouvre une fenêtre de saisie spécifique.

8.2.1.1. Sélection de la pluie

Dans un premier temps, il faut cocher le type de pluie à simuler. Cinq types d'entrée sont disponibles :

- pluie ponctuelle,
- événement pluvieux (3D),
- chronique,
- chronique 3D,
- aucune pluie.

Tous les choix sont possibles. Chacun des choix modifie spécifiquement la fenêtre de saisie. Les résultats exploitables seront cependant différents dans le cas d'un événement isolé et dans celui d'une chronique ; voir à ce sujet le chapitre 9.

8.2.1.1.1. Cas d'une pluie ponctuelle

Une case à cocher permet de préciser s'il s'agit d'une pluie réelle, double triangle symétrique ou double triangle non symétrique. Le logiciel indique dans un menu déroulant la liste des pluies de la bibliothèque du type de celui choisi.

La pluie sélectionnée est dessinée à l'écran. Ses caractéristiques sont également rappelées.

8.2.1.1.2. Cas d'une pluie 3D

Choisir la pluie à simuler dans la liste des pluies 3D (événements pluvieux). Les caractéristiques de la pluie 3D sélectionnée s'affichent à l'écran.

Pour visualiser les pluies 3D, utiliser la case à cocher "*Visualiser les pluies 3D*" en bas de l'écran. Les hauteurs totales précipitées dans chacune des cases du quadrillage sont visualisées par un code de couleur.

Attention, cette option peut être coûteuse en temps calcul et en temps d'affichage.

Il est possible de changer les positions relatives de la pluie et du réseau à simuler. Voir à ce sujet le paragraphe 8.2.2.

8.2.1.1.3. Cas d'une chronique de pluies

Sélectionner la chronique de pluies à simuler dans la liste. Les données à saisir sont les mêmes qu'il s'agisse d'une chronique de pluies ponctuelles ou d'une chronique de pluies 3D :

- Durée de temps sec à simuler avant chaque pluie (min) : choisir une valeur permettant d'atteindre une condition initiale stable pour les eaux usées. Cette valeur n'est pas modifiable si l'option « simulation continue » est choisie.
- Durée de simulation après chaque pluie (min) : choisir une valeur suffisante pour que les conditions hydrauliques redeviennent voisines de celles du temps sec entre chaque simulation.
- Pas de temps de discrétisation des entrées (min) : choisir une valeur du même ordre de grandeur que le pas de temps de discrétisation des pluies.
- Case à cocher « simulation continue » : Cocher cette case pour effectuer une simulation continue, tenant compte des périodes de temps sec entre les pluies. Cette case est cochée par défaut pour une chronique de pluies créée avec l'option « *Chronique pour simulation continue* ». Si l'option « *Simulation continue est choisie* », le temps de simulation avant chacune des pluies est affiché égal à 0 et non modifiable.

Le nombre de pluies que contient la chronique est rappelé dans un champ non modifiable.

Le tableau ci-dessous rappelle les règles d'injection des hydrogrammes définis comme hydrogrammes à injecter, en fonction des dates et heures respectives de la simulation et du type de l'histogramme.

	Simu chronique continue	Simu chronique non continue Pluie datée	Simu chronique non continue Pluie non datée
Hydrogramme daté	Injecté	Injecté	non injecté
Hydrogramme non daté	Non injecté	Non injecté	Injecté
Journalier	Injecté	Injecté	Injecté
Journalier constant	Injecté	Injecté	Injecté

Remarque

Une simulation continue correspond à la simulation successive de pluies datées. Le début de la simulation correspond au début de la pluie et un hydrogramme daté d'eau pluviale est injecté si la période de simulation correspond à la date de l'hydrogramme.

Une simulation non continue correspond à la simulation successive de pluies datées ou non datées

- si la pluie est datée, la simulation est datée. Un hydrogramme daté d'eau pluviale est injecté si la période de simulation correspond à la date de l'hydrogramme
- si la pluie n'est pas datée, la simulation est non datée et considérée comme commençant à 0h. Les hydrogramme non datés ou journaliers sont injectés au début de la simulation

Règles prises en compte pour la simulation de chacune des pluies dans le cas d'une simulation continue

L'hypothèse de départ est que l'on revient à un fonctionnement conforme à celui de temps sec après une période sans pluie égale à une durée fixe (10 heures dans la version 1.8). On considère qu'après ce temps on retrouve les valeurs initiales d'infiltration et de pertes initiales sur les bassins versants et que le réseau ne contient plus d'eaux pluviales

Si la durée entre la fin de la pluie i et le début de la pluie $i+1$ est inférieure à la durée de temps sec, la pluie i sera simulée jusqu'au début de la pluie $i+1$ et la pluie $i+1$ sera simulée avec reprise des résultats finaux de la pluie précédente. Les valeurs initiales de débit à l'exutoire de chaque bassin versant et dans les tronçons sont les valeurs au dernier pas de temps de la simulation précédente. Les valeurs d'infiltration initiales et de pertes initiales sont les valeurs calculées à partir des valeurs initiales en fonction du

temps sec. Ce temps sec est calculé en faisant la somme du temps entre les deux pluies pendant lequel la hauteur d'eau précipitée est restée toujours inférieure à un seuil (3 mm dans la version actuelle). Si le temps sec est supérieur à 10 heures, les valeurs sont les valeurs initiales. Voir le détail des calculs en annexe spécifique - §16.1. Si la simulation est une simulation qualité, la valeur initiale de la concentration en chacun des nœuds du réseau est la valeur de la concentration au dernier pas de temps de la simulation précédente.

Si la durée entre la fin de la pluie i et le début de la pluie $i+1$ est supérieure à la durée de temps sec, la durée de simulation de la pluie i sera de la durée de la pluie et le début de la simulation de la pluie $i+1$ sera celui de la pluie. Les valeurs initiales de débit à l'exutoire de chaque bassin versant et dans les tronçons sont les valeurs de temps sec à l'heure de début de la pluie. Les valeurs d'infiltration et de pertes initiales sont les valeurs calculées à partir des valeurs initiales en fonction du temps sec. Ce temps sec est calculé en faisant la somme du temps entre les deux pluies pendant lequel la hauteur d'eau précipitée est restée toujours inférieure à un seuil (3 mm dans la version actuelle). Si le temps sec est supérieur à 10 heures, les valeurs sont les valeurs initiales. Voir le détail des calculs en annexe spécifique - §16.1.

Si la simulation est une simulation qualité, la valeur initiale de la concentration en chacun des nœuds du réseau est la concentration initiale en chacun des nœuds.

Règles de simulation du temps sec : En pratique, les périodes de temps sec ne sont pas simulées individuellement, mais sont extraites des résultats d'une journée type. ce fonctionnement type de temps sec est obtenu en simulant une journée complète de temps sec précédée d'une durée suffisante pour permettre l'établissement d'un état permanent. Cette simulation est effectuée avec un pas de temps de 6 minutes.

8.2.1.2. Définition des caractéristiques générales de la simulation

Si la pluie à simuler est une pluie isolée, ou si on ne souhaite pas sélectionner de pluies, il est nécessaire de saisir les données supplémentaires suivantes :

- case à cocher "Date et heures définies" : En cochant cette case, il est possible de préciser les heures de début et de fin d'une simulation. Ceci peut être important dans le cas de bassins versants produisant un débit d'eaux usées variable selon l'heure de la journée. Si la pluie sélectionnée est une pluie réelle datée, l'heure et la date du début de la pluie sont affichées par défaut. Si l'une des options *Aucune pluie* ou *Pluie de projet* est sélectionnée ou si la pluie réelle n'est pas datée, la date de simulation par défaut est 01/01/1900, l'heure de début de simulation par défaut est 00h00. Dans ce dernier cas l'utilisateur peut ne modifier que l'heure. Si la date reste 01/01/1900, le calage dans le temps des histogrammes et hydrogrammes d'eaux usées se fera uniquement par rapport à l'heure. Si la date de simulation est différente de cette valeur, le calage dans le temps des histogrammes et hydrogrammes d'eaux usées se fera en tenant compte de la date et de l'heure. Si les hydrogrammes ne sont pas datés, ils sont injectés aux nœuds auxquels ils sont affectés au début de la simulation, qu'elle soit datée ou non. L'affectation automatique de la date et de l'heure de la pluie (quand il s'agit d'une pluie réelle datée) est possible en appuyant sur l'icône baguette magique :



- Durée de simulation et pas de temps de discrétisation des histogrammes entrants : La durée de simulation doit être choisie en fonction de la durée de la pluie à simuler et de la longueur de la diagonale du rectangle obtenu entre les x et y mini et les x et y maxi du projet (en théorie en ajoutant à cette durée un temps au moins égal au temps de

concentration du bassin versant). L'affectation automatique de la date et l'heure de la pluie est possible en appuyant sur l'icône baguette magique :



Le pas de temps de calcul de la simulation est pris égal à celui de la pluie et la durée de la simulation est calculée en fonction de celle de la pluie. Si des valeurs avaient été précédemment entrées, le logiciel conserve ces anciennes valeurs au moment du changement de pluies. La baguette magique permet d'affecter les valeurs liées à la nouvelle pluie.

- Durée de présimulation (en heure) : c'est la durée de temps sec à simuler avant le début de la simulation proprement dite : choisir une valeur permettant d'atteindre une condition initiale stable pour les eaux usées.

Attention : Le nombre de pas de temps de calcul est égal à la durée de simulation divisée par la valeur du pas de temps. Dans la version 1.7, le nombre de pas de temps a été limité à 1440 (soit 24 heures avec un pas de temps de 1 minute). Si vous souhaitez effectuer une simulation comportant un nombre plus important de pas de temps voir l'option "simuler une chronologie de pluies" Voir §8.2.1.1.3..

Appuyer sur la touche "Valider" pour valider en même temps le choix de la pluie et celui des caractéristiques générales de la simulation.

8.2.2. Déplacement éventuel de la pluie 3D

Si on a choisi un événement pluvieux (pluie 3D), le quadrillage associé à cette pluie est affiché sur l'écran en superposition avec le plan du réseau à simuler lorsque l'on revient à l'écran principal de simulation. Il est possible de déplacer cette pluie relativement aux bassins versants à simuler.

Nota : les seuls déplacements possibles sont des translations (rotations impossibles).

En appuyant sur le bouton "X,Y Pluie 3D", on fait apparaître une fenêtre rappelant la position d'origine du quadrillage. Le déplacement du quadrillage est alors possible soit au clavier, soit à l'aide de la souris :

- au clavier : taper les nouvelles coordonnées désirées pour l'origine et valider.
- à la souris : cliquer sur le bouton "Souris", la fenêtre disparaît. La saisie de la nouvelle position peut alors se faire en cliquant sur un point quelconque du plan.

Un contrôle est effectué sur le positionnement du quadrillage avant toute simulation. Tous les nœuds exutoires des bassins versants doivent être à l'intérieur du quadrillage (une marge d'une ligne et d'une colonne en dehors du quadrillage est tolérée).

Le bouton "X,Y Pluie 3D" disparaît après chaque simulation, il apparaît en sélectionnant à nouveau la pluie 3D.

- Pour ramener l'événement 3D à sa position d'origine : revenir dans l'écran de sélection des pluies par les commandes :

Paramètres

Paramètre généraux / Choix des pluies

Puis cocher la case "Revenir à la position initiale de la pluie 3D" (en bas de l'écran) et valider.

8.2.3. Conservation des résultats

8.2.3.1. Cas de la simulation d'une pluie unique

Dans le cas de la simulation d'une pluie unique (ponctuelle ou 3D) ou de temps sec (choix : aucune pluie), les résultats calculés sont conservés à l'amont et à l'aval de chacun des tronçons du réseau.

8.2.3.2. Sélection des résultats à conserver dans le cas d'une chronique de pluies

Dans le cas où l'on veut simuler une chronique de pluies, la quantité de résultats produits (hydrogrammes, hyétogrammes et évolution de la ligne d'eau en tout point de calcul pour toutes les pluies) devient vite extrêmement importante. Pour éviter de saturer trop vite la mémoire disponible sur le disque, il est conseillé de ne stocker que les résultats réellement utiles. Les principes utilisés par CANOE sont les suivants :

- les valeurs maximum des débit, de hauteur et de vitesse, ainsi que le volume transité sont systématiquement conservés pour toutes les pluies, sur tous les tronçons ;
- aucun histogramme n'est conservé à l'amont des tronçons, aux points de calcul internes aux tronçons ou dans les ouvrages spéciaux ;
- aucun hydrogramme n'est conservé sur les bassins versants ;
- les résultats sont automatiquement conservés à l'aval de tous les tronçons exutoires et des tronçons associés à un capteur si les boutons correspondants sont cochés.
- l'utilisateur choisit les tronçons à l'aval desquels il souhaite conserver les hydrogrammes.

Pour sélectionner les tronçons à l'aval desquels les hydrogrammes doivent être conservés, utiliser la commande :

*Paramètres
Stockage des chroniques*

Cette commande ouvre une fenêtre contenant la liste des tronçons du réseau.

- Pour sélectionner ou désélectionner un tronçon : cliquer avec la souris dans la case hydrogrammes ; les tronçons sélectionnés sont repérés par un symbole $\sqrt{\text{rouge}}$.
- Pour désélectionner en même temps tous les tronçons : appuyer sur le bouton "*Tout désélectionner*".
- Pour revenir à la situation initiale : appuyer sur le bouton "*Initialiser*".

Il est également possible de :

- définir une valeur minimum en dessous de laquelle les débits ne seront pas conservés en utilisant le champ de saisie "*Valeur de seuil du débit à étudier*".
- De choisir une valeur de filtre sur les débits en cochant la case correspondante

Le filtre peut être :

la valeur du débit au pas de temps 0

une valeur choisie par l'utilisateur

la plus petite de ces valeurs si les 2 cases sont cochées.

Cette valeur de filtre sera utilisée lors du calcul du volume total transité. Le volume correspondant à un pas de temps est nul si le débit est inférieur à cette valeur. Les débits conservés pour éditer les résultats sont les débits réels calculés.

Nota : Il est indispensable de valider en appuyant sur la touche "Valider" avant de fermer la fenêtre.

8.2.4. Paramétrage du modèle MUSKINGUM

La commande :

Paramètres
Paramètres Muskingum

permet de définir les paramètres qui seront utilisés par la simulation simple. La fenêtre ouverte rappelle les données choisies pour la simulation (en grisé) : pas de temps de calcul, nombre de pas de temps, durée de la simulation (en heures); vitesse moyenne de propagation.

L'utilisateur a le choix entre deux options pour représenter les mises en charge : avec ou sans écrêtement.

Le choix *Avec écrêtement* permet de limiter le débit à l'aval à la capacité de la conduite à surface libre.

Le choix *Sans écrêtement* permet de propager l'hydrogramme sans tenir compte d'un éventuel écrêtement dû à une mise en charge ou à un débordement (comme si la capacité de la conduite était suffisante pour fonctionner à surface libre avec le débit se présentant à l'amont).

Si les pentes et les types de conduites sont connues et que le réseau se mette en charge alors :

- le choix *Sans écrêtement* fournira un majorant des débits maximum
- le choix *Sans écrêtement* fournira un minorant des débits maximum

L'utilisateur peut imposer une vitesse de propagation dans le réseau. Il faut pour cela cocher la case *Vitesse de propagation imposée* et saisir la valeur de la vitesse dans le cadre affiché.

8.2.5. Lancement de la simulation

Une fois la pluie et les caractéristiques générales définies, la simulation hydrologique se lance depuis le menu en utilisant la commande :

Simulation
Simulation simple

8.2.6. Exploitation des résultats

Les résultats exploitables avec ce type de simulation dépendent du type d'entrée (pluies isolées ou chroniques de pluies). Voir le chapitre 9.

Si la simulation n'a pas été faite pour toutes les pluies d'une chronique, rechercher le nom de la dernière pluie simulée (donc vraisemblablement celle qui a posé un problème), dans le fichier *Pluiesim.txt* sous la racine de CANOE.

8.3. *Simuler le fonctionnement hydraulique d'un système d'assainissement en utilisant le modèle Barré de Saint Venant*

Cette option permet d'obtenir les hydrogrammes à n'importe quel point du réseau, pour une pluie particulière ou pour une chronique de pluies. La simulation tient compte des conditions hydrauliques réelles existant dans le réseau.

8.3.1. Choix de la pluie et des caractéristiques générales de la simulation

Procéder comme pour une simulation avec le modèle Muskingum. Voir le § 8.2.1 : "Choix de la pluies et des caractéristiques générales dans le cas d'une simulation avec le modèle Muskingum".

8.3.2. Déplacement éventuel de la pluie 3D

Procéder comme pour une simulation avec le modèle Muskingum. Voir le § 8.2.2 : "Déplacement éventuel de la pluie 3D dans le cas d'une simulation avec le modèle Muskingum".

8.3.3. Conservation des résultats

Procéder comme pour une simulation avec le modèle Muskingum. Voir le § 8.2.3 : "Conservation des résultats dans le cas d'une simulation avec le modèle Muskingum".

8.3.4. Paramétrage du modèle Barré de Saint Venant

La commande :

Paramètres
Paramètres Barré de St Venant

permet de définir les paramètres qui seront utilisés par la simulation.

Nota : Il n'est pas indispensable d'agir sur ces paramètres. Le logiciel retiendra des valeurs par défaut lors de la première simulation et conservera les valeurs utilisées pour toute simulation ultérieure. Il peut cependant être utile d'aller les modifier pour améliorer la stabilité du modèle ou pour accélérer les calculs.

Le menu donne accès à deux types de paramètres :

- les paramètres de simulation,
- les conditions initiales,
- les paramètres régulateurs.

8.3.4.1. Paramètres de simulation

8.3.4.1.1. *Pas d'espace*

Le programme divise automatiquement les conduites en tronçons de calcul. Ces tronçons, et les points de calculs correspondants constituent le maillage de la discrétisation et de la résolution numérique (le Δx des équations). Le pas d'espace constitue la distance maximale entre deux points de calcul consécutifs. Plus ce pas est court, plus la ligne d'eau pourra être tracée de façon fine et plus le nombre de points de calcul (donc le temps de calcul) sera important.

Normalement, le schéma numérique est stable quel que soit le pas d'espace. En pratique, si les valeurs de pas de temps et de pas d'espace ne sont pas homogènes, des instabilités peuvent apparaître. Une règle empirique simple est que la valeur du pas de temps exprimée en secondes doit être voisine de la valeur du pas d'espace exprimée en mètres. Une distance comprise entre 20 et 100 mètres est généralement convenable. La valeur par défaut est de 30 mètres.

8.3.4.1.2. *Pas de temps de simulation*

La conception itérative de la méthode de calcul du programme assure théoriquement la stabilité et la justesse des résultats quelle que soit la valeur du pas de temps. Cependant, la méthode de calcul utilisée est une méthode de différences finies et la précision du calcul est d'autant meilleure que les termes différentiels (ΔY , ΔQ) qui sont respectivement les variations de cote de ligne d'eau et les variations de débits pendant un pas de temps de calcul restent suffisamment petits, donc que le pas de temps de calcul lui-même est petit. Toutefois, au-delà d'une certaine valeur, le gain en précision devient négligeable et les temps de calcul deviennent prohibitifs. Le choix de Δt est donc le résultat d'un compromis entre la précision désirée et la durée des calculs.

Il est également important de noter que le choix d'un pas de temps de calcul supérieur au pas de temps de discrétisation de la pluie lissera cette pluie.

- Case à cocher pas de temps fixe ou pas de temps variable : Une case à cocher permet de choisir l'une de ces deux options. Si on choisit l'option pas de temps variable, le logiciel ouvre un tableau de saisie à double entrée, dont le nombre de lignes doit être défini dans la case "*Nombre de changement de pas de temps*". Sur chaque ligne, il faut entrer le

temps de changement (en heures à partir du début de la simulation) et la valeur de pas de temps à appliquer à partir de cet instant (nota : la première valeur doit donc obligatoirement être nulle).

- L'option pas de temps fixe est généralement suffisante. Dans ce cas, des valeurs de pas de temps comprises entre 30 et 60 secondes donnent généralement de bons résultats (la valeur par défaut est 30 secondes).
- L'option pas de temps variable peut cependant permettre d'accélérer les calculs. Dans ce cas, on pourra s'inspirer des valeurs suivantes :
 - * 30 secondes ou 1 minute pendant la phase de montée de la crue et pendant la pointe ou durant toute la période de mise en charge s'il y a lieu. On choisira la valeur de 1 minute dans les cas où les variations de débit n'entraînent pas des passages en charge et des passages à surface libre très rapides (changements importants de régime et de configuration de l'écoulement).
 - * 1 min ou 2 min pendant la phase descendante de la crue, c'est-à-dire après la date estimée où toutes les conduites sont revenues à surface libre dans le cas d'éventuelles mises en charge.
 - * 2 min ou 5 min lorsque les variations de débits et de niveaux sont lentes.

8.3.4.1.3. Périodicité de stockage des résultats

Pour gagner de la place en mémoire, les résultats peuvent être stockés avec une périodicité différente du pas de temps de calcul. Il faut donc fournir le temps avec lequel les histogrammes pourront être visualisés. La valeur par défaut est égale au pas de temps de discrétisation des entrées.

8.3.4.1.4. Type de message à afficher

Une case à cocher permet de définir les messages qui seront affichés au cours des différentes étapes de la simulation BSV. Les messages sont en effet classés en trois catégories :

- informations : compte rendu de contrôle, bilan, mise en œuvre d'une procédure corrective courante pendant certaines phases de calcul.
- anomalies : le programme a détecté une situation anormale. Il a mis en œuvre une action corrective. Il continue le travail.
- erreurs : le programme a détecté une situation anormale. Dans certains cas l'erreur provient d'une faute grave de l'utilisateur, non détectée par les procédures de contrôle amont dans CANOE. Il importe de prendre en compte cette erreur. Dans d'autres cas, la simulation a dégénéré vers une situation grave malgré les actions correctives successives qui ont précédé.

Le choix d'une option peut être fait en utilisant les règles suivantes :

- L'option 0 : "*Affichage complet*" est recommandée lors des premiers calculs d'un projet. L'utilisateur vérifie alors la cohérence des messages d'information.
- L'option 1 : "*Anomalies + erreurs*" permet de tracer l'avancement d'un calcul. Cette option est indispensable en cas d'issue fatale au cours de la phase de simulation, en effet une erreur fatale est toujours précédée d'anomalies.
- L'option 2 : "*Erreur*" est réservée aux calculs rodés et vérifiés. Elle permet de limiter le volume des sorties.

8.3.4.1.5. Débits minimum

Pour limiter les risques d'apparition de fonds sec dans le réseau au début et à la fin de la simulation, il est nécessaire de prévoir un débit minimum dans les différents éléments du système d'assainissement. Deux valeurs doivent être fournies.

- Débit injecté minimum : valeur minimum de débit injecté en tout point d'injection de débit (nœuds exutoires de bassins versants ou nœuds supportant une injection d'hydrogrammes). Cette valeur de débit doit bien évidemment être adaptée en fonction de la capacité des conduites constituant le réseau et du nombre de points d'injection. Il est recommandé de ne pas dépasser 1l/s. Il est également préférable que le débit injecté soit supérieur au débit de fuite de tous les ouvrages présents sur le réseau (débits de fuite définis dans la description des ouvrages spéciaux et débit de fuite des marches).
- Débit de fuite des marches : Débit minimum assuré au travers de certains ouvrages pour lesquels on ne définit pas un débit de fuite (décrochements de radier en particulier). Il est préférable de choisir une valeur inférieure à celle du débit injecté minimum.

8.3.4.1.6. *Utilisateurs avancés*

La case à cocher "*Expert*" ouvre deux fenêtres supplémentaires et permet de modifier la valeur de différents paramètres. Ce type d'action étant réservé aux utilisateurs avertis, il ne sera pas commenté ici. Voir le § 3.6.3 ou dans l'annexe.

8.3.4.2. Conditions initiales

Les conditions initiales définissent l'état hydraulique (niveau, débit) dans le réseau au temps initial de la simulation. La simulation doit en effet démarrer à partir d'un état initial qui corresponde à une situation d'écoulement réaliste par rapport à la simulation que l'on veut effectuer (en général conditions de temps sec préalable à l'événement pluvieux) et stable.

- Case à cocher "*Mode de détermination de l'état initial*" : CANOE offre deux possibilités pour définir l'état initial : soit en le construisant automatiquement, soit en repartant d'une simulation précédente.
 - Cas construction automatique : CANOE construit automatiquement la condition initiale en réalisant une pré-simulation qui débute sur un état hydraulique où la hauteur d'eau est constante dans tout le réseau (fixée par le paramètre *Hauteur d'eau de départ pour calculer l'état initial*). La stabilisation est ensuite réalisée en vidant progressivement le réseau. Pendant cette phase d'initialisation, les ouvrages automatiques (pompes, régulateurs, lois fonctionnelles) sont désactivés. Plus la hauteur est grande, plus le temps nécessaire pour obtenir un état d'équilibre est important et plus le risque d'avoir des débits parasites en début de simulation augmente. Une valeur de 10 à 30 cm est généralement suffisante. Si l'on observe des débits parasites en début de simulation, il faut diminuer la hauteur d'eau ou augmenter la gravité ou augmenter la durée de la phase de stabilisation (voir le §3.6.3).ou dans l'annexe.
 - Cas reprise des résultats précédents : CANOE choisit comme état initial l'état dans lequel se trouvait le réseau lors de la simulation précédente à un instant donné (fixée par le paramètre *Temps de la simulation précédente utilisée pour commencer la reprise*). La simulation commence directement. Cette option permet en particulier d'enchaîner des simulations ou de tester plusieurs hypothèses de régulation sans être obligé de recommencer au début de l'événement pluvieux.
- Case à cocher "*Modification des autres paramètres de simulation*" : Cette case à cocher est accessible dans le cas de la construction automatique de l'état initial. Son activation ouvre une fenêtre supplémentaire et permet de modifier la valeur de différents paramètres. Ce type d'action étant réservé aux utilisateurs avertis, il ne sera pas commenté ici. Voir le § 3.6.3. ou dans l'annexe.

8.3.4.3. Définition des paramètres régulateurs (non disponible dans CANOE^{LT})

Cette commande ouvre une fenêtre présentant l'ensemble des régulateurs définis dans le réseau sous la forme d'un tableau. Ce tableau comporte une ligne par régulateur et neuf colonnes :

- Nom du régulateur : case non modifiable permettant l'identification.
- Pas de temps de régulation : la consultation du capteur et l'élaboration de l'ordre de déplacement transmis au régulateur est fait à intervalle de temps régulier ; ce pas de temps de régulation doit être supérieur ou égal au plus grand pas de temps de calcul utilisé.
- Tolérance (m) : déplacement minimum du servomoteur qui commande le mouvement de l'organe mobile ; un ordre qui correspond à un déplacement inférieur à la valeur de la tolérance n'est pas exécuté.

Nota : Une valeur importante de la tolérance permet de réduire les risques de battement de l'organe mobile (cycles rapides d'ouverture – fermeture) ; le choix de la valeur doit être fait en fonction du déplacement maximum possible de l'ouvrage (différence entre les cotes maxi et mini), du pas de temps de régulation et de la vitesse de manœuvre ; L'ordre de grandeur usuel est de quelques centimètres.

- Cote initiale (m) : position de l'organe mobile au début de la simulation ; il est préférable de choisir une valeur voisine de celle permettant la réalisation de la consigne dans les conditions hydrauliques attendues au début de la simulation.

Nota : l'organe reste fixe pendant la phase d'initialisation.

- Case à cocher « actif » : Cette case permet d'activer (si la case est cochée) ou de neutraliser (si la case n'est pas cochée) le fonctionnement du régulateur sans avoir besoin de modifier le réseau.
- Bouton « PID » : ouvre la fenêtre de définition des paramètres de régulation, permet d'associer à un régulateur jusqu'à trois options différentes de régulation de type PID (Proportionnel – Intégral – Différentiel) ; voir les § 8.3.4.3.1. et 8.3.4.3.2.
- Bouton « consigne » : ouvre la fenêtre de définition des consignes de régulation ; voir le § 8.3.4.3.2.

Les trois dernières colonnes ne sont pas modifiables et rappellent les paramètres suivants :

- Type d'ouvrage
- Cote de butée ouverte
- Cote de butée fermée

Attention : Valider globalement le tableau avant de fermer la fenêtre ; le bouton retour permet de revenir aux menu sans valider.

8.3.4.3.1. Saisie ou mise à jour des paramètres de régulation

Cet écran permet de définir, pour chaque régulateur, une, deux ou trois options de régulation de type PID.

Pour une option particulière, les données à saisir sont les suivantes :

- Point régulé : point de contrôle que l'on associe au régulateur ; à choisir dans une liste déroulante contenant tous les points de contrôle du projet.
- Grandeur régulée : nature de la grandeur que l'on essaiera de contrôler (cote, débit ou vitesse).
- Coefficients a, b, c et facteur amplificateur m : coefficients de la loi PID prise en compte (voir encadré ci dessous). Les valeurs de ces paramètres sont bien évidemment déterminées par les caractéristiques physiques de l'ouvrage de régulation que l'on utilise ou envisage d'utiliser. Si l'on ne connaît pas a priori cet ouvrage et que l'on cherche à définir les caractéristiques qu'il doit présenter (phase de conception), on peut utiliser la stratégie suivante :
 - Fixer m à 1 ; fixer a et c à zéro ;
 - Choisir le signe de b en tenant compte des tables de vérité des tableaux suivants :

	Ecart à la consigne > 0	Ecart à la consigne < 0
B > 0	L'ouvrage monte	L'ouvrage descend
B < 0	L'ouvrage descend	L'ouvrage monte

L'ouvrage est un seuil	Si le seuil monte	Si le seuil descend
A l'amont de l'ouvrage	la hauteur augmente, la vitesse diminue, le débit diminue ou reste constant	la hauteur diminue, la vitesse augmente, le débit augmente ou reste constant
A l'aval de l'ouvrage	la hauteur diminue, la vitesse diminue, le débit diminue.	la hauteur augmente, la vitesse augmente, le débit augmente

L'ouvrage est une vanne	Si la vanne monte	Si la vanne descend
A l'amont de l'ouvrage	la hauteur diminue, la vitesse augmente, le débit augmente ou reste constant	la hauteur augmente, la vitesse diminue, le débit diminue ou reste constant
A l'aval de l'ouvrage	la hauteur augmente, la vitesse augmente, le débit augmente	la hauteur diminue, la vitesse diminue, le débit diminue

- Choisir une valeur de b faible (ordre de grandeur fonction de la grandeur régulée), et l'augmenter progressivement jusqu'à obtenir une régulation efficace ;
- Ajuster ensuite si nécessaire les valeurs de a et c pour atténuer des variations trop brutales du régulateur (a permet d'anticiper sur les variations à venir et c de tenir compte des mouvements d'ouvrage réalisés dans le passé) ;
- Modifier éventuellement la valeur de m pour obtenir une régulation plus rapide ou plus lente.

Fonctionnement d'un régulateur type PID au sens CANOE

Au sens de CANOE, dire que le régulateur suit une loi de type P-I-D (proportionnel, Intégral, Différentiel) ; signifie que l'organe mobile réagit à un écart à la consigne « E » par un ordre de manœuvre « O », fonction :

- de « E »,
- de la dérivée de E par rapport au temps,
- de la dérivée de O par rapport au temps.

La loi utilisée est de la forme :

$$O = m \times (a.dE / dt + b.E + c.dO / dt)$$

Les coefficients a, b, c, de même que le coefficient d'amplification m sont saisis par l'utilisateur.

Cet ordre de manœuvre « O » est interprété différemment selon le principe d'action sélectionné :

- positionnel : « O » est un déplacement direct de l'organe mobile (en mètres) ; on limite cependant ce déplacement en valeur absolue à $O_{max} = \text{vitesse de déplacement} \times \text{pas de temps de régulation}$;
- impulsif : la valeur absolue de « O » est la durée pendant laquelle le moteur d'entraînement est activé ; le mouvement de l'organe mobile est obtenu en multipliant cette valeur par la vitesse de manœuvre ; cette définition se rapproche davantage du fonctionnement réel d'un automate programmable sur le site.

Le principe d'action et la vitesse de déplacement sont intrinsèques au régulateur et sont associés à l'ouvrage. Ces grandeurs sont donc définies dans l'appliquatif de gestion de données.

Le pas de temps de régulation est une consigne particulière définie dans la fenêtre générale « paramètres régulateurs »

Attention : Valider globalement le tableau avant de fermer la fenêtre ; le bouton retour permet de revenir à l'écran précédent sans valider.

8.3.4.3.2. Saisie ou mise à jour des consignes

Le bouton « Consigne » ouvre un écran permettant de définir jusqu'à 10 consignes différentes qui peuvent ou non être activées en même temps.

Une consigne définit un ensemble de règles permettant de manœuvrer un régulateur.

Si plusieurs consignes sont activées en même temps, le logiciel exploite les ensembles de règles correspondantes de la façon suivante :

- si les règles correspondant à la première consigne active dans l'ordre du tableau sont applicables, il les applique sinon il tente d'appliquer les règles correspondant à la consigne suivante.

- Une fois qu'une consigne a été appliquée, il regarde la consigne active suivante et regarde si les règles correspondantes sont contradictoires avec les règles déjà appliquées ; il les applique uniquement dans ce cas.
- Il continue selon la même procédure jusqu'à la fin du tableau.

Nota : l'utilisation alternative de consignes présente de l'intérêt lorsque l'on veut changer de consigne en fonction de l'heure ou en fonction de la valeur d'une grandeur particulière, ou si l'on souhaite modifier le paramétrage de l'ouvrage (par exemple cotes de butée) en cours d'événement. Il est cependant déconseillé d'utiliser des consignes susceptibles d'être applicables au même moment et donc d'être concurrentes.

Les données à saisir dans ce tableau sont les suivantes

- nom de la consigne ;
- case à cocher « actif » ;
- bouton « édition » permettant de construire ou de modifier les règles constituant la consigne.- consigne de hauteur

Nota : l'une au moins des consignes doit être active pour qu'une action de régulation soit effectuée ; si l'on ne souhaite pas utiliser le régulateur, il est préférable de le désactiver dans l'écran « Paramètres régulateurs ».

8.3.4.3.3. Editer une consigne

8.3.4.3.3.1. Choix du type de consigne

Appuyer sur le bouton radio correspondant au type de consigne sélectionnée. Les données à saisir sont différentes selon le choix effectué.

- a) Utilisation d'une option PID : choisir le numéro de l'option (1, 2 ou 3, Cf. § 8.3.4.3.1.), puis saisir la valeur de consigne. La valeur de consigne peut être :
 - une valeur fixe (cote, débit ou vitesse selon la grandeur régulée de l'option choisie), dans ce cas, cocher « à la valeur » et entrer la valeur choisie,
 - une valeur calculée à partir de la valeur lue sur un autre capteur ; dans ce cas, choisir le capteur dans la liste déroulante des capteurs, puis la correction éventuelle à appliquer (cette option permet par exemple d'obtenir des débits proches dans les deux branches d'une défluence).
- b) Modification de la cote de butée d'une fermeture ou d'ouverture : ces options sont intéressantes si l'on souhaite modifier le paramétrage d'un régulateur au cours de l'événement (soit en fonction de l'heure, soit en fonction de la valeur d'une grandeur particulière). On peut imposer comme valeur de consigne :
 - une valeur fixe de cote, dans ce cas cocher « à la valeur » et entrer la valeur choisie,
 - une valeur calculée à partir de la valeur de cote lue sur un autre capteur ; dans ce cas, choisir le capteur dans la liste déroulante des capteurs, puis la correction éventuelle à appliquer (cette option permet par exemple de fixer la valeur de la cote de butée en fonction du niveau de l'eau en un point).
- c) Modification de la cote de l'ouvrage : cette option permet d'imposer une cote particulière à l'ouvrage, soit de façon fixe pour tout l'événement, soit en fonction de l'heure, soit en fonction de la valeur d'une grandeur particulière. On peut imposer comme valeur de consigne :

- une valeur fixe de cote, dans ce cas cocher « à la valeur » et entrer la valeur choisie,
- une valeur calculée à partir de la valeur de cote lue sur un autre capteur ; dans ce cas, choisir le capteur dans la liste déroulante des capteurs, puis la correction éventuelle à appliquer (cette option permet par exemple de fixer la valeur de la cote de l'ouvrage en fonction du niveau de l'eau en un point).

Les règles peuvent s'appliquer sans condition pendant toute la simulation (cocher « *Sans condition* », ou être conditionnée par le temps ou tout autre paramètre (cocher « *Avec condition* », ce qui ouvre une fenêtre de saisie complémentaire.

8.3.4.3.3.2. Définir les conditions d'application de la consigne

Pour conditionner l'application de la consigne au temps :

utiliser les menus déroulants pour composer une règle logique de la forme :

si « le temps » est « > à (< à, = à, ≥ à, ≤ à) » la valeur « ... » (en heures)

Pour conditionner l'application de la consigne à une valeur fixe de cote, débit ou vitesse :

utiliser les menus déroulants et le bouton radio pour composer une règle logique de la forme :

si « la cote du capteur (le débit, etc...) » est « > à (< à, = à, ≥ à, ≤ à) » la valeur « ... » (m, m/s ou m³/s selon le cas).

Pour conditionner l'application de la consigne à une valeur « mesurée » de cote, débit ou vitesse :

utiliser les menus déroulants et le bouton radio pour composer une règle logique de la forme :

si « la cote du capteur (le débit, etc...) » est « > à (< à, = à, ≥ à, ≤ à) » la mesure au capteur « nom du capteur » corrigée de « ... » (m, m/s ou m³/s selon le cas).

Nota : Par valeur mesurée, il faut comprendre valeur obtenue par le calcul au point de mesure.

Il est également possible de conditionner l'application de la consigne à la vérification de plusieurs règles logiques de l'un ou l'autre des trois types précédents qui doivent être vraies en même temps en cochant la case « *et* » qui rend accessible la construction d'une nouvelle règle logique.

Par exemple, on peut écrire des règles de la forme :

« Si la cote du capteur zaza1 > à la mesure au capteur zaza2 moins 20 centimètres

Et si la cote du capteur zaza2 > à la valeur 200.12

Et si le temps > à 3h »

8.3.5. Lancement de la simulation

Une fois la pluie et les caractéristiques générales définies, la simulation Barré de Saint Venant se lance depuis le menu en utilisant la commande :

Simulation

Simulation Barré de St Venant

8.3.6. Exploitation des résultats

Les résultats exploitables avec ce type de simulation dépendent du type d'entrée (pluies isolées ou chroniques de pluies). Voir le chapitre 9.

8.4. *Simuler la production et le transfert de polluant dans le système d'assainissement (non disponible dans CANOE^{LT})*

Cette option permet d'obtenir les pollutogrammes à n'importe quel point du réseau, pour une pluie particulière ou pour une chronique de pluies. Le logiciel offre un très grand nombre d'options de calcul.

8.4.1. Choix de la pluie et des caractéristiques générales de la simulation

Procéder comme pour une simulation avec le modèle Muskingum. Voir le § 8.2.1 : "Choix de la pluies et des caractéristiques générales dans le cas d'une simulation avec le modèle Muskingum".

8.4.2. Déplacement éventuel de la pluie 3D

Procéder comme pour une simulation avec le modèle Muskingum. Voir le § 8.2.2 : "Déplacement éventuel de la pluie 3D dans le cas d'une simulation avec le modèle Muskingum".

8.4.3. Paramétrage du modèle qualité

La commande :

Paramètres qualité

Donne accès au menu *Paramètres* de définition des paramètres qualité.

Attention : Lors d'une première saisie, les paramètres qualité doivent obligatoirement être entrés dans l'ordre demandé dans le menu, c'est à dire :

- Définition de produits et des classes
- Répartition des produits par classe
- Production
- Paramètres des bassins de retenue
- Transfert
- Conditions initiales
- Mode de stockage des résultats

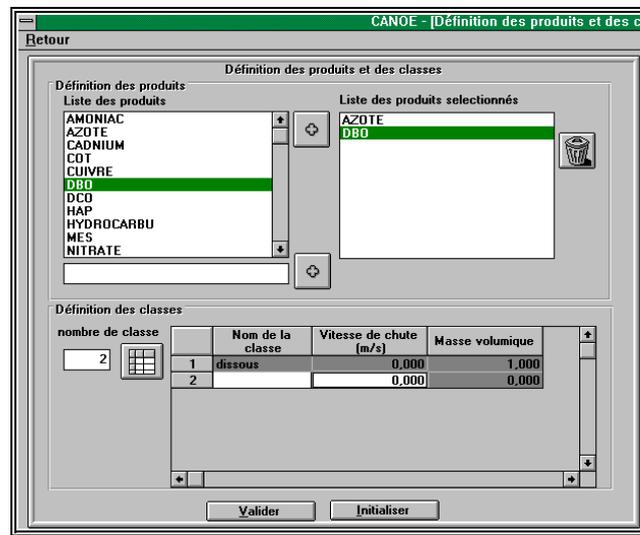
En cas de mise à jour, on peut accéder directement à n'importe quelle ligne du menu.

Les flèches  et  permettent de se déplacer d'un écran au suivant. Les écrans doivent cependant être validés indépendamment.

8.4.3.1. Définition des produits et des classes

La définition des produits et des classes constitue la première étape de la saisie des paramètres.

Elle utilise l'écran suivant :



8.4.3.1.1. *Construction de la liste des produits à simuler*

La liste des produits peut être construite à partir d'une liste type. On peut ajouter des produits non référencés dans la liste.

- Pour ajouter un produit à la liste depuis la liste type : sélectionner le produit dans la liste type de la partie gauche de l'écran, le produit est surligné en bleu ; cliquer sur l'icône "+" située le plus haut ; le nom du produit s'affiche dans la liste des produits sélectionnés (à gauche).

- Pour ajouter un produit n'appartenant pas à la liste type : taper le nom du produit dans la case de saisie située sous la liste type ; cliquer sur l'icône "+" situé le plus bas (en face de la case de saisie) ; le nom du produit s'affiche dans la liste des produits sélectionnés.
- Pour enlever un produit de la liste des produits sélectionnés : sélectionner le produit dans la liste des produits sélectionnés de la partie droite de l'écran, le produit est surligné en bleu ; cliquer sur l'icône "Poubelle" ; le nom du produit est effacé de la liste des produits sélectionnés.

8.4.3.1.2. Définition des classes de vitesse de chute

Les particules sont réparties en classes de vitesses de chute. A chaque classe est associée une vitesse moyenne de chute des particules (sur lesquelles se fixent les produits).

Il faut choisir le nombre de classes (la classe 0 ayant une vitesse de chute nulle et représentant les éléments dissous existe par défaut), puis attribuer un nom à chacune et lui associer une vitesse de chute (en m/h).

Nota : En 1999, plusieurs campagnes de mesures sont prévues pour mieux connaître les vitesses de chute des particules en relation avec les polluants qu'elles ont adsorbés. Les résultats de ces campagnes seront envoyés aux utilisateurs de CANOE au fur et à mesure qu'ils nous parviendront.

Le nombre de produits ou de classes de vitesse de chute n'est pas limité a priori. Il faut cependant tenir compte du fait que le nombre d'espèces se calcule par la relation :

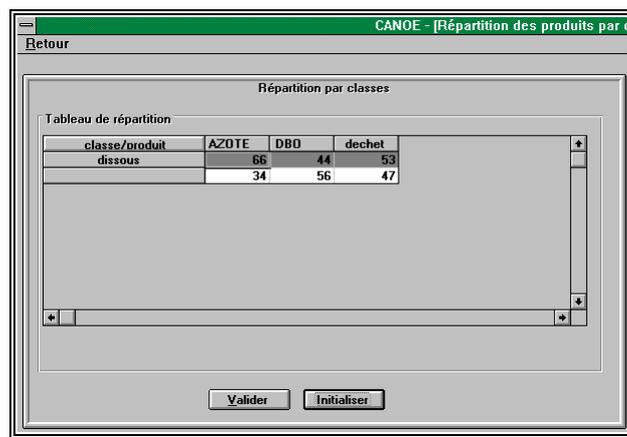
$$\text{nombre d'espèces} = \text{nombre de produits} \times \text{nombre de classes} \times 2 - 1$$

Le temps de calcul est sensiblement proportionnel au nombre d'espèces.

Attention : Valider cet écran avant de passer au suivant.

8.4.3.2. Répartition des produits par classe

La deuxième étape consiste à répartir les produits par classe de vitesse de chute. Cette étape suppose que les produits restent suffisamment longtemps en contact avec les particules pour qu'un équilibre puisse s'établir. D'autre part la répartition est supposée rester la même partout dans le système d'assainissement, sauf si l'on prévoit explicitement des relations d'échange entre espèces.



Les valeurs sont à fournir en % (le pourcentage de produit dissous est ajusté automatiquement pour obtenir un total de 100%)

Les tableaux suivants, extraits de la bibliographie récente, donnent des indications sur les valeurs possibles des répartitions par classe. Ils sont très disparates et assez difficiles à

utiliser. Dans les années à venir, les données relatives à cet aspect vont probablement s'enrichir de façon importante. En tout état de cause, si des mesures sont prévues pour caler le modèle de qualité, il est préférable de demander les répartitions par classe de vitesse de chute plutôt que par classe granulométrique.

classe granulométrique	< 50 µm	50 µm << 400 µm	400 µm << 1600 µm
canalisations BV13	4.3	41.2	-
coll. amont BV13	3.7	130	433
collecteur 13	7.4	120	341
Emissaire	8.9	130	401

Exemple de valeurs de V50 correspondant à 3 classes granulométriques, mesurées à Marseille (V50 valeur médiane de vitesse de chute : 50% des particules en masse vont plus vite, 50% vont moins vite) (Vitesse en m/h).

< 50	50 - 160	160 - 400	400 - 1600	> 1600
7,4	66	165	341	936

Valeurs de V50, découpage en 5 classes granulométriques (Vitesse en m/h).

	DCO	DBO	NTK	Hydrocarbures	Plomb
> 250 µm	28%	28%	26%	69%	13%
50-250 µm	4%	20%	58%	4%	34%
< 50 µm	68%	52%	16%	27%	53%

Exemple de répartition des produits polluants en fonction des classes granulométriques

Vs(m/h)	DCO	Phosphore
0,7 à 1,4	0	8
1,4 à 2,5	58	73
2,5 à 3,4	12	9
3,4 à 9,7	19	9
9,7 à 32,4	11	4

Exemple de répartition des produits polluants en fonction de la vitesse de chute.

8.4.3.3. Choix du modèle de production et définition de ses paramètres

Il s'agit probablement de l'une des étapes les plus déterminantes du paramétrage puisque c'est celle qui va peser le plus sur les masses de produits générés par les bassins versants.

La version 1.7 du logiciel offre le choix entre trois familles de modèles de production, chacune de ces familles offrant à son tour le choix entre différents modèles :

1. concentration eau unitaire constante ;
2. concentration eau unitaire variable :
 - 2.1. modèle de Servat,
 - 2.2. modèle de Driver et Troutman type 1,
 - 2.3. modèle type Cedre ;
3. mélange eau usée - eau pluviale :
 - 3.1. concentration constante pour les eaux pluviales,
 - 3.2. modèle de Servat (pour les eaux pluviales),
 - 3.3. modèle de Driver et Troutman type 1 (pour les eaux pluviales),
 - 3.4. modèle type Cedre (pour les eaux pluviales),
 - 3.5. modélisation des phénomènes d'accumulation et de reprise.

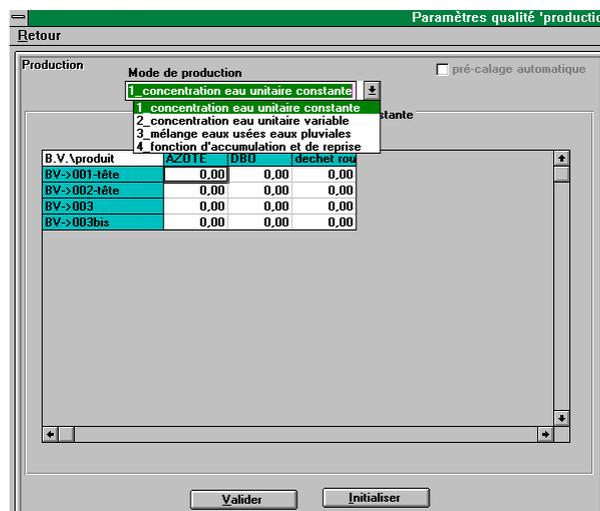
Au total neuf modèles différents sont donc disponibles. Le choix d'un modèle particulier doit tenir compte des objectifs poursuivis et des moyens que l'on envisage de consacrer à l'étude, en particulier en termes de métrologie. Une règle générale est que plus le modèle est compliqué et comporte de nombreux paramètres, plus la quantité de données nécessaires pour le caler est grande. Le tableau suivant donne quelques indications permettant d'aider au choix d'un modèle particulier.

Modèle	Facilité d'utilisation (y compris calage)	Sensibilité aux paramètres et qualité prévisionnelle	Domaine privilégié d'utilisation
1.	Bonne	Très mauvaise	Bilan d'un état existant : Evaluation rapide des masses de polluants produites annuellement ou pour un événement
2.1.	Moyenne	Mauvaise (sensible aux caractéristiques de la pluie)	Bilan d'un état existant. Parmi les trois, privilégier le modèle permettant le meilleur calage
2.2.			
2.3.			
3.1.	Assez difficile (la concentration des eaux pluviales n'est pas directement accessible)	Mauvaise (sensible à l'heure de la journée et au rapport eau usée/eau pluviale)	Bilan d'un état existant Evaluation de l'efficacité de stratégies de séparation des EU et des EP ou de traitement différencié.
3.2.	Difficile (la concentration des eaux pluviales n'est pas directement accessible)	Moyenne (sensible à l'heure de la journée, aux caractéristiques de la pluie et au rapport eau usée/eau pluviale)	Bilan d'un état existant Evaluation de l'efficacité de stratégies de séparation des EU et des EP ou de traitement différencié. Parmi les trois, privilégier le modèle permettant le meilleur calage
3.3.			
3.4.			
3.5.	Extrêmement difficile	Théoriquement assez bonne	A réserver aux études délicates pour lesquelles les moyens alloués sont très importants

Le choix d'une famille particulière de modèles s'effectue dans la liste déroulante "*Mode de production*".

8.4.3.3.1. Concentration eau unitaire constante

Il s'agit du mode de production le plus simple. La concentration est la même pendant tout l'événement pluvieux ; elle ne varie pas d'un événement pluvieux à l'autre. En revanche, elle peut être différente selon les bassins versants. Il faut donc fournir la concentration pour chaque produit et pour chaque bassin versant.



Le tableau suivant fournit quelques indications pour le choix des valeurs.

nature du polluant	séparatif strict	séparatif pollué	unitaire
MES	645 à 3800	780 à 2500	740 à 1800
DCO	500 à 1500	900 à 2700	840 à 1100
DBO ₅	50 à 750	250 à 820	250 à 480

Fourchette de concentration (mg/l) pendant une pluie selon la nature du réseau

8.4.3.3.2. Concentration eau unitaire variable d'une pluie à une autre

La concentration de l'eau unitaire est supposée constante pour une pluie donnée pendant toute sa durée ; elle peut varier d'un événement à un autre ; elle est définie par une formule d'ajustement. Différentes formules d'ajustement sont proposées (voir plus bas). La forme générale de la formule est cependant obligatoirement la même pour tous les produits. L'ajustement doit avoir été réalisé au préalable en utilisant un outil adapté (EXCEL par exemple).

Le choix d'une formule particulière d'ajustement s'effectue dans la liste déroulante "Formules de calcul".

Les coefficients d'ajustement sont les mêmes pour tous les bassins versants. Pour permettre de différencier la concentration par bassins versants, on peut affecter à chacun un coefficient dit d'ajustement (par défaut = 1) qui permet de corriger la concentration calculée en la multipliant pour le bassin et le produit considérés par cette valeur.

Dans la version 1.7 trois types de formules sont proposées :

8.4.3.3.2.1. Modèle de Servat :

$$Me = K.(M0 + Ka.Dts)^a . I_{\max 5}^b . Vr^c$$

$$C = \frac{Me}{Vr} = K.(M0 + Ka.Dts)^a . I_{\max 5}^b . Vr^{(c-1)}$$

- avec
- C : concentration recherchée (mg/l) ;
 - Me : masse entraînée (kg) ;
 - Vr : volume ruisselé (m³) ;
 - Dts : durée de temps sec (j) ;
 - I_{max5} : intensité maximum en 5 minutes (mm/h) ;
 - M0 : masse initiale disponible (kg/ha) ;
 - Ka : facteur d'accumulation (kg/j/ha) ;

- K, a, b, c: coefficients numériques à caler.

Nota : $Ka \times Dts$ représente la masse accumulée par hectare pendant la durée de temps sec ; $Me = M0 + Ka.Dts$ représente la masse totale disponible par hectare ; $C.Vr$ représente la masse totale emportée qui doit être inférieure ou égale à la masse totale disponible. On doit donc vérifier la relation : $C \leq S \times (M0 + Ka.Dts) / Vr$.

- S : surface du bassin versant (ha)

M0 et Ka peuvent être considérés comme des paramètres à ajuster ou éventuellement comme des grandeurs physiques. Dans ce cas, les valeurs par défaut possibles sont les suivantes :

M0 = 0

Ka = 25 kg/j/ha zone résidentielle dense

Ka = 6 kg/j/ha zone résidentielle discontinue

Ka = 25 kg/j/ha zone commerciale

Ka = 25 kg/j/ha zone industrielle (FLUPOL)

8.4.3.3.2.2. Modèle de Driver et Troutman type 1

$$Me = K.Ht^a . A^b . D^c$$

$$C = Me / Vr$$

- avec - C : concentration recherchée (mg/l) ;
- Me : masse entraînée (kg) ;
- Vr : volume ruisselé (m³) ;
- Ht : hauteur totale de pluie (mm) ;
- A : surface du bassin versant (km²) ;
- D : durée de la pluie (mn) ;
- K, a, b, c : coefficients numériques à caler.

8.4.3.3.2.3. Modèle type Cedre :

$$C = K.Dts^a . Ht^b . I_{max}^c$$

- avec - C : concentration recherchée (mg/l) ;
- Dts : durée de temps sec (j) ;
- Ht : Hauteur totale précipitée (mm) ;
- I_{max} : intensité maximum (mm/h) ;
- K, a, b, c : coefficients numériques à caler.

Aucun de ces modèles n'est a priori meilleur qu'un autre. Il conviendra donc de choisir celui qui permet d'ajuster le mieux possible les mesures disponibles.

Nota : Quel que soit le modèle, il y a au moins 4 coefficients d'ajustement. Une dizaine de mesures de concentration correspondant à autant d'événements pluvieux sont nécessaires pour réaliser un ajustement satisfaisant. Les événements pluvieux doivent par ailleurs présenter des caractéristiques variées (durée de temps sec, hauteur précipitée, intensité maximum, durée de la pluie, etc.), de façon à couvrir de la façon la plus large possible l'ensemble du domaine de variation des paramètres. S'il est impossible de réaliser autant de mesures, il est alors préférable d'utiliser l'option précédente (concentration constante).

8.4.3.3.3. **Mélange eau usée-eau pluviale**

Dans ce mode de production, on distingue les eaux usées et les eaux pluviales qui font l'objet d'un calcul séparé.

8.4.3.3.3.1 Saisie des données relatives aux eaux usées

Pour les eaux usées, la concentration peut être supposée constante ou varier selon l'heure de la journée. Dans ce cas, les plages horaires sont déterminées par leur heure de fin. Les données à saisir sont les suivantes :

Nombre de plages horaires : entre 1 et 24.

Heure de fin de chaque plage horaire et concentration moyenne par produit : l'heure de début d'une plage est automatiquement fixée à l'heure de fin de la plage précédente ; les heures de début et de fin de chaque classe sont rappelées sur le tableau.

Coefficient multiplicateur par produit et par bassin versant : Ce coefficient est obligatoirement le même pour toutes les tranches horaires ; par défaut, il est pris égal à 1.

Nota : Les valeurs de concentration des eaux usées peuvent facilement être déterminées par des mesures en situation de temps sec. Il est généralement nécessaire de distinguer au minimum la concentration diurne et la concentration nocturne (de 22h à 6h). La réalisation d'un pollutogramme horaire est recommandé pour déterminer le nombre souhaitable de classes. Une fois le nombre de classes choisi, il est nécessaire d'échantillonner plusieurs jours afin de tenir compte des fluctuations journalières et de limiter l'influence d'anomalies éventuelles dans la composition des échantillons.

8.4.3.3.3.2 Saisie des données relatives aux eaux pluviales ; cas où l'on utilise un ajustement numérique

Ce cas correspond, dans la version 1.7 de CANOE aux choix 1 à 4 dans la liste déroulante "*Formules de calcul*". La concentration peut être constante quel que soit l'événement pluvieux ou varier d'un événement à un autre en fonction d'un ajustement numérique pré-établi. Les formules d'ajustement utilisables sont les mêmes que pour le cas "concentration unitaire variable" (voir le § 8.4.3.3.2.).

Dans tous les cas, la concentration de l'eau pluviale est obligatoirement constante pendant un événement. On sélectionne la formule d'ajustement choisie dans la liste déroulante "*Formules de calcul*" et on saisit les paramètres de cette formule pour chacun des produits.

Il est également possible d'appliquer un coefficient multiplicateur d'ajustement par produit et par bassin versant.

Attention : L'ajustement est encore plus délicat que dans le cas précédent car on ne peut pas mesurer directement la concentration des eaux pluviales (en situation pluvieuse on mesure la concentration d'une eau unitaire et il est donc nécessaire de retrancher la pollution due aux eaux usées pour déterminer par un calcul la concentration des eaux pluviales). Les incertitudes peuvent donc être très importantes. Ce mode de production doit donc être uniquement utilisé pour les indicateurs pour lesquels on considère que la part principale de la

charge polluante est due aux eaux usées. Dans les autres cas on préférera l'option "Eau unitaire variable", qui intègre implicitement la variation du rapport eau usée / eau pluviale.

8.4.3.3.4. Calcul des coefficients de la loi d'ajustement des concentrations

L'utilisateur peut, s'il le préfère, faire calculer par le logiciel les coefficients de la loi d'ajustement lorsque la loi de production choisie est de type Concentration unitaire variable ou mélange eaux usées -eaux pluviales. Ces coefficients sont calculés à partir des valeurs mesurées des grandeurs entrant dans la formule d'ajustement de la concentration. Pour cela, cliquer sur le bouton de commande "SAISIE" dans le bas de la colonne correspondant au polluant sur la ligne "Lissage à partir des mesures". La fenêtre de saisie des valeurs entrant dans la formule s'ouvre. Lorsque toutes les valeurs mesurées ont été saisies, cliquer sur Valider. Le logiciel revient au tableau initial et affiche les coefficients calculés (K, a, b, c) par lissage à partir des valeurs mesurées. Procéder ainsi pour tous les polluants pour lesquels on veut faire calculer les coefficients de la loi d'ajustement.

Attention :

1. Il faut au moins 4 mesures pour pouvoir effectuer le calcul des coefficients (bien sûr, plus il y aura de mesures, plus précis seront les coefficients).
2. Les valeurs saisies dans le tableau ne sont pas conservées si l'utilisateur clique sur *RETOUR*

8.4.3.3.4. Saisie des données relatives aux eaux pluviales ; cas accumulation/reprise

Ce cas correspond, dans la version 1.7 de CANOE aux choix 5 dans la liste déroulante "Formules de calcul".

Les principes retenus pour la modélisation supposent que la concentration de l'eau unitaire résulte :

- de phénomènes d'accumulation se produisant pendant la période sèche précédant la pluie, d'une part sur la surface du bassin versant et d'autre part dans le réseau de surface et souterrain qui le draine² ;
- de phénomènes de reprise (lessivage, entraînement, érosion éventuelle) qui se produisent pendant la pluie ;
- du mélange de l'eau de ruissellement avec l'eau usée.

La définition des concentrations pour l'eau usée est faite comme dans le cas précédent (valeur constante ou variable selon l'heure de la journée).

² En général, le bassin versant contient un système souterrain d'assainissement

Le calcul de la concentration des eaux pluviales s'effectue selon les principes décrits dans l'encadré suivant.

Notations :

- Dts : durée de temps sec (jour)
- fac : facteur d'accumulation ($kg.jour^{-1}.ha^{-1}$)
- $i(t)$: intensité de la pluie (mm/h)
- K : coefficient de disparition des solides ($jour^{-1}$)
- K_e : coefficient d'entraînement des polluants (mm^{-1}) $^\alpha$
- M_0 : Masse initiale (Kg/ha) au début de la période de temps sec précédant la première pluie simulée.
- $M_d(j)$: masse disponible au début du pas de temps j (en Kg)
- $M_d(t)$: masse déposée à la surface du b. v. au temps t
- $M_e(j)$: masse entraînée pendant le pas de temps j (en Kg).
- Surface : surface du BV en ha
- α : coefficient sans dimension

Le logiciel utilise les deux équations de base suivante :

Accumulation pendant la période de temps sec :

$$\frac{dM_d}{dt} = fac - K.M_d$$

Erosion pendant la période de temps de pluie :

$$\frac{dM_d}{dt} = -K_e \cdot i(t)^{\alpha} \cdot M_d(t)$$

La première équation est directement intégrée en fonction de la durée de temps sec précédant la pluie :

$$M_d = ((M_0 - fac/K) \cdot e^{(-K.Dts)} + fac/K) \cdot Surface$$

La seconde équation est résolue numériquement par un schéma explicite de différences finies sur un pas de temps de calcul Dt spécifique.

$$(M_d(j+1) - M_d(j)) / Dt = -K_e \cdot i(j)^{\alpha} \cdot M_d(j)$$

Cette équation représente la diminution de la masse des polluants présents à la surface du bassin versant entre les débuts des pas de temps j et $j+1$ et $i(j)$ l'intensité moyenne de pluie pendant le pas de temps j . On peut donc calculer la masse de polluants entraînée pendant le pas de temps j , par l'une ou l'autre des deux formules suivantes :

$$M_e(j) = K_e \cdot i(j)^{\alpha} \cdot M_d(j) \cdot Dt \quad \text{si } K_e \cdot i(j)^{\alpha} \cdot M_d(j) \cdot Dt < 1$$

ou

$$M_e(j) = M_d(j) \quad \text{si } K_e \cdot i(j)^{\alpha} \cdot M_d(j) \cdot Dt > 1$$

La masse disponible au début du pas de temps suivant est donc :

$$M_d(j+1) = M_d(j) - M_e(j)$$

pour en savoir plus : Transport solide

Les données à saisir (par produit) sont les suivantes :

- Masse initiale (kg) : Masse M_0 dans les formules (valeur par défaut : 0)
- $K =$ coefficient de disparition (jour^{-1}) : ordre de grandeur : 0,1 dans Flupol
- Facteur d'accumulation (kg/j/ha) : Paramètre Fac dans les formules ; ordre de grandeur pour quelques indicateurs dans le tableau suivant selon le type de bassin versant.

	MES	DCO	DBO
Zone résidentielle dense	25	15	5
Zone résidentielle discontinue	6	4	1
Zone commerciale	25	20	5
Zone industrielle	25	20	5

- α : coefficient sans dimension : ordre de grandeur 1
- Coefficient d'entraînement (kg/jour) : paramètre k_e dans les formules, ordre de grandeur 0,1.

Nota : Il s'agit du modèle le plus complet, mais également le plus délicat à caler. Son utilisation doit être strictement réservée aux études délicates pour lesquelles les moyens alloués sont très importants.

8.4.3.4. Paramètres des bassins de retenue

Deux options sont possibles pour la simulation simplifiée des bassins de retenue :

- utilisation d'un coefficient de rendement pour chaque polluant ;
- calcul des concentrations prenant en compte la décantation dans le bassin.

Ce choix s'effectue par bassin. On choisit un traitement par rendement, en cliquant dans la case "*Par rendement*" du bassin choisi. Les cases permettant d'entrer les coefficients de rendement pour chaque polluant sont alors accessibles.

Si la case "*Par rendement*" n'est pas cochée, le logiciel traite les bassins de retenue comme des décanteurs. Le modèle choisi est le modèle de Hazen corrigé :

- chaque espèce décante à la vitesse de la classe de vitesse de chute à laquelle elle est associée ;
- la hauteur de chute moyenne d'une particule est égale à la vitesse de chute multipliée par le temps moyen de séjour dans le bassin ;
- la répartition des particules en entrée est homogène sur toute la hauteur du bassin ;
- toutes les particules qui atteignent le fond du bassin décantent.

La présentation détaillée du modèle est faite au §3.5.6.1.2.

Attention : Dans la version 1.7 de CANOE, ce mode de traitement n'est pris en compte que si l'on choisit une simulation simplifiée (transfert simple et Muskingum). Dans le cas d'une simulation utilisant la représentation des phénomènes de convection, les bassins de retenue doivent être modélisés par des conduites pour représenter correctement le stockage, la dilution et le dépôt des polluants.

8.4.3.5. Transfert des débits et des flux polluants

L'objet de cette étape est de représenter le transfert des flux de polluants dans le réseau. Deux éléments importants doivent être notés :

- la masse sortante peut être différente (voire très différente) de la masse entrante (inférieure ou supérieure), car des phénomènes de dépôt ou au contraire d'érosion peuvent se produire dans le système d'assainissement ; les risques d'erreurs sont donc beaucoup plus importants que dans le cas de l'hydraulique ;
- le modèle de transfert de la pollution ne peut pas être choisi indépendamment du modèle hydraulique, même si les deux étapes de simulation sont effectuées successivement.

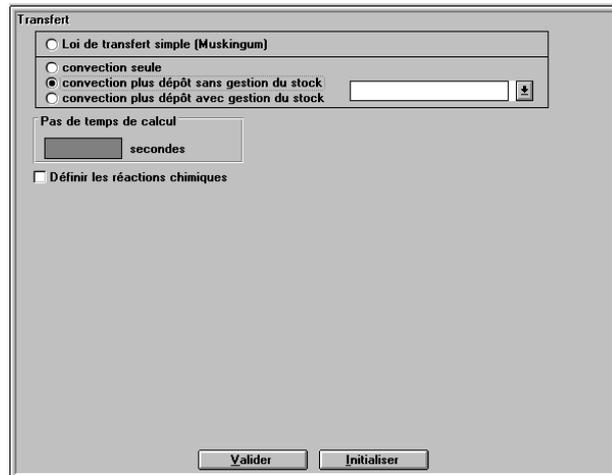
La version 1.7 du logiciel offre le choix entre trois modèles de transfert :

- loi de transfert simple (correspond à une simulation par le modèle Muskingum),
- convection seule,
- convection plus dépôt sans gestion du stock (ces deux dernières options correspondent à une simulation par la modèle de Barré de Saint Venant).

Le choix d'un modèle particulier doit tenir compte des objectifs poursuivis et des moyens que l'on envisage de consacrer à l'étude, en particulier en termes de métrologie. Une règle générale est que plus le modèle est compliqué et comporte de nombreux paramètres, plus la quantité de données nécessaires pour le caler est grande. Le tableau suivant donne quelques indications permettant d'aider au choix d'un modèle particulier.

Modèle	Facilité d'utilisation (y compris calage)	Sensibilité aux paramètres et qualité prévisionnelle	Domaine privilégié d'utilisation
Transfert simple	excellente	Correcte sur les paramètres de production, Nulle sur les paramètres de transfert Importante, mais à utiliser avec précaution pour les bassins de retenue.	A utiliser lorsque les phénomènes de dépôt et de reprise dans le réseau ne sont pas suspectés de jouer un rôle important. Permet de simuler simplement l'efficacité des bassins de retenue
Convection seule	bonne (calage non indispensable)	Correcte sur les paramètres de production, Très faible sur les paramètres de transfert L'amélioration par rapport à la solution précédente n'existe que dans le cas où la production dépend du temps	Par rapport à la solution précédente présente surtout l'avantage d'utiliser le modèle de Barré de Saint Venant (meilleure représentation du fonctionnement hydraulique). Peut être utile pour des événements très courts.
Convection plus dépôt	Extrêmement difficile	Théoriquement assez bonne, mais en pratique très difficile à évaluer	A réserver aux études délicates pour lesquelles les moyens alloués sont très importants

Le choix d'un modèle s'effectue en cliquant dans la case à cocher adéquate.



8.4.3.5.1. *Transport par loi de transfert simple*

La concentration de l'eau unitaire est supposée invariable au cours du transfert dans les différents éléments constituant le système d'assainissement, sauf lors de la traversée des bassins de retenue. Pour ces derniers, une saisie spécifique est nécessaire (voir §8.4.3.4)

Aucune donnée supplémentaire n'est à saisir.

8.4.3.5.2. *Transport par convection seule*

Cette option permet d'utiliser une description mécaniste des phénomènes de transport de particules. Sa mise en œuvre suppose que la simulation hydraulique soit effectuée par la méthode de Barré de Saint Venant.

Les principales hypothèses sont les suivantes :

- les polluants se déplacent d'amont en aval avec une vitesse moyenne égale à celle du courant (ce qui est exactement le cas des polluants dissous et approximativement le cas des particules solides transportées en suspension) ;
- la concentration est suffisamment faible pour ne pas perturber l'écoulement ;
- la concentration peut s'exprimer sous la forme d'une concentration moyenne dans la section en travers qui est transportée à la vitesse moyenne de l'écoulement ;
- il n'y a aucun échange avec le fond, ce qui implique que la masse sortante soit égale à la masse entrante (si le temps de simulation est suffisant).

Les équations utilisées sont les suivantes :

L'équation différentielle qui décrit la conservation de la masse totale d'un polluant transporté dans un écoulement unidimensionnel s'écrit :

$$\frac{\partial AC}{\partial t} + \frac{\partial QC}{\partial x} = 0$$

Le rapprochement de cette équation avec l'équation de continuité liquide permet d'écrire l'équation de convection :

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V \frac{\partial C}{\partial x} = 0$$

avec :

x	:	distance longitudinale (variable indépendante) (m) ;
t	:	temps (variable indépendante) (s) ;
A	:	section mouillée (m ²) ;
Q	:	débit (m ³ /s) ;
V	:	vitesse moyenne de l'écoulement = Q/A (m/s) ;
C	:	concentration moyenne du polluant en suspension (mg/l ou g/m ³).

Données à saisir :

- pas de temps de calcul : la baguette magique permet de récupérer automatiquement le pas de temps de calcul choisi pour le modèle hydraulique.

8.4.3.5.3. *Transport par convection plus dépôt sans gestion du stock*

Cette option suppose également que la simulation hydraulique soit effectuée par la méthode de Barré de Saint Venant.

Les principales hypothèses sont les suivantes :

- les polluants se déplacent d'amont en aval avec une vitesse moyenne égale à celle du courant (ce qui est exactement le cas des polluants dissous et approximativement le cas des particules solides transportées en suspension) ;
- la concentration est suffisamment faible pour ne pas perturber l'écoulement ;
- la concentration peut s'exprimer sous la forme d'une concentration moyenne dans la section en travers qui est transportée à la vitesse moyenne de l'écoulement ;
- Les polluants se déplacent d'amont en aval avec une vitesse moyenne égale à celle du courant. Ils peuvent se déposer ou/et être érodés par le flot.
- Le type de fonctionnement (érosion ou dépôt) est régi par une relation entre la concentration moyenne en suspension des particules portant les polluants et la concentration maximum potentielle, laquelle dépend des conditions hydrauliques (essentiellement vitesse de l'eau).
- Si la concentration moyenne dans l'écoulement est supérieure à la concentration maximum potentielle, les sédiments se déposent et la concentration diminue. La gestion de la masse des sédiments déposés n'est pas prise en compte (perte de matière).
- Si la concentration en suspension dans l'écoulement est inférieure à la concentration maximum potentielle, la concentration de la veine fluide reste constante (pas d'érosion).

Détail du modèle utilisé	
Le flux net d'échange de sédiment entre la veine fluide et le stock s'écrit :	
$S = S_D - S_E = b.w.(C^* - C)$	
avec :	b : largeur de la surface d'échange,
	w : vitesse de chute,
	C* : concentration limite,
	C : concentration dans l'écoulement au voisinage de la surface d'échange, on admet en fait que la concentration C est uniforme dans la section mouillée,
	S _D : flux de dépôt,
	S _E : flux d'érosion.
La concentration limite est calculée par une formule empirique de la forme :	
$C^* = \frac{\alpha}{w} V^\beta$	
avec :	V : vitesse moyenne de l'écoulement
	α : coefficient de calage de la formule
	β : coefficient de calage de la formule

Données à saisir :

- pas de temps de calcul : la baguette magique permet de récupérer automatiquement le pas de temps de calcul choisi pour le modèle hydraulique.
- coefficients alpha et beta de la formule de transport : les coefficients a et b doivent être considérés comme des coefficients de calage ; un ordre de grandeur correct pour β est une valeur comprise entre 1 et 2 ; α pourra être choisi entre 0.01 et 0.1 si C en mg/l (10⁻³kg/m³), w et v en m/s.

8.4.3.5.4. *Transport par convection plus dépôt avec gestion du stock*

Dans ce cas, il y a prise en compte du stock de sédiment effectivement présent dans chacun des tronçons. En particulier, il est impossible d'éroder plus de matière qu'il n'y en a effectivement dans le tronçon.

Si une des options convection plus dépôt est sélectionnée, il faut choisir la formule de calcul permettant de calculer les flux déposés ou érodés, ainsi que les paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette formule.

8.4.3.5.5. *Prise en compte de réactions supplémentaires*

Equations utilisées :

Les phénomènes de dépôt-reprise des particules solides sont assimilables à des réactions d'ordre 1. Dans ce cas, la valeur des termes de proportionnalité (K_0 et K_1) peut être fonction des conditions de l'écoulement.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = K_0 + K_1.C$$

avec

C : concentration ;
 K_0 et K_1 : paramètres de la dynamique ($K_0 + K_1.C > 0$ si reprise ;
 $K_0 + K_1.C < 0$ si dépôt)

8.4.3.6. Définition des conditions initiales

Si l'option gestion du stock est choisie, il faut en plus fixer les valeurs initiales stockées dans chacun des tronçons du réseau :

- soit de façon manuelle, en utilisant l'écran suivant :

cette fenêtre permet de définir les conditions initiales de flux et de stock dans le réseau au début de la simulation (d'un événement isolé ou d'une série chronologique).

- soit de façon semi-automatique (utilisation d'une formule).

Pour ceci, nous proposons d'utiliser le modèle de Laplace.

$$M = a.(1 - e^{-b.Dts})$$

avec :

M : masse déposée dans le réseau (kg/ml) ;
Dts : durée de temps sec ou temps écoulé depuis le dernier curage (j) ;
a, b : coefficients numériques à caler.

8.4.3.7. Mode de stockage et utilisation des résultats

Dans le cas d'une pluie ponctuelle, les histogrammes (débit, hauteur, vitesse) sont conservés à l'amont et à l'aval de tous les tronçons du réseau. Par contre, dans le cas d'une chronique les résultats hydrauliques ne sont conservés qu'à l'aval des tronçons sélectionnés par la commande :

*Paramètres
Stockage des chroniques*

Voir §8.2.3.

Différents choix sont possibles pour le stockage des résultats qualité (les choix sont les mêmes dans le cas de la simulation d'une pluie ponctuelle ou d'une chronique de pluies) :

- On peut choisir les résultats sur tous les tronçons, sur les tronçons exutoires ou sur certains tronçons sélectionnés.
- On peut choisir de stocker les résultats pour tous les produits ou pour certains produits.
- On peut choisir de stocker les résultats pour tous les produits et toutes les espèces, ou uniquement pour certains produits et certaines espèces

La sélection s'effectue en cliquant dans les cases correspondantes des deux tableaux de l'écran. La présence dans une case du symbole \surd rouge signifie que les données correspondant à cette case seront stockées

Dans le cas où l'on veut simuler une chronique de pluies, la quantité de résultats produits (hydrogrammes, hyétogrammes et évolution de la ligne d'eau en tout point de calcul pour toutes les pluies) devient vite extrêmement importante. Pour éviter de saturer trop vite la mémoire disponible sur le disque, il est conseillé de ne stocker que les résultats réellement utiles.

Pour sélectionner les tronçons ainsi que les produits pour lesquels les pollutogrammes doivent être conservés, utiliser la commande :

*Paramètres
Paramètres qualité
Mode de stockage des résultats*

Cette commande ouvre une fenêtre contenant deux tableaux :

- Le premier tableau permet de stocker un pollutogramme à l'aval du tronçon, par tronçon et par produit :
 - La première colonne donne la liste des tronçons du réseau.
 - La première ligne donne la liste des produits
 - Pour sélectionner ou désélectionner les résultats pour un tronçon et un produit : cliquer avec la souris dans la case correspondante ; les tronçons sélectionnés pour un produit sont repérés par un symbole \surd rouge.
 - Pour initialiser le tableau (aucune case sélectionnée) : appuyer sur le bouton "*Initialiser tableau*".

Pour sélectionner les produits pour tous les tronçons, cliquer sur la case correspondante dans le tableau. Attention, on ne peut désélectionner en une seule fois les produits pour tous les tronçons. Il faut cliquer sur chacune des cases tronçon/produit repérée par un symbole rouge pour le désélectionner. On peut aussi appuyer sur la commande "*Initialiser tableau*" pour repartir d'un tableau sans sélection.

Le deuxième tableau indique pour quels produits on veut conserver les résultats par espèces (c'est à dire autant de résultats que de classes de vitesse chute).

On peut sélectionner tous les produits en une seule fois, mais on doit les désélectionner un par un.

Nota : Il est indispensable de valider en appuyant sur la touche "Valider" avant de fermer la fenêtre.

Lorsque le tableau est constitué après relecture des résultats demandés, seules les cases concernant les résultats par tronçon et par produit sont cochées. L'indication que les résultats sont pour tous les produits n'est pas conservée.

8.4.3.7.1. Utilisation des résultats

Les résultats fournis directement par la simulation sont pour tous les tronçons :

- par événement; la masse totale déposée, la masse totale transitée, le débit massique et la concentration moyenne

Les résultats fournis directement par la simulation sont dans le cas d'une pluie ponctuelle ou pour les tronçons sur lesquels on a choisi de conserver les résultats dans le cas d'une chronique sont les suivants :

- les pollutogrammes en flux et en concentration;

Dans le cas de la simulation d'une chronique de pluies, il est possible d'effectuer automatiquement un classement fréquentiel des masses rejetées et d'en déduire un ajustement statistique. Ce traitement permet de calculer par exemple la période de retour correspondant à un événement rejetant une masse donnée ou au contraire la masse rejetée pour une période de retour donnée. Il permet également de calculer des masses moyennes rejetées sur une période donnée : journée, semaine, mois, année, etc., éventuellement en tenant compte d'autres paramètres (saison par exemple) si la durée de la série chronologique est suffisamment longue.

8.4.4. Paramétrage du module hydraulique

Selon l'option choisie, il est possible de paramétrer le module Muskingum ou le module Barré de Saint Venant. Voir les paragraphes 8.2.4 ou 8.3.4. selon le cas.

8.4.5. Lancement de la simulation

Une fois la pluie, les caractéristiques générales, les caractéristiques du modèle hydraulique définies et les paramètres qualité saisis, la simulation qualité se lance depuis le menu en utilisant la commande :

Simulation
Simulation qualité

Cette commande *enchaîne* une simulation hydraulique (Barré de Saint Venant ou Muskingum) et une simulation qualité.

8.4.6. Exploitation des résultats

Les résultats exploitables avec ce type de simulation dépendent du type d'entrée (pluies isolées ou chroniques de pluies). Voir le chapitre 9.

Si la simulation n'a pas été faite pour toutes les pluies d'une chronique, rechercher le nom de la dernière pluie simulée (donc vraisemblablement celle qui a posé un problème), dans le fichier Pluiesim.txt sous la racine de CANOE.

8.5. Précautions à prendre lors d'une simulation

8.5.1. Contrôles automatiques effectués par le logiciel

Avant la simulation, le logiciel vérifie la cohérence des données et corrige automatiquement certaines d'entre elles, par exemple création d'un exutoire à l'aval d'un réseau, suppression

d'un nœud isolé. Si à la suite de cette vérification, le réseau a été modifié, l'icône  s'affiche en bas à gauche de la fenêtre. Si le projet a été déclaré *Projet maître* dans la fenêtre des caractéristiques, il ne pourra pas être sauvegardé sous le même nom après la simulation (sauvegarde des données, des paramètres de simulation et des résultats).

Lorsque vous lancez l'applicatif de simulation hydrologique et hydraulique, le logiciel contrôle que les données du projet n'ont pas été modifiées depuis la dernière simulation. Si le

projet a été modifié, l'icône  est affichée en bas à gauche de la fenêtre. Cette icône indique à l'utilisateur que les résultats ne sont peut-être plus en accord avec le réseau. En effet, il a pu modifier la structure du réseau et les résultats ne correspondent pas à ce réseau. Par contre, si la modification n'a pas porté sur la structure du réseau, (par exemple le changement du nom d'un nœud ou la création d'un histogramme non utilisé en injection), les résultats restent valables pour ce réseau. Le logiciel ne signale pas le type de modification apportée, mais met simplement en garde l'utilisateur.

8.5.2. Anomalies possibles

Différentes anomalies peuvent apparaître lors de la simulation. Voir §3.6.1. ou dans l'annexe.

Si la simulation n'a pas été faite pour toutes les pluies d'une chronique, rechercher le nom de la dernière pluie simulée (donc vraisemblablement celle qui a posé un problème), dans le fichier Pluiesim.txt sous la racine de CANOE.

8.6. Affecter manuellement des conditions aux limites

CANOE distingue deux types de conditions aux limites :

- les conditions aux limites en hauteur, normalement affectées à des exutoires (extrémités aval des réseaux) ;
- les conditions aux limites en débit, normalement affectées à des têtes de réseau (extrémités amont) ou à des nœuds courants.

Au sens de CANOE, ces informations font partie des données structurelles et sont donc définies dans l'applicatif de gestion des données structurelles.5.4.6.

8.6.1. Affecter un histogramme à un exutoire

Pour affecter un histogramme déjà défini à un exutoire du réseau, aller dans l'applicatif de *Gestion des données*.

Utiliser les commandes *Edition/Création exutoire* ou *Sélection exutoire* (cas de la mise à jour) ou cliquer sur les icônes :



pour la création



ou pour la mise à jour.

Voir le paragraphe 5.4.6. pour le détail de la saisie.

8.6.2. Affecter un hydrogramme

Pour affecter (ou désaffecter) des hydrogrammes **déjà définis** à des nœuds du réseau, sélectionner la commande "*Injection*" du menu "*Edition*" de l'applicatif "*Gestion des données*

structurelles du réseau" ou cliquer sur l'icône .

Cette commande ouvre la fenêtre de définition des injections. Cette fenêtre comporte :

- la liste déroulante des nœuds du réseau
- la liste des hydrogrammes disponibles dans la base de données
- la liste des hydrogrammes injectés au nœud sélectionné

8.6.2.1. Associer un nouvel hydrogramme à un nœud

- sélectionner le nœud du réseau dans la liste des nœuds du réseau ou en le désignant sur le plan (pour indiquer que la saisie du nœud va être faite à l'aide de la souris, cliquer sur



l'icône) ;

- sélectionner l'hydrogramme dans la liste des hydrogrammes disponibles ;



- cliquer sur l'icône ; l'hydrogramme est ajouté à la liste des hydrogrammes à injecter au nœud sélectionné.

Nota : plusieurs hydrogrammes peuvent être injectés au même nœud. Un hydrogramme ne peut être injecté en un nœud portant un ouvrage spécial.

8.6.2.2. Enlever un hydrogramme de la liste des hydrogrammes à injecter à un nœud

- sélectionner le nœud du réseau dans la liste des nœuds du réseau ou en le désignant sur le plan (pour indiquer que la saisie du nœud va être faite à l'aide de la souris, cliquer sur



l'icône

- sélectionner l'hydrogramme dans la liste des hydrogrammes à injecter ;



- cliquer sur l'icône ; l'hydrogramme est supprimé de la liste des hydrogrammes à injecter au nœud sélectionné.

Nota : un nœud, auquel est rattaché une injection, est représenté par un triangle bleu sur le plan du réseau.

8.6.2.3. Visualiser les hydrogrammes

Il est possible de visualiser la forme des hydrogrammes disponibles. Pour ceci, cliquer sur



l'icône :

Pour revenir à la fenêtre d'affectation des injections après avoir consulté l'hydrogramme,



cliquer sur

8.6.2.4. Valider la liste des hydrogrammes à injecter

- Cliquer sur *Valider* pour enregistrer le nœud sur lequel doit se faire l'injection et les hydrogrammes à injecter
- Cliquer sur *Initialiser* pour associer au nœud sélectionné les hydrogrammes qui étaient à injecter au nœud au moment de la sélection du nœud.

8.6.2.5. Injection des hydrogrammes lors d'une simulation

Le tableau ci-dessous rappelle les règles d'injection des hydrogrammes définis comme hydrogrammes à injecter, en fonction des dates et heures respectives de la simulation et du type de l'histogramme.

	Simu. datée 1 pluie	Simu. non datée 1 pluie
Hydrogramme daté	Injecté	Non injecté
Hydrogramme non daté	Non injecté	Injecté
Journalier	Injecté	Injecté
Journalier constant	Injecté	Injecté

	Simu chronique continue	Simu chronique non continue Pluie datée	Simu chronique non continue Pluie non datée
Hydrogramme daté	Injecté	Injecté	non injecté
Hydrogramme non daté	Non injecté	Non injecté	Injecté
Journalier	Injecté	Injecté	Injecté
Journalier constant	Injecté	Injecté	Injecté

Remarque

Dans le cas de la simulation non datée d'une pluie, la simulation est considérée comme commençant à 0h. Les hydrogrammes non datés ou journaliers sont injectés au début de la simulation

Une simulation continue correspond à la simulation successive de pluies datées. Le début de la simulation correspond au début de la pluie et un hydrogramme daté d'eau pluviale est injecté si la période de simulation correspond à la date de l'hydrogramme.

Une simulation non continue correspond à la simulation successive de pluies datées ou non datées

- si la pluie est datée, la simulation est datée. Un hydrogramme daté d'eau pluviale est injecté si la période de simulation correspond à la date de l'hydrogramme
- si la pluie n'est pas datée, la simulation est non datée et considérée comme commençant à 0h. Les hydrogramme non datés ou journaliers sont injectés au début de la simulation

8.7. Simulation de l'eau parasite

8.7.1. Principes

8.7.1.1. Les différents types de production

Les différents types d'eau entrant dans un réseau d'assainissement sont :

- les eaux usées :
elles peuvent être produites par des bassins versants ou injectées sous forme d'hydrogrammes constants ou journaliers permanents ;
- les eaux parasites :
elles peuvent être produites par des bassins versants ou injectées sous forme d'hydrogrammes constants ou journaliers permanents ;
- les eaux pluviales :
elles peuvent être produites par des bassins versants ou injectées par des hydrogramme quelconques ou journaliers datés.

Pour pouvoir visualiser indépendamment en un point quelconque du réseau, pendant une durée, les histogrammes d'eau pluviale, d'eau usée et d'eau parasite, il faut simuler séparément le transfert de ces trois types d'apport dans le réseau.

L'inconvénient qui découle de cet avantage est que la simulation sera plus longue (simulation d'une journée de temps sec) et que le volume du stockage des résultats sera plus important.

8.7.1.2. Simulation selon le type d'apport

Les règles de simulation des différents types d'apport sont les suivantes :

Simulation des apports d'eau usée et d'eau claire parasite injectée : simulation Muskingum d'une journée type puis d'une deuxième journée type avec reprise pour la valeur au temps 0 de la valeur à 24 heures de la simulation précédente. On conserve les 2 hydrogrammes (EU et ECP) résultats de la deuxième journée aux points de stockage.

Simulation des apports d'eau claire parasite des bassins versants : simulation Muskingum pendant une durée longue (durée de la chronique ou période pluvieuse) des valeurs caractéristiques (au temps $t = 0$, au début et à la fin de chaque pluie, à la fin de la durée de simulation) d'eau claire parasite de chacun des bassins versants (variables avec le temps).

Simulation des apports d'eau totale, de l'eau usée, de l'eau pluviale : simulation pour chacun des événements par Barré de Saint Venant ou par Muskingum selon le type de simulation

choisi par l'utilisateur avec une période de stabilisation de l'eau usée, de l'eau pluviale et du mélange eau usée, eau pluviale et eau claire parasite.

8.7.2. Principes de calcul du débit d'eau parasite d'infiltration des bassins versants

Le débit d'eau parasite est lié à la saison (c'est la composante de variation saisonnière) et aux événements pluvieux (c'est la composante événementielle).

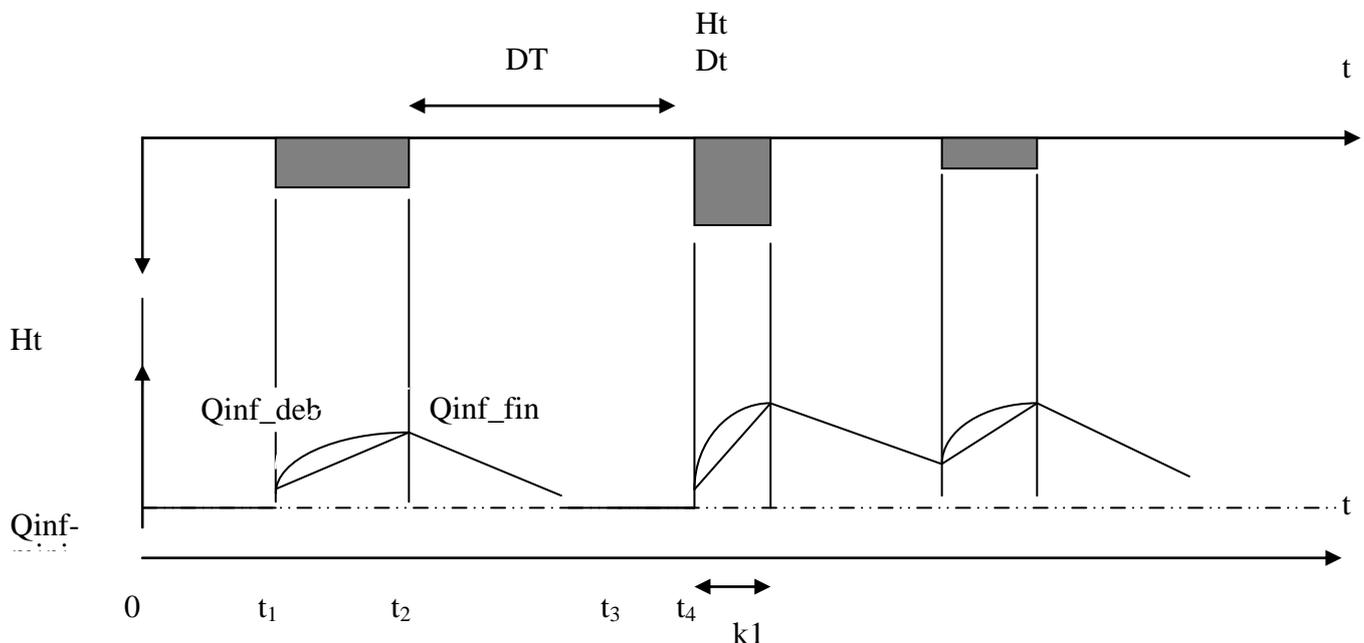
Le débit total d'infiltration d'eau parasite est égal à la somme de la composante saisonnière et de la composante événementielle.

8.7.2.1. Composante saisonnière

Un débit d'eau claire parasite peut être défini pour l'année, pour 6 mois, par trimestre, pour 2 mois ou par mois.

8.7.2.2. Composante événementielle

Le débit d'infiltration décroît linéairement pendant les périodes sèches jusqu'à la valeur du débit minimum et croît exponentiellement pendant les périodes pluvieuses.



Le calcul se fait en trois étapes :

Etape 1 : au début du premier événement

$$Q_{inf_deb} = Q_{inf_mini}$$

Avec

Q_{inf_mini} débit minimum d'infiltration d'eau parasite (défini par l'utilisateur)
 Q_{inf_deb} débit d'infiltration d'eau parasite au début du 1^{er} événement

Etape 2 :

- Calcul du débit d'infiltration à la fin de l'événement pluvieux et à la fin de la période de temps sec précédant l'événement suivant:

$$Q_{inf_fin} = Q_{inf_max} - (Q_{inf_max} - Q_{inf_deb}) \cdot \exp(-k_2 \cdot H_t)$$

Qinf_fin	débit d'infiltration d'eau claire parasite à la fin de l'événement traité
Qinf_deb	débit d'infiltration d'eau claire parasite au début de l'événement traité
Qinf_max	débit maximum d'infiltration d'eau claire parasite
k ₂	constante de temps de la courbe d'évolution du débit d'eau parasite pendant la période pluvieuse (définie par l'utilisateur)
Ht	hauteur totale d'eau précipitée durant l'événement pluvieux (en mm)

- Calcul du débit d'infiltration à la fin la période de temps sec qui précède l'événement suivant

Si $t_1 < k_1$ alors
 $Qinf_deb = Qinf_fin + DTS/k_1 \cdot (Qinf_fin - Qinf_mini)$
 Sinon
 $Qinf_deb = Qinf_mini$

Avec

DTS	durée temps sec entre les 2 événements en jours
Qinf_fin	débit d'infiltration d'eau claire parasite à la fin de l'événement précédent
Qinf_deb	débit d'infiltration d'eau claire parasite au début de l'événement traité
Qinf_mini	débit d'infiltration minimum d'eau claire parasite (défini par l'utilisateur)

Cette étape est exécutée pour chaque pluie simulée.

Etape 3 : calcul des valeurs des débits d'infiltration d'eau claire parasite en chaque pas de temps de la simulation

Quand les points caractéristiques ont été calculés pour un bassin versant, les valeurs des débits d'infiltration d'eau claire parasite sont calculées pour ce bassin versant en chaque pas de temps à partir du début de la période pluvieuse par une approximation linéaire :

$$Qinf(t) = Qinf_deb + (Qinf_fin - Qinf_deb) \cdot t/Dt$$

Avec

t	temps écoulé depuis le début de l'événement pluvieux (min)
Qinf(t)	débit d'infiltration d'eau claire parasite au temps t
Dt	durée totale de la pluie (mn)
Qinf_deb	débit d'infiltration d'eau claire parasite au début de l'événement traité
Qinf_fin	débit d'infiltration d'eau claire parasite à la fin de l'événement traité

Pour calculer le débit aux points de stockage des résultats au temps t, on considère que chaque bassin versant produit un débit constant égal au débit d'infiltration au temps t considéré. On propage ces débits dans le réseau jusqu'aux points de stockage. Pour atteindre un état d'équilibre, il est nécessaire de simuler une durée plus ou moins longue selon la taille et la pente du réseau. Pour éviter les problèmes on ne peut pas prendre un pas de temps trop grand. Pour éviter des temps de calcul trop longs, il ne faut pas que le nombre de pas de temps soit trop important.

Dans la version actuelle, on a paramétré le nombre de pas de temps à 48 et la valeur du pas de temps à 30 min .

8.7.3. Saisie des données pour la prise en compte des eaux parasites

8.7.3.1. Saisie de la constante de retour à la valeur minimum du débit d'infiltration

Cette valeur est la même pour tous les bassins versants. Elle est définie dans l'écran de paramétrage des bassins versants.

Pour accéder à cet écran sélectionner successivement les commandes suivantes :

Projet

Paramètres

Paramétrage des bassins versants.

La valeur par défaut est de 5 jours.

8.7.3.2. Saisie des valeurs liées à chaque bassin versant

Les données permettant le calcul des débits d'eau claire parasite fournie par un bassin versant sont saisies au cours de la saisie du bassin versant.

Cocher "*Eau parasite*" dans la première fenêtre de saisie du bassin versant pour indiquer que le bassin versant fournit de l'eau parasite. Lorsque cette coche est présente, les données sont saisies dans la dernière fenêtre de saisie du bassin versant.

8.7.3.2.1. *Données nécessaires pour la composante événementielle*

Les données nécessaires sont :

- le débit minimum d'infiltration d'eau parasite en l/s (valeur par défaut 0).
- le débit maximum d'infiltration d'eau parasite en l/s (valeur par défaut 0).
- la constante de temps d'évolution du débit d'eau parasite pendant la période pluvieuse. Cette constante k_2 est utilisée dans la formule donnant le débit d'infiltration à la fin de la période pluvieuse en fonction du débit au début de la période pluvieuse (voir la formule au §8.7.2.2.).

8.7.3.2.2. *Données nécessaires pour la composante saisonnière*

Sélectionner dans la liste déroulante le nombre de valeurs différentes de débit d'infiltration d'eau claire parasite dans une année :

- 1 valeur annuelle
- 2 valeurs annuelles (il y aura une valeur de janvier à juin, une autre de juillet à décembre)
- 4 valeurs annuelles (il y aura une valeur par trimestre)
- 6 valeurs annuelles (il y aura une valeur pour janvier - février, puis pour mars - avril, etc.)
- 12 valeurs annuelles (il y aura une valeur par mois)

Saisir ensuite dans le tableau les valeurs de débit d'infiltration d'eau claire parasite pour chacune des périodes définies.

8.7.3.3. Injection des histogrammes d'eau parasite

Un histogramme de débit peut être un histogramme d'eau pluviale, d'eau usée ou d'eau claire parasite. Cocher l'option souhaitée lors de la saisie de l'histogramme.

Un histogramme de débit d'eau parasite est un histogramme journalier (24 pas de temps de 1 heure) constant ou non constant.

8.7.4. Prise en compte des eaux parasites lors des simulations

Les injections d'histogrammes constants d'eau usée ou d'eau parasite supposent que l'heure de simulation est connue.

De même, la prise en compte de la composante saisonnière des eaux parasites fournies par les bassins versants suppose la définition d'une date de simulation.

Ces données ne sont pas toujours disponibles. Pour résoudre ce problème, lorsque les simulations ne sont pas horodatées, l'heure de début de la simulation est 0 heure et la date 01/01/1900.

L'option *Composante journalière* permet de connaître les hydrogrammes journaliers d'eau usée et d'eau parasite sur 24 heures en tous les points de stockage des résultats.

L'option *Composante inter événementielle* permet de prendre en compte les débits d'eau parasite fournis par les bassins versants.

Si les options *Composante journalière* et *Composante inter événementielle* sont cochées, la simulation prend en compte les données d'eau parasite fournie par les bassins versants. Les histogrammes journaliers d'eau usée et d'eau parasite sont connus sur 24 heures en tous les points de stockage et permettent ainsi de reconstituer les hydrogrammes d'eau usée (fournie par les bassins versants et injectée), d'eau parasite (fournie par les bassins versants et injectée) à l'amont et à l'aval de chaque tronçon pendant les périodes non pluvieuses.

Si l'option *Composante journalière* est cochée et l'option *Composante inter événementielle* non cochée, la simulation ne prend pas en compte les données d'eau parasite fournie par les bassins versants. Les histogrammes journaliers d'eau usée et d'eau parasite injectée sont connus sur 24 heures en tous les points de stockage et permettent ainsi de reconstituer les histogrammes d'eau usée (fournie par les bassins versants et injectée), d'eau parasite injectée à l'amont et à l'aval de chaque tronçon pendant les périodes non pluvieuses.

N.B. Il n'est pas possible de cocher l'option *Composante inter événementielle* sans avoir choisi l'option *Composante journalière*.

Si l'utilisateur ne choisit pas *Composante journalière* seul le débit total d'eau pluviale, d'eau usée et d'eau injectée (usée et parasite) est visualisé. Dans ce cas, l'utilisateur peut choisir un temps de pré simulation de temps sec avant la simulation proprement dite afin d'avoir au début de la simulation une valeur de débit réaliste.

8.7.4.1. Simulation de type "Aucune pluie, pluie ponctuelle ou pluie 3D"

Les options disponibles sont "Composante journalière" et " Composante inter événementielle" ou Pré simulation temps sec

Si l'option *Pré simulation temps sec* est cochée, définir le temps de pré simulation en heure (ce temps peut être nul). Seul le débit d'eau totale (eau pluviale, eau injectée et eau usée) est connu à l'amont et à l'aval de chaque tronçon.

8.7.4.2. Simulation de chronique de type non continu de pluies ponctuelles ou 3D

L'option *Simulation continue* n'est pas cochée et les options *Composante journalière* et *Composante inter événementielle* ne sont alors pas cochées. L'utilisateur peut définir un temps de pré simulation en temps sec avant le début de chaque pluie en heure et un temps de simulation après la fin de chacune des pluies.

Si l'option *Composante journalière* est cochée, l'option *Simulation continue* est automatiquement cochée.

8.7.4.3. Simulation de chronique de type continu de pluies ponctuelles ou 3D

L'option *Simulation continue* est cochée.

Les options disponibles sont Composante journalière et Composante inter événementielle.

L'option *Composante journalière* est alors obligatoirement cochée mais l'option *Composante inter événementielle* peut-être cochée ou non.

8.7.5. Résultats

Si la simulation a été faite avec l'option *Composante journalière*, les histogrammes des différents type d'eau (eau pluviale, eau usée, eau parasite et débit total) peuvent être visualisés. Cocher le ou les types d'eau à visualiser sur le graphe.

Si la simulation a été faite sans l'option *Composante journalière*, seul l'histogramme de débit d'eau totale (sans le débit d'eau claire parasite fournie par les bassins versants) est visualisé.

8.7.5.1. Résultats de type eau totale

L'histogramme visualisé est l'histogramme calculé par la simulation.

8.7.5.2. Résultats après une simulation simple

8.7.5.2.1. *Résultats de type eau usée*

Les histogrammes d'eau usée pendant les périodes pluvieuses sont conservés aux points de stockage des résultats

L'histogramme pendant les périodes non pluvieuses est la somme des histogrammes d'eau usée injectée et d'eau usée fournie par les bassins versants calculés pendant 24 heures au point choisi.

8.7.5.2.2. *Résultats de type eau parasite*

L'histogramme pendant les périodes pluvieuses est obtenue en retirant au débit total, la somme des débits d'eau usée et d'eau pluviale (valeurs conservées en tous les points de stockage).

L'histogramme pendant les périodes non pluvieuses est la somme des histogrammes d'eau parasite injectée et d'eau parasite fournie (éventuellement nulle si l'option *Composante inter événementielle* n'a pas été choisie) par les bassins versants calculés pendant 24 heures au point choisi.

8.7.5.2.3. *Résultats de type eau pluviale*

Les histogrammes d'eau pluviale pendant les périodes pluvieuses sont conservés aux points de stockage des résultats

8.7.5.3. Résultats après une simulation Barré de saint Venant

8.7.5.3.1. *Résultats de type eau usée*

L'histogramme visualisé est l'histogramme recalculé pendant la période de visualisation, à partir de l'histogramme calculé par la simulation pendant 24 heures de la somme des histogrammes d'eau usée injectée et d'eau usée fournie par les bassins versants au point choisi.

8.7.5.3.2. *Résultats de type eau parasite*

L'histogramme visualisé est l'histogramme recalculé pendant la période de visualisation à partir de l'histogramme calculé par la simulation pendant 24 heures de la somme des histogrammes d'eau parasite injectée et d'eau parasite fournie (éventuellement nulle si l'option *Composante inter événementielle* n'a pas été choisie) par les bassins versants au point choisi.

8.7.5.3.3. *Résultats de type eau pluviale*

Les résultats pour l'eau pluviale sont obtenus par différence : en chaque pas de temps la valeur du débit d'eau pluviale est obtenue en soustrayant à la valeur d'eau totale les valeurs d'eau parasite (injectée et produite par les bassins versants) et d'eau usée (injectée et produite par les bassins versants).

9. Exploiter les résultats d'une simulation

Une fois la simulation terminée, les résultats obtenus peuvent être visualisés et exploités de différentes façons. Toutes sont accessibles depuis le menu "*Résultats*" de l'application "*Simulation hydrologique et hydraulique*". Ce menu est différent selon le type de simulation effectué.

Dans le cas de la simulation d'une pluie isolée, il comporte les commandes suivantes :

Résultats

Histogrammes

Comparaison histogrammes

Tableaux

Bilan vue en plan

Tronçons témoins

Evolution vue en plan

Ligne eau

Débordement vue en plan

Régulateurs

Paramètres rivières

Analyse rivière

Dans le cas de la simulation d'une chronique de pluies, il comporte les commandes suivantes :

Résultats

Histogrammes tronçons

Analyse statistique chronique

Comparaison histogrammes

Analyse statistique des écarts

Liste des pluies non simulées

Exporter Résultats tronçons

Exporter Résultats BR

Paramètres rivières

Analyse rivière

La dernière ligne du menu indique le type de la dernière simulation effectuée sur ce réseau (simple sans écrêtement, simple avec écrêtement, Barré de Saint Venant, Simulation qualité).

Les commandes relatives aux rivières ne seront pas présentées ici. Voir le § 11

Si la commande "*Résultats*" apparaît en grisé, ceci signifie qu'aucun résultat n'est disponible : soit aucune simulation n'a été effectuée sur ce projet depuis sa dernière modification, soit les résultats n'ont pas été correctement sauvegardés.

9.1. Visualiser ou exploiter des hydrogrammes ou des histogrammes

La visualisation de l'évolution des grandeurs hydrauliques ou hydrologiques (débit, vitesse, hauteur, concentration en polluant, débit massique, etc.) en fonction du temps constitue le mode d'analyse le plus immédiat des résultats d'une simulation. CANOE offre différentes possibilités de visualisation, superposition, comparaison, édition ou exportation de ce type de représentation.

9.1.1. Visualiser directement un histogramme à l'écran après avoir simulé une pluie isolée

La façon la plus simple de visualiser un histogramme consiste à utiliser la commande :

Résultats
Histogrammes

Le logiciel ouvre alors un bandeau de commande contenant 6 icônes représentant schématiquement les différents objets sur lesquels la visualisation des histogrammes est possible :



: Permet de visualiser les hydrogrammes d'eau pluviale, d'eau usée, ainsi que leur cumul sur n'importe quel bassin versant.



: Permet de visualiser les histogrammes de hauteur, vitesse, débit (éventuellement flux de polluants) en tout point d'un tronçon quelconque.



: Permet de visualiser les histogrammes de débit, de vitesse et de hauteur sur les liaisons d'un ouvrage spécial.



: Permet de visualiser les histogrammes de volume débordé et de débit sortant sur tous les points de débordement (dans le cas d'une simulation effectuée par le modèle Barré de Saint Venant).



: Permet de visualiser les histogrammes de hauteur, volume et débit infiltré dans les bassins de retenue.



: Permet de visualiser les histogrammes de débit, de vitesse et de hauteur sur les liaisons d'un bassin de retenue.

9.1.1.1. Visualiser un hydrogramme à l'exutoire d'un bassin versant



Pour éditer les résultats d'un bassin versant, cliquer sur l'icône  puis sélectionner le bassin versant en le désignant avec la souris sur le plan ou en le choisissant dans la liste déroulante.

Trois histogrammes sont édités dans la partie haute de la fenêtre représentant respectivement :

- l'hydrogramme d'eau pluviale à l'exutoire,
- l'hydrogramme d'eau usée à l'exutoire,
- le cumul des deux.

Désigner l'un de ces trois histogrammes à l'écran (ou choisir dans le menu) permet de le dessiner agrandi dans la partie basse de l'écran.



L'icône  permet de visualiser sous forme de tableau les résultats de l'historgramme sélectionné.



L'icône  permet de revenir au tracé des histogrammes.

Cliquer sur "Retour" pour revenir aux menu général "Résultats".

Nota : Pour visualiser les hydrogrammes sur un autre bassin versant, cliquer sur n'importe quel point de la fenêtre principale, puis choisir le bassin versant.

9.1.1.2. Visualiser un histogramme en un point d'un tronçon

9.1.1.2.1. *Visualiser l'évolution du débit, de la hauteur ou de la vitesse*

Pour éditer les résultats d'un tronçon, cliquer, sur l'icône  puis sélectionner le tronçon sur le plan ou dans la liste déroulante.

Les histogrammes de débit, vitesse, hauteur pour ce tronçon sont affichés en petit format. Sur ces tracés une ligne verte rappelle :

- la hauteur de la conduite sur l'histogramme de hauteur d'eau,
- la vitesse de 2 m/s pour l'histogramme de vitesse,
- le débit admissible (débit maximum que la conduite peut écouler à surface libre en régime uniforme) pour l'histogramme de débit.

Désigner l'un de ces trois histogrammes à l'écran (ou choisir dans le menu) permet de le dessiner agrandi dans la partie basse de l'écran.

L'icône  permet de visualiser sous forme de tableau les résultats de l'histogramme sélectionné. Ce tableau indique pour chaque pas de temps le temps (en s), le débit (en m³/s), la hauteur (en m) et la vitesse (en m/s).

Si l'option "*Filtre débits artificiels*" est cochée, les débits inférieurs à la valeur au temps 0 pour l'hydrogramme visualisé sont affichés comme nuls sur le graphique et dans le tableau.

L'icône  permet de revenir au tracé des histogrammes.

La réglette "*amont ---- aval*" permet de choisir le point du tronçon où les histogrammes sont visualisés.

Nota : Dans le cas d'une simulation par le modèle Muskingum, les grandeurs intermédiaires ne sont pas visualisables.

Cliquer sur "*Retour*" pour revenir aux menu général "*Résultats*".

Nota : Pour visualiser les hydrogrammes sur un autre tronçon, cliquer sur n'importe quel point de la fenêtre principale, puis choisir le tronçon.

9.1.1.2.2. *Visualiser un pollutogramme*

Si la simulation effectuée est une simulation qualité, le logiciel affiche l'icône suivante :



En cliquant sur cette icône, on peut visualiser les résultats de la simulation qualité : pollutogrammes en concentration et en débits massiques.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran Mode de stockage des résultats accessible par la commande Paramètres qualité du menu Paramètres. Voir §8.4.3.7.

La liste déroulante permet de choisir le produit et l'espèce à représenter. Pour chacun d'entre eux, il est possible de représenter soit le pollutogramme en concentration, soit le pollutogramme en débit massique. L'hydrogramme est également rappelé.

L'icône  permet de visualiser sous forme de tableau les résultats de l'histogramme sélectionné.

L'icône  permet de revenir au tracé des histogrammes.

Enfin, on peut afficher la courbe Masse polluant = f(Volume) en cliquant sur le bouton de commande correspondant. Les grandeurs en x et en y sont alors normées (elles sont divisées respectivement par le volume total et la masse totale pour être comprises entre 0 et 1).

Cliquer sur la flèche "Retour" pour revenir aux menu général de visualisation des histogrammes sur les tronçons.

pour en savoir plus : Pollutogramme, Premier flot (effet de)

9.1.1.3. Visualiser un histogramme dans un bassin de retenue

9.1.1.3.1. *Visualiser l'évolution du volume stocké, de la hauteur ou du débit infiltré*



Pour éditer les résultats de la simulation dans un bassin de retenue, cliquer sur l'icône puis sélectionner le bassin de retenue sur le plan ou dans la liste déroulante.

Trois histogrammes sont affichés en petit format. Il s'agit respectivement :

- de l'évolution de la hauteur d'eau dans le bassin (la ligne verte représente la hauteur maximum).
- de l'évolution du volume stocké dans le bassin (la ligne verte indique le volume total du bassin de retenue).
- de l'évolution cumulée du volume infiltré.

Désigner l'un de ces trois histogrammes à l'écran permet de le dessiner agrandi dans la partie basse de l'écran.



L'icône permet de visualiser sous forme de tableau les résultats de l'histogramme sélectionné.



L'icône permet de revenir au tracé des histogrammes.

Attention, si après une simulation par Barré de Saint Venant, un bassin de retenue est indiqué dans le tableau des résultats comme débordant mais que la valeur du volume débordé est nulle, cela correspond au fait que le bassin n'a pas été défini pour traiter les débordements dans Barré de Saint Venant.

9.1.1.3.2. *Visualiser un histogramme sur les liaisons*

Pour éditer les résultats sur les liaisons à l'intérieur d'un bassin de retenue, cliquer sur l'icône



puis sélectionner le bassin de retenue sur le plan ou dans la liste déroulante.

Nota : Cette option n'est possible qu'après une simulation par le modèle Barré Saint Venant.

La représentation symbolique du bassin de retenue est affichée et comporte les numéros des liaisons. Sélectionner sur le schéma la liaison que l'on veut étudier.

Les histogrammes éditables sont les débits, les vitesses et les hauteurs.

Procéder comme pour les tronçons pour visualiser le résultat voulu (Cf. §9.1.1.2.).

9.1.1.4. Visualiser un histogramme dans un ouvrage spécial



Pour éditer les résultats de la simulation dans un ouvrage spécial, cliquer sur l'icône puis sélectionner l'ouvrage spécial sur le plan ou dans la liste déroulante.

Nota : Cette option n'est possible qu'après une simulation par le modèle Barré Saint Venant.

Les histogrammes éditables sont les débits, les vitesses et les hauteurs.

Procéder comme pour les tronçons pour visualiser le résultat voulu (Cf. §9.1.1.2.).

9.1.1.5. Visualiser un histogramme sur un point de débordement



Pour éditer les résultats en un point de débordement cliquer sur l'icône . Une liste des nœuds déclarés comme points de débordement permet de sélectionner le nœud de débordement à étudier. Les histogrammes tracés sont le volume débordé cumulé et le débit sortant en ce point. Si aucune fenêtre ne s'ouvre, cela signifie qu'il n'y a aucun point de débordement déclaré ou qu'il n'y a pas eu de débordement au nœud déclaré comme point de débordement.

Nota : Cette option n'est possible qu'après une simulation par le modèle Barré Saint Venant.

9.1.2. Imprimer, sauvegarder, faire une copie EXCEL des histogrammes

CANOE permet d'imprimer directement un histogramme quelconque, de le sauvegarder dans la base de données histogrammes pour un traitement ultérieur ou d'en faire une copie dans un fichier EXCEL. Pour ceci, utiliser la démarche suivante :

Choisir le type d'objet sur lequel on veut travailler, puis l'objet lui même et enfin l'histogramme à imprimer ou à sauvegarder en utilisant les mêmes écrans que pour visualiser un histogramme à l'écran (voir le § 9.1.1.).

- Pour imprimer : cliquer sur l'icône 
- Pour sauvegarder : cliquer sur l'icône  ; le logiciel ouvre une fenêtre permettant de saisir un nom et un commentaire.

Attention : dans la version 1.7, seuls les histogrammes de hauteur et de débit peuvent être archivés de cette façon.

- Pour faire une copie EXCEL : passer d'abord en mode tableau (icône ) , puis cliquer sur l'icône  ; le logiciel ouvre la fenêtre de saisie du nom du fichier Excel ; le répertoire par défaut est celui de CANOE.

9.1.3. Superposer directement des histogrammes

Superposer des histogrammes permet de comparer entre eux des histogrammes obtenus en divers points après simulation, de confronter des hauteurs et des débits, de comparer un histogramme mesuré avec un histogramme, de superposer un histogramme avec le hyétogramme de la pluie simulée, etc.

CANOE offre plusieurs possibilités pour effectuer cette tâche : la façon la plus simple est la superposition directe. Elles se met en œuvre de la manière suivante :

9.1.3.1. Sélection des histogrammes à superposer

Choisir le type d'objet sur lequel on veut visualiser le premier histogramme, puis l'objet lui-même et enfin l'histogramme à superposer en utilisant les mêmes écrans que pour visualiser un histogramme à l'écran (voir le § 9.1.1.).

Cliquer ensuite sur l'un des numéros 1, 2 ou 3. Procéder ensuite de la même manière pour le deuxième histogramme et éventuellement pour le troisième (en changeant de numéro à chaque sélection)

9.1.3.2. Visualisation des histogrammes



Cliquer sur l'icône  pour faire apparaître le graphe. CANOE ouvre alors un écran de visualisation offrant les possibilités suivantes :

- Rappel des histogrammes sélectionnés issus de la simulation : le(s) nom(s) du (ou des) histogramme(s) sélectionné(s) par la procédure précédente sont rappelés en haut de la fenêtre.
- Sélection d'un histogramme supplémentaire : il est possible de rajouter au graphe un histogramme supplémentaire (par exemple un histogramme mesuré ou issu d'une autre simulation) à condition que cet histogramme ait été préalablement stocké dans la bibliothèque d'histogrammes du projet (voir §5.5. et §9.1.2.). Pour ceci, sélectionner l'histogramme désiré dans la liste déroulante associée à la zone de saisie "*Histogramme*

du projet". Cliquer ensuite sur l'icône  pour obtenir le dessin avec l'histogramme supplémentaire.

- Modification de l'échelle : il est possible de modifier l'échelle de représentation de n'importe quel histogramme en utilisant la liste déroulante associée à chaque

histogramme (de 1/10000 à 1000). Cliquer ensuite sur l'icône  pour obtenir le nouveau dessin.

- Modification du type de dessin : deux types de représentation sont possibles (2D ou 3D) ; sélectionner la forme voulue en cliquant sur l'icône correspondante ; le dessin lui-même peut être modifié avec l'éditeur graphique ;

- Superposition du hyétogramme : Il est possible de superposer le hyétogramme de la

pluie en cliquant sur l'icône  le hyétogramme est dessiné selon un axe des ordonnées inversé (descendant).

- Donner un titre au graphe : remplir la zone de saisie "Titre".
- Imprimer les histogrammes : pour imprimer le graphe représentant les histogrammes,



cliquer sur l'icône

N.B. Si la simulation (simulation avec composante journalière) a différencié les eaux parasites, pluviales et eaux usées, on peut effectuer les opérations précédentes pour l'histogramme d'eaux mélangées ou pour l'histogramme d'eau pluviale ou d'eau usée ou d'eau parasite. Pour cela cocher la case correspondante et seulement celle-là. Si, plusieurs cases sont cochées, l'histogramme pris en compte est l'histogramme de débit total.

9.1.4. Superposer des histogrammes de la base de données

Une autre façon possible de superposer des histogrammes consiste à utiliser l'éditeur d'histogrammes dans l'appliquatif de gestion des données structurées.

Nota : Seuls des histogrammes de débit, de hauteur et de concentration préalablement stockés dans la base peuvent être visualisés par cette procédure.

Cette commande est accessible dans l'appliquatif de gestion des données structurées par le menu

Edition
Histogramme

Elle se lance par la commande :

Histogramme
Superposition

Elle permet de sélectionner plusieurs histogrammes (jusqu'à 4 histogrammes) et de superposer les courbes sur un même graphe. On peut sélectionner des histogrammes de débits, de hauteurs, de vitesses ou de concentration.

La baguette magique affiche le plus grand des nombres de pas de temps des histogrammes sélectionnés et la durée du pas de temps la plus appropriée aux histogrammes sélectionnés.

Le titre sera le titre écrit en haut du graphe.

Il est possible de modifier l'échelle de chacune des courbes (par défaut échelle = 1). Pour un facteur 1 :

- les débits sont en m^3 ,
- les vitesses en m/s,
- les hauteurs en m,
- les concentrations en mg/l.



Cliquer sur  pour dessiner l'histogramme, lorsque tous les paramètres ont été saisis.

On peut tracer le graphe en 2D ou en 3D en cliquant sur l'icône correspondante.

9.1.5. Comparer des hydrogrammes simulés et mesurés

Pour comparer des hydrogrammes simulés et mesurés utiliser la commande :

Résultats

Comparaison histogrammes

Cette fonction nécessite que l'ensemble des histogrammes aient été horodatés. Elle est particulièrement utile en phase de calage. Elle est décrite en détail dans le §10.3.

9.1.6. Visualiser un histogramme après avoir simulé une chronique non continue

Pour visualiser les histogrammes obtenus sur les tronçons, après avoir simulé une chronique de pluies, utiliser les commandes :

Résultats
Histogrammes tronçon

Sélectionner ensuite, (obligatoirement à la souris), le tronçon désiré.

Le logiciel ouvre une fenêtre permettant de choisir la pluie pour laquelle on souhaite visualiser l'historique. Sélectionner dans le menu de la fenêtre le type d'historique (débit, hauteur ou vitesse).

Nota : seules les pluies pour lesquelles la simulation a abouti sont dans cette liste. La liste des pluies n'ayant pu être simulées (uniquement dans le cas de la simulation par Barré de Saint Venant) est accessible en sélectionnant le menu Résultats / Liste des pluies n'ayant pu être simulées).

Les icônes  et  permettent respectivement de visualiser l'historique sous forme de tableau ou sous forme de graphique. Le tableau indique pour chaque pas de temps le temps (en s), le débit (en m³/s), la hauteur (en m) et la vitesse (en m/s).

L'icône  permet de l'imprimer.

L'icône  permet l'exportation sous un fichier Excel. Le logiciel ouvre la fenêtre de saisie du nom du fichier Excel ; le répertoire par défaut est celui de CANOE.

9.1.7. Visualiser les résultats après avoir simulé une chronique continue

Après une simulation continue, la visualisation directe des résultats est accessible par le menu :

Résultats
Histogrammes tronçon

Ce menu offre les possibilités suivantes :

Histogrammes tronçon
pour une pluie
journalier
sur une durée
Volume exutoires

Pour les 4 premières options, il faut commencer par sélectionner le tronçon désiré (obligatoirement à la souris). La dernière option édite les volumes d'eau pluviale, d'eau usée, d'eau claire parasite ainsi que le volume total pour chacun des exutoires.

N.B. L'ouverture de la fenêtre peut être assez longue si la durée de la chronique est importante ; en effet, le logiciel construit la liste des jours de cette période.

9.1.7.1. Résultats pour une pluie de la chronique

Le logiciel ouvre une fenêtre permettant de choisir la pluie pour laquelle on souhaite visualiser l'histogramme. Sélectionner dans le menu de la fenêtre le type d'histogramme (débit, hauteur ou vitesse).

Les icônes  et  permettent respectivement de visualiser l'histogramme sous forme de tableau ou sous forme de graphe.

L'icône  permet de l'imprimer.

L'icône  permet l'exportation sous un fichier Excel. Le logiciel ouvre la fenêtre de saisie du nom du fichier Excel ; le répertoire par défaut est celui de CANOE.

L'histogramme de débit est affiché pour une période de simulation définie par programme (voir les règles, par exemple dans l'encadré du §8.2.1.2.).

Pour la première pluie de la chronique, le début des résultats correspond au temps de début de la pluie même s'il est antécédent au temps de début de la chronique.

Pour la dernière pluie de la chronique, la fin des résultats s'arrête au temps de fin de la chronique s'il est postérieur au temps de fin de la pluie.

Nota :

9.1.7.2. Résultats journalier de temps sec

Cette option permet de visualiser une journée type de temps sec.

Sélectionner le tronçon pour lequel on veut les résultats.

L'histogramme de débit journalier (de 0h à 24h) est affiché avec un pas de temps de 6 minutes pour le tronçon sélectionné.

Pour passer en mode tableau, cliquer sur l'icône  pour revenir en mode graphe cliquer sur l'icône .

9.1.7.3. Résultats sur une durée

Cette option permet de visualiser un histogramme sur n'importe quelle période de temps, correspondant à des périodes sèches ou pluvieuses. Les données à fournir sont les suivantes :

- Date et heure de début : le logiciel propose par défaut la date de début de la première journée de la période pluvieuse de la chronique de pluies.
- Date et heure de fin : le logiciel propose par défaut 24 heures après la date de début de la première journée de la période pluvieuse de la chronique de pluies.

L'histogramme de débit est affiché pour la durée demandée. Il est constitué des histogrammes de débit correspondant aux pluies de la chronique et pendant les durées de temps sec du débit journalier correspondant et pour le tronçon correspondant. La valeur du pas de temps d'affichage est choisie par le logiciel en fonction de la durée demandée.

Pour les trois types de résultats, on passe en mode tableau en cliquant sur l'icône  et en mode graphe en cliquant sur l'icône .



Si la simulation a simulé la qualité, cliquer sur l'icône  pour obtenir les résultats de qualité.

9.1.8. Exporter les résultats après avoir simulé une chronique

Deux types de données peuvent être exportés :

Pour chaque pluie et chaque tronçon : hauteur max, débit max et volume total

Hauteurs calculées dans les bassins de retenue

9.1.8.1. Exportation des résultats tronçons

Pour exporter les résultats tronçons après avoir simulé une chronique (continue ou non), sélectionner la commande *Exporter résultats tronçons* dans l'appliquatif de *simulation hydrologique et hydraulique*.

Résultats

Exporter résultats tronçons

Cette commande ouvre la fenêtre d'exportation des résultats. Cette fenêtre permet de choisir les tronçons pour lesquels on veut exporter les résultats en cochant les cases correspondant aux tronçons.

Cliquer ensuite sur la commande *Exporter* et choisir l'emplacement et le nom du fichier ASCII qui contiendra les résultats.

La commande *Initialiser* remet les mêmes coches qu'à l'ouverture de la fenêtre.

La commande *Tout désélectionner* enlève toutes les coches.

Format des résultats

Le fichier ASCII contient les résultats de la simulation pour les tronçons sélectionnés sous la forme suivante :

```
"Tronçon"@ "Nom de la pluie"@ "Débit max(m3)"@ "Hauteur max(m)"@ " Volume total(m3)"
Nom du tronçon1 @nom de la pluie1 @débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
Nom du tronçon1 @nom de la pluie2@débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
..
Nom du tronçon1 @nom de la pluie1@débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
Nom du tronçon2@nom de la pluie1@débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
Nom du tronçon2@nom de la pluie2@débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
....
Nom du tronçon2@nom de la pluie1@débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
....
....
Nom du tronçonn@nom de la pluie1@débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
Nom du tronçonn@nom de la pluie2@débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
....
Nom du tronçonn@nom de la pluie1@débit max (m3)@Hauteur max (m)@volume total (m3)
```

Voir le §19 pour importer les données du fichier sous EXCEL.

9.1.8.2. Exportation des hauteurs dans le bassin de retenue

Pour exporter les hauteurs des bassins de retenue après avoir simulé une chronique (continue ou non), sélectionner la commande *Exporter résultats bassins de retenue* dans l'appliquet de *simulation hydrologique et hydraulique*.

Résultats

Exporter hauteurs bassins de retenue

Cette commande ouvre la fenêtre d'exportation des résultats. Cette fenêtre permet de choisir les bassins de retenue pour lesquels on veut exporter les résultats en cochant les cases correspondant aux bassins.

Cliquer ensuite sur la commande *Exporter* et choisir l'emplacement et le nom du fichier ASCII qui contiendra les résultats.

La commande *Initialiser* remet les mêmes coches qu'à l'ouverture de la fenêtre.

La commande *Tout désélectionner* enlève toutes les coches.

Format des résultats

Le fichier ASCII contient les résultats de la simulation pour les bassins sélectionnés sous la forme suivante :

```
Nom du B.R.   @Pluie @Hmax m@Volume max m3
Nom du B.R.1  @Pluie1 @Hmax m@Volume max m3
Nom du B.R.1  @Pluie2@Hmax m@Volume max m3
.....
Nom du B.R.1  @Pluie@Hmax m@Volume max m3
Nom du B.R.2  @Pluie1 @Hmax m@Volume max m3
Nom du B.R.2  @Pluie2@Hmax m@Volume max m3
.....
Nom du B.R.2  @Pluie@Hmax m@Volume max m3
.....
Nom du B.R.n  @Pluie1 @Hmax m@Volume max m3
Nom du B.R.n  @Pluie2@Hmax m@Volume max m3
.....
Nom du B.R.n  @Pluie@Hmax m@Volume max m3
```

Voir le §19 pour importer les données du fichier sous EXCEL.

9.2. Visualiser ou exploiter des résultats synthétiques sous forme de tableaux

L'édition de tableaux de synthèse des résultats de la simulation est possible en utilisant la commande :

*Résultats
Tableaux*

Les résultats peuvent être édités pour les tronçons, les bassins versants, les bassins de retenue ou les points de débordement.

9.2.1. Données par bassin versant

Les données par bassin versant sont les suivantes :

- 1^{ère} colonne : rappel du nom du bassin versant et de sa surface (en hectares).
- 2^{ème} colonne : rappel du nom du nœud auquel le bassin versant est rattaché.
- 3^{ème} colonne : volume produit (m³)
- 4^{ème} colonne : débit maximum (en m³/s) et temps de montée (en minutes).

9.2.2. Données par tronçon

Les données par tronçon sont les suivantes :

- 1^{ère} colonne : rappel du nom du tronçon et du type de forme de conduite.
- 2^{ème} colonne : débit maximum (en m³/s) et temps de montée (en minutes).
- 3^{ème} colonne : hauteur d'eau maximum dans la conduite (en m) et temps de montée (en minutes).
- 4^{ème} colonne : vitesse maximum dans la conduite (en m/s) et temps de montée (en minutes).
- 5^{ème} colonne : rappel de la pente (en m/m) et taux de remplissage (rapport du débit maximum au débit maximum acceptable par la conduite en régime uniforme (en %)).
- 6^{ème} colonne : rappel du volume transité par le tronçon pendant la durée de la simulation (en m³)

Nota : Dans le cas d'une simulation par le modèle Muskingum, les valeurs de vitesse et de hauteur sont celles qui correspondent à un régime uniforme pour la valeur calculée du débit.

Le tableau des résultats par tronçon peut être édité pour :

- tous les tronçons
- les tronçons témoins
- les tronçons exutoires

Sélectionner la commande correspondante dans le menu suivant :

*Résultats
Tableaux
Tronçons
Tous les tronçons
Les tronçons témoins
Les tronçons exutoires*

9.2.3. Données par bassin de retenue

Les données par bassin de retenue sont les suivantes :

- 1^{ère} colonne : rappel du nom du bassin de retenue.
- 2^{ème} colonne : hauteur maximum dans le bassin (en m).
- 3^{ème} colonne : volume maximum dans le bassin (en m³).
- 4^{ème} colonne : durée pendant laquelle le bassin de retenue déborde (en minutes).
- 5^{ème} colonne : volume débordé (en m³).
- 6^{ème} colonne : volume maximum stocké (en m³).

9.2.4. Tableau des débordements

Les données par point de débordement sont les suivantes :

- Nom du nœud
- Volume max débordé (m³)

9.2.5. Manipulation du tableau

Les 4 premières icônes du bandeau haut permettent de passer :

- au début du document
- à la page précédente
- à la page suivante
- à la fin du document



L'icône  permet alternativement d'afficher en aperçu ou en pleine page.



L'icône  permet d'imprimer le document.

Les informations fournies ensuite sont le nombre d'objets lus dans la base de données, le nombre d'objets affichés et le numéro de la page courante.

9.2.6. Exportation des données dans des fichiers ASCII

On peut exporter les tableaux de synthèse des résultats de la simulation par la commande :

Résultats
Tableaux
Exportation ASCII

Les résultats peuvent être exportés pour les tronçons, les bassins versants, les bassins de retenue ou les points de débordement.

9.3. Visualiser ou exploiter des représentations vues en plan

9.3.1. Visualiser un bilan de fonctionnement sur un plan

L'affichage des résultats de la simulation sous la forme d'un plan indiquant par un code de couleur l'état de fonctionnement de chaque tronçon est possible par la commande :

*Résultats
Bilans vue en plan*

Les résultats peuvent être affichés pour les débits, pour les hauteurs ou pour les vitesses.

Cette commande fait apparaître le tracé du réseau en affectant les couleurs suivantes aux tronçons selon le taux de remplissage du tronçon :

Pour les débits (taux de remplissage = débit maximum calculé/débit admissible du tronçon) :

- Noir : taux de remplissage à l'amont moins de 1%.
- Bleu : taux de remplissage à l'amont entre 1% et 100%.
- Jaune : taux de remplissage à l'amont entre 100% et 150%.
- Rouge : taux de remplissage à l'amont plus de 150%.
- Violet : débit négatif.

Pour les vitesses

- Noir : vitesse comprise entre 0 et 1m/s.
- Bleu : vitesse comprise entre 1 et 2m/s.
- Jaune : vitesse comprise entre 2 et 4m/s.
- Rouge : vitesse supérieure à 4m/s.
- Violet : vitesse négative.

Pour les hauteurs (hauteur à l'amont du tronçon) :

- Noir : hauteur non définie ou nulle
- Bleu : hauteur d'eau inférieure à la hauteur de la conduite (surface libre).
- Jaune : hauteur d'eau supérieure à la hauteur de la conduite mais inférieure à la hauteur du sol (en charge).
- Rouge : hauteur d'eau supérieure à la hauteur du sol (débordement).



Nota : pour avoir le rappel de la signification des couleurs, cliquer sur l'icône  en laissant le doigt appuyé.

Nota : Dans le cas d'une simulation par le modèle Muskingum, les valeurs de vitesse et de hauteur sont celles qui correspondent à un régime uniforme pour la valeur calculée du débit ; dans le cas d'écoulement en charge, la hauteur d'eau à l'amont est calculée avec l'hypothèse d'une hauteur de charge nulle à l'aval du tronçon (hauteur d'eau égale à la hauteur de la conduite), même si les conduites aval sont également en charge.

9.3.2. Visualiser des informations relatives au fonctionnement sur le tracé en plan

Il est possible d'afficher sur le dessin en plan du réseau des informations diverses relatives à son fonctionnement : débit, hauteur ou vitesse maximum à l'amont des tronçons, volume transité dans un tronçon, ou commentaire quelconque. Pour ceci, il faut suivre la démarche suivante :

9.3.2.1. Définir tronçon par tronçon les informations à afficher (non disponible dans CANOE^{LT})

Utiliser la commande :

Résultats
Histogrammes

Le logiciel ouvre un bandeau de commande contenant 6 icônes représentant schématiquement les différents objets sur lesquels la visualisation des histogrammes est possible.



Cliquer, sur l'icône , puis sélectionner le tronçon voulu sur le plan ou dans la liste déroulante.

Le logiciel affiche les différents histogrammes correspondant à ce tronçon (évolution de la hauteur d'eau, de la vitesse et du débit en fonction du temps).



Cliquer sur l'icône  le logiciel ouvre une fenêtre de saisie spécifique.

- Cocher la case "Tronçon témoin" pour indiquer que vous souhaitez affecter une information spécifique à ce tronçon ;
- Choisir ensuite l'information à afficher : débit maximum, hauteur d'eau maximum, vitesse maximum, volume transité ou commentaire (dans ce cas taper le texte de commentaire dans la zone de saisie "Information" en cochant la case correspondante) ;
- Valider la fenêtre : le logiciel revient à la fenêtre précédente.

9.3.2.2. Pour obtenir le dessin

Utiliser la commande :

Résultats
Tronçons témoins

La ligne de commande est cochée ;

Dessiner le tracé en plan voulu (ou dessiner le tracé préexistant), l'information demandée sera affichée à côté des tronçons déclarés. Cet affichage sera automatiquement remis à jour à chaque nouvelle simulation. Il apparaîtra sur les impressions papier.

Nota : Il n'est pas possible d'avoir en même temps l'information demandée et le nom des tronçons. Il est donc nécessaire que la commande "Nom des tronçons" dans le menu "Affichage" ne soit pas cochée.

9.3.3. Visualiser sur un plan l'évolution du fonctionnement pendant la pluie

L'affichage de l'évolution des résultats de la simulation sous la forme d'un plan indiquant, pas de temps par pas de temps, par un code de couleur, l'état de fonctionnement de chaque tronçon est possible par la commande :

*Résultats
Evolution vue en plan*

Les résultats peuvent être affichés pour les débits, pour les hauteurs ou pour les vitesses.

Cette commande fait apparaître le tracé du réseau en affectant les couleurs suivantes aux tronçons selon l'état de fonctionnement du tronçon :

Pour les débits (taux de remplissage = débit maximum calculé/débit admissible du tronçon) :

- Noir : taux de remplissage à l'amont moins de 1%.
- Bleu : taux de remplissage à l'amont entre 1% et 100%.
- Jaune : taux de remplissage à l'amont entre 100% et 150%.
- Rouge : taux de remplissage à l'amont plus de 150%.
- Violet : débit négatif.

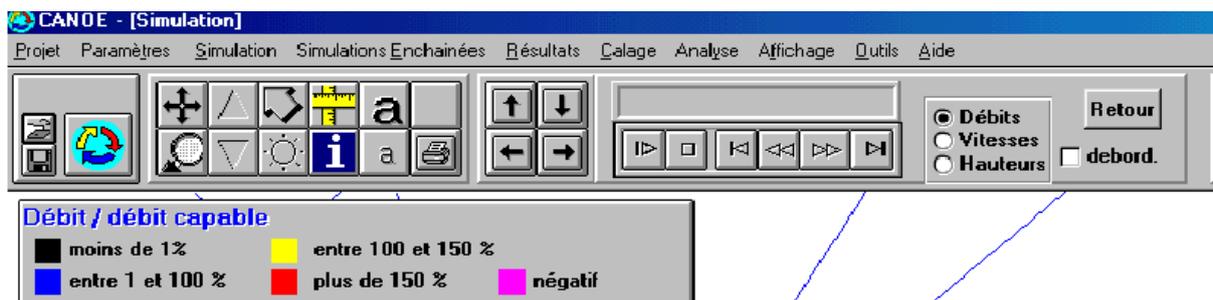
Pour les vitesses

- Noir : vitesse comprise entre 0 et 1m/s.
- Bleu : vitesse comprise entre 1 et 2m/s.
- Jaune : vitesse comprise entre 2 et 4m/s.
- Rouge : vitesse supérieure à 4m/s.
- Violet : vitesse négative.

Pour les hauteurs (hauteur à l'amont du tronçon) :

- Noir : hauteur non définie ou nulle
- Bleu : hauteur d'eau inférieure à la hauteur de la conduite (surface libre).
- Jaune : hauteur d'eau supérieure à la hauteur de la conduite mais inférieure à la hauteur du sol (en charge).
- Rouge : hauteur d'eau supérieure à la hauteur du sol (débordement).

Une légende rappelle ce code de couleur.



Les boutons de type magnétophone permettent de visualiser l'évolution.



: avec la clé gauche de la souris, visualise l'évolution à partir du temps 0 de la simulation, avec la clé droite visualise la ligne d'eau à partir du temps 0 de la simulation et conserve tous les tracés.



: stoppe l'évolution



: avec la clé gauche visualise l'évolution au pas de temps précédent, avec la clé droite visualise la ligne d'eau 5 pas de temps avant



: avec la clé gauche visualise l'évolution au pas de temps suivant, avec la clé droite visualise la ligne d'eau 5 pas de temps après.



: visualise l'évolution au premier pas de temps de la simulation.



: visualise l'évolution au dernier pas de temps de la simulation.

Pour visualiser les débordements au cours du temps cocher la case "*débordement*". Des cercles proportionnels aux quantités débordées en chaque pas de temps s'affichent aux nœuds déclarés comme nœud de débordement

9.3.4. Visualiser les débordements sur un plan

La visualisation des volumes débordés aux différents nœuds est possible par la commande :

Résultats

Débordement vue en plan

Cette commande affiche aux nœuds déclarés comme points de débordement par l'utilisateur (dans la fenêtre de saisie des nœuds – Cf. §5.4.2.2.3.), des cercles bleus hachurés de diamètre proportionnel au volume de débordement en ces nœuds.

Nota : Les volumes débordés ne sont calculés que dans le cas d'une simulation par le modèle de Barré de Saint Venant.

9.4. Visualiser ou exploiter des lignes d'eau

La visualisation de l'évolution de la ligne d'eau au cours du temps (de même que celle du débit et de la vitesse) sur un parcours constitué de tronçons, consécutifs ou non consécutifs, est possible par la commande :

Résultats
Ligne d'eau

Cette commande ouvre une fenêtre de travail visualisant le dernier parcours sur lequel on a travaillé (si un parcours a déjà été défini) et offrant différentes possibilités :

- Définir ou mettre à jour un nouveau parcours.
- Choisir un parcours parmi les parcours préalablement définis et visualiser l'évolution de la ligne d'eau le long de ce parcours.
- Editer la ligne d'eau sur un support extérieur.

Nota : Un parcours est un ensemble de tronçons et/ou de bassins de retenue, consécutifs ou non consécutifs, sur lesquels on souhaite visualiser l'évolution des grandeurs hydrauliques (hauteur, vitesse, débit) au cours du temps.

9.4.1. Définir un nouveau parcours

Pour définir un parcours le long duquel on souhaite visualiser la ligne d'eau, sélectionner la

commande "Création" du menu ou cliquer sur l'icône 

Le logiciel ouvre une fenêtre de travail spécifique permettant de construire la liste des objets constituant le parcours.

- Pour donner un nom au parcours : utiliser la zone de saisie "Nom de la ligne d'eau" pour taper une chaîne alphanumérique quelconque.
- Pour ajouter un tronçon ou un bassin de retenue à la fin de la liste : sélectionner l'objet à rajouter par son nom dans la liste déroulante ou cliquer sur l'une des icônes  ou , puis sélectionner l'objet voulu sur le plan ; cliquer ensuite sur l'icône  ; le nom de l'objet est ajouté à la fin de la liste des objets sélectionnés dans la partie droite de la fenêtre.
- Pour insérer un tronçon ou un bassin de retenue en un point quelconque de la liste : cliquer, dans la liste des objets sélectionnés sur l'objet avant lequel on souhaite faire l'insertion ; l'objet est surligné en bleu ; sélectionner l'objet à insérer comme précédemment, puis cliquer sur l'icône  ; le nom du tronçon est ajouté à la liste des objets sélectionnés dans la position voulue.
- Pour enlever un tronçon ou un bassin de retenue de la liste : sélectionner l'objet dans la liste des objets sélectionnés, l'objet est surligné en bleu, puis cliquer sur l'icône , le nom de l'objet est effacé de la liste
- Pour visualiser le parcours sélectionné sur le plan du réseau : cliquer sur l'icône  ; cliquer sur un point quelconque de la fenêtre représentant le plan sans relâcher la touche

de la souris ; le plan passe en premier plan, le parcours sélectionné est affiché en traits gras.

- Pour définir un parcours entre le tronçon amont et le tronçon aval : sélectionner le tronçon amont du parcours dans la liste des tronçons ou à l'aide de la souris, cliquer sur l'icône  (le nom du tronçon s'affiche à droite de l'icône). Sélectionner le tronçon aval, cliquer sur l'icône  (le nom du tronçon s'affiche à droite de l'icône). Pour créer le

parcours allant du tronçon amont au tronçon aval, cliquer sur l'icône .

Nota : On peut choisir le sens de représentation des tronçons. Quand un tronçon est ajouté à la liste, son sens est par défaut de l'amont vers l'aval (le nom du tronçon est alors précédé du signe <). Si on veut le représenter de l'aval vers l'amont, double-cliquer sur le nom du tronçon dans la liste, le signe > est transformé en < ; cela indique que le sens de représentation sera inversé dans la représentation graphique.

Utiliser ensuite la touche "Valider" pour sauvegarder le parcours.

9.4.2. Mettre à jour ou effacer un parcours

Pour mettre à jour un parcours, le sélectionner dans la liste (commande *Sélection* du menu) et procéder comme pour la création.

Pour détruire un parcours de lignes d'eau, le sélectionner, et cliquer sur *Détruire*.

9.4.3. Visualiser les grandeurs hydrauliques le long d'un parcours

Choisir le parcours dans la liste et utiliser la commande *Sélection* du menu, ou cliquer sur

l'icône . La fenêtre de visualisation du parcours sélectionné est activée. Cette fenêtre peut être visualisée en plein écran (touche "Plein écran" en haut à droite de la fenêtre).

Utiliser les boutons de type magnétophone, pour visualiser l'évolution de la ligne d'eau.

- Icône  : avec la clé gauche de la souris, visualise la ligne d'eau à partir du temps 0 de la simulation ; avec la clé droite, visualise la ligne d'eau à partir du temps 0 de la simulation et conserve tous les tracés.
- Icône  : stoppe l'évolution de la ligne d'eau
- Icône  : avec la clé gauche, visualise la ligne d'eau au pas de temps précédent ; avec la clé droite, visualise la ligne d'eau 5 pas de temps avant
- Icône  : avec la clé gauche, visualise la ligne d'eau au pas de temps suivant ; avec la clé droite, visualise la ligne d'eau 5 pas de temps après.
- Icône  : visualise la ligne d'eau au premier pas de temps de la simulation.
- Icône  : visualise la ligne d'eau au dernier pas de temps de la simulation.
- Cases à cocher « axes verticaux » et « échelle » : permettent d'afficher les échelles de tracé, sous la forme de traits pointillés.

- Icône « *Equerre* » : Change automatiquement l'échelle pour permettre de visualiser la plus grande hauteur atteinte, même si cette dernière dépasse le niveau du sol. (par défaut l'échelle est calculée en fonction de la plus grande cote sol).
- Boutons « *Tout* », « *H* », « *H,Q* », « *H,V* » : Permettent respectivement de visualiser sur le même écran : l'évolution du débit, de la vitesse et de la ligne d'eau, uniquement la ligne d'eau, la ligne d'eau et le débit, la vitesse et le débit.
- Bouton « *ascii* » : Permet d'exporter les dessins sous un format ASCII (voir le format d'exportation en annexe »).
- Bouton « *Max* » : affiche l'enveloppe de la ligne d'eau.

Nota : L'utilisateur peut choisir l'échelle de tracé des histogrammes de débit et de vitesse en utilisant la commande "Sélectionner" du menu et en modifiant les valeurs numériques dans les zones de saisie "mini", "maxi", des échelles de débit et de vitesse.

Nota : Dans le cas d'une simulation par le modèle Muskingum, les valeurs de vitesse et de hauteur sont celles qui correspondent à un régime uniforme pour la valeur calculée du débit.

9.4.4. Imprimer ou exporter une ligne d'eau au format Excel

La commande "Imprimer/exporter" du menu permet d'obtenir un dessin sur imprimante des différentes grandeurs hydrauliques ou de les exporter au format DXF.

Imprimer/exporter
Imprimante
au pas de temps choisi
Enveloppe maximum
DXF
au pas de temps choisi
Enveloppe maximum
Impression écran

La commande « *Impression écran* » permet de reproduire sur papier une image identique à celle visualisée sur l'écran.

La commande « *Imprimante* » permet d'obtenir un dessin de meilleure qualité, ne représentant que les grandeurs sélectionnées (en utilisant les boutons « *Tout* », « *H* », etc...).

Les deux commandes « *Imprimante* » et « *Exportation DXF* », peuvent être paramétrées. Il est ainsi possible de représenter le pas de temps courant ou l'enveloppe maximum.

L'utilisateur choisit le nom du fichier DXF ainsi que celui du répertoire dans lequel le fichier créé sera sauvegardé.

9.5. Visualiser ou exploiter statistiquement les résultats de la simulation d'une chronique de pluies (non disponible dans CANOE^{LT})

Cette fonction permet d'analyser les résultats fournis par la simulation d'une chronique de pluies. Elle est accessible par la commande :

Résultats
Analyse statistique chronique

La commande ouvre une fenêtre de travail permettant différents types d'analyse. Bilans par évènement ou par tronçon et Bilans annuels par tronçon.

9.5.1. Bilans par évènement ou par tronçon

Sélectionner dans la barre de menu le menu *Bilans* qui ouvre la fenêtre d'analyse statistique

9.5.1.1. Afficher un tableau récapitulatif par tronçon

Cette commande permet d'obtenir un tableau récapitulatif des principaux résultats obtenus sur un tronçon pour l'ensemble des pluies. Sa mise en œuvre se fait de la manière suivante :

- 1) Sélectionner le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*Par tronçon*" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante, soit en

cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "*Stockage des chroniques*" accessible par le menu "*Paramètres*". Voir §8.2.3 ou 8.3.3.

- 2) Cliquer sur le bouton de commande *Tableau* pour obtenir l'affichage du tableau récapitulatif.

Pour chaque évènement de la chronique sont rappelés :

- le volume et le débit maximum dans tous les cas,
- la masse, le débit massique, la concentration moyenne et la concentration maximum pour chacun des polluants pour lesquels cette information a été demandée dans le cas d'une simulation qualité.

L'icône  permet alternativement d'afficher en aperçu ou en pleine page.

L'icône  permet d'imprimer le document.

Les informations fournies ensuite sont le nombre d'objets lus dans la base de données, le nombre d'objets affichés et le numéro de la page courante.

Pour exporter le tableau dans un fichier ASCII, cliquer sur le bouton de commande "*Ascii*" correspondant. Choisir le chemin d'accès et le nom du fichier ASCII. Cliquer sur OK.

Voir le §19 pour importer les données du fichier sous EXCEL.

9.5.1.2. Afficher un tableau récapitulatif par événement

Cette commande permet d'obtenir un tableau récapitulant les principaux résultats obtenus sur l'ensemble des tronçons pour une pluie particulière. Sa mise en œuvre se fait de la manière suivante :

- 1) Sélectionner la pluie pour laquelle on veut visualiser les résultats (dans la partie "Par événement" de la fenêtre"). Cette sélection se fait dans une liste déroulante.

Attention : Les résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "Stockage des chroniques" accessible par le menu "Paramètres". Voir §8.2.3. ou 8.3.3.

- 2) Cliquer sur le bouton tableau pour obtenir l'affichage du tableau récapitulatif.

Pour chaque tronçon sont rappelés :

- le volume et le débit maximum dans tous les cas,
- la masse, le débit massique, la concentration moyenne et la concentration maximum pour chacun des polluants pour lesquels cette information a été demandée dans le cas d'une simulation qualité.

L'icône  permet alternativement d'afficher en aperçu ou en pleine page.

L'icône  permet d'imprimer le document.

Les informations fournies ensuite sont le nombre d'objets lus dans la base de données, le nombre d'objets affichés et le numéro de la page courante.

Pour exporter le tableau dans un fichier ASCII, cliquer sur le bouton de commande "Ascii" correspondant. Choisir le chemin d'accès et le nom du fichier ASCII. Cliquer sur OK.

Voir le §19 pour importer les données du fichier sous EXCEL.

9.5.1.3. Faire un ajustement statistique et tracer la loi d'ajustement

Dans de nombreuses applications on souhaite connaître la période de retour associée à une valeur particulière de l'une des grandeurs étudiées (débit de pointe, volume, vitesse, hauteur, masse, concentration), ou au contraire connaître la valeur correspondant à une période de retour donnée. CANOE permet d'effectuer simplement plusieurs traitements de ce type. La première étape consiste à réaliser l'ajustement statistique et à évaluer sa qualité. Pour ceci, procéder de la manière suivante :

- 1) Choisir la grandeur à étudier dans la partie gauche de la fenêtre ("*Analyse*"), en cochant la case correspondante. Dans le cas d'une simulation hydraulique, des ajustements sur les volumes, les hauteurs, les vitesses ou sur les débits de pointe sont possibles. Dans le cas d'une simulation qualité, il est également possible de travailler sur les concentrations ou les masses totales.
- 2) Sélectionner ensuite le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*Par tronçon*" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante, soit en cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "*Stockage des chroniques accessible par le menu "paramètres"*". Voir §8.2.3. ou 8.3.3.

- 3) Définir la durée d'observation en mois correspondant à la chronique de pluies simulée. La valeur fournie par défaut correspond à l'écart temporel entre la première et la dernière pluie de la chronique. Cette valeur permet d'estimer les périodes de retour empirique associées à chacun des événements. Voir le §3.1.5.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec $r =$ rang de classement pour la grandeur étudiée et $D =$ durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

- 4) Choisir la loi d'ajustement. Dans la version 1.7 de CANOE, deux types de modèles sont disponibles :

$$a.T^b \quad \text{ou} \quad a.(\log(T))^b$$

- 5) Cliquer sur le bouton "*Tracer loi d'ajustement*". Changer éventuellement la loi si l'ajustement est de mauvaise qualité.

9.5.1.4. Calculer la période de retour d'une valeur particulière de la grandeur étudiée

Pour connaître la période de retour associée à une valeur particulière de l'une des grandeurs étudiées (débit de pointe, volume, vitesse, hauteur, masse, concentration), procéder de la manière suivante :

- 1) Choisir la grandeur à étudier dans la partie gauche de la fenêtre ("*Analyse*"), en cochant la case correspondante. Dans le cas d'une simulation hydraulique, des ajustements sur les volumes, les hauteurs, les vitesses ou sur les débits de pointe sont possibles. Dans le cas d'une simulation qualité, il est également possible de travailler sur les concentrations ou les masses totales.
- 2) Sélectionner ensuite le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*par tronçon*" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante, soit en cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "*Stockage des chroniques*" accessible par le menu "*paramètres*". Voir §8.2.3 ou 8.3.3.

- 3) Définir la durée d'observation en mois correspondant à la chronique de pluies simulée. La valeur fournie par défaut correspond à l'écart temporel entre la première et la dernière pluie de la chronique. Cette valeur permet d'estimer les périodes de retour empiriques associées à chacun des événements. Voir le §3.1.5.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec r = rang de classement pour la grandeur étudiée et D = durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

- 4) Choisir la loi d'ajustement. Dans la version 1.7 de CANOE, deux types de modèles sont disponibles :

$$a.T^b \quad \text{ou} \quad a.(\log(T))^b$$

- 5) Dans la partie "*Analyse*" de la fenêtre, indiquer la valeur numérique de la grandeur (volume, débit, masse, concentration, hauteur, vitesse), en respectant les unités demandées. Cliquer dans une autre case de saisie pour que le logiciel affiche la période de retour correspondante. Si la valeur est trop grande par rapport aux grandeurs ayant été utilisées pour réaliser l'ajustement, le logiciel le signale.

Nota : Il est conseillé (mais non obligatoire) de visualiser la qualité de l'ajustement avant d'utiliser cette commande (voir § 9.5.1.3.).

9.5.1.5. Calculer la valeur de la grandeur correspondant à une période de retour donnée

Pour connaître la valeur particulière de l'une des grandeurs étudiées (débit de pointe, volume, vitesse, hauteur, masse, concentration) associée à une période de retour choisie par l'utilisateur, procéder de la manière suivante :

La première étape consiste à réaliser l'ajustement statistique et à évaluer sa qualité. Pour ceci, procéder de la manière suivante :

- 1) Choisir la grandeur à étudier dans la partie gauche de la fenêtre ("*Analyse*"), en cochant la case correspondante. Dans le cas d'une simulation hydraulique, seuls des ajustements sur les volumes, les hauteurs, les vitesses ou sur les débits de pointe sont possibles. Dans le cas d'une simulation qualité, il est également possible de travailler sur les concentrations ou les masses totales.
- 2) Sélectionner ensuite le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*Par tronçon*" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante, soit en cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "*stockage des chroniques*" accessible par le menu "*Paramètres*". Voir §8.2.3. ou 8.3.3.

- 3) Définir la durée d'observation en mois correspondant à la chronique de pluies simulée. La valeur fournie par défaut correspond à l'écart temporel entre la première et la dernière pluie de la chronique. Cette valeur permet d'estimer les périodes de retour empiriques associées à chacun des événements. Voir le §3.1.5.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec r = rang de classement pour la grandeur étudiée et D = durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

- 4) Choisir la loi d'ajustement. Dans la version 1.7 de CANOE, deux types de modèles sont disponibles :

$$a.T^b \quad \text{ou} \quad a.(\log(T))^b$$

Lorsque l'ajustement est réalisé, dans la partie "*Analyse*" de la fenêtre, indiquer la période de retour (case "*Période en mois*") pour laquelle on souhaite calculer la valeur de la grandeur (volume, débit, masse, concentration). Cliquer dans une autre case de saisie pour que le logiciel affiche la valeur numérique de la grandeur correspondante. Si la période de retour est trop grande par rapport à la durée d'observation utilisée pour réaliser l'ajustement, le logiciel le signale.

Nota : Il est conseillé (mais non obligatoire) de visualiser la qualité de l'ajustement avant d'utiliser cette commande (voir § 9.5.1.3.).

9.5.1.6. Editer un tableau récapitulatif indiquant les valeurs des différentes grandeurs correspondant à différentes périodes de retour

CANOE permet d'éditer des tableaux récapitulatifs indiquant les valeurs des différentes grandeurs (débit de pointe, volume, masse, concentration, débit massique) pour 5 périodes de retour différentes choisies par l'utilisateur. Pour obtenir ce tableau, procéder de la manière suivante :

- 1) Sélectionner le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "Par tronçon" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante, soit en

cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "Stockage des chroniques" accessible par le menu "Paramètres". §8.2.3 ou 8.3.3.

- 2) Définir la durée d'observation en mois correspondant à la chronique de pluies simulée. La valeur fournie par défaut correspond à l'écart temporel entre la première et la dernière pluie de la chronique. Cette valeur permet d'estimer les périodes de retour empirique associées à chacun des événements. Voir le §3.1.5.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec r = rang de classement pour la grandeur étudiée et D = durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

- 3) Choisir la loi d'ajustement. Dans la version 1.7 de CANOE, deux types de modèles sont disponibles :

$$a.T^b \quad \text{ou} \quad a.(\log(T))^b$$

- 4) Choisir, dans les différentes listes déroulantes, les périodes de retour pour lesquelles on souhaite calculer la valeur des différentes grandeurs (volume, débit, masse, concentration).
- 5) Cliquer sur le bouton "Analyse stat." pour que le logiciel affiche la valeur numérique de la grandeur correspondante.

Nota : Il est conseillé (mais non obligatoire) de visualiser la qualité des différents ajustements avant d'utiliser cette commande (voir § 9.5.1.3.).

L'icône  permet alternativement d'afficher en aperçu ou en pleine page.



L'icône  permet d'imprimer le document.

Les informations fournies ensuite sont le nombre d'objets lus dans la base de données, le nombre d'objets affichés et le numéro de la page courante.

Pour exporter le tableau dans un fichier ASCII, cliquer sur le bouton de commande "Ascii" correspondant. Choisir le chemin d'accès et le nom du fichier ASCII. Cliquer sur OK.

Voir le §19 pour importer les données du fichier sous EXCEL.

9.5.2. Bilans annuels

Cette commande permet d'obtenir pour chacun des tronçons, le détail des volumes d'eau usée, d'eau pluviale, d'eau claire parasite produite par les bassins versants, d'eau claire parasite injectée dans le réseau, le volume total pendant la durée d'observation ainsi que la moyenne annuelle de toutes ces grandeurs calculée à partir de cette durée d'observation.

Si la dernière simulation était une simulation qualité, le tableau affiche aussi les grandeurs suivantes : masse eau pluviale, masse eau usée, masse ecp injectée, les eaux claires parasite des bassins versants étant considérées comme propres.

Cliquer sur la commande *Bilans annuels* de la barre de menu puis sélectionner dans la liste déroulante des tronçons ou à l'aide de la souris après avoir cliqué sur l'icône "tronçon" le tronçon sur lequel on veut obtenir un bilan.

Modifier si nécessaire la durée d'observation proposée (durée de la chronique de pluies) prévue en modifiant la date de début et/ou la date de fin de cette durée, puis cliquer sur OK.

Le logiciel affiche les grandeurs pour la période d'observation définie puis la moyenne annuelle de ces grandeurs.

Attention : Avant de faire ces calculs, le logiciel vérifie que le nombre de pas de temps correspondant à la durée d'observation ne dépasse pas la valeur limite imposée par Visual Basic pour un tableau. Si le nombre de pas de temps est trop grand, un message indiquant le nombre maximum de jours de la période d'observation s'affiche. Dans ce cas réduire la période d'observation et cliquer de nouveau sur OK.

9.6. Visualiser ou exploiter statistiquement les résultats par jour de la simulation d'une chronique de pluies (non disponible dans CANOE^{LT})

Cette fonction permet d'analyser les résultats fournis sur une journée par la simulation en continu d'une chronique de pluies. Elle est accessible par la commande :

Résultats

Analyse statistique par jour

La commande ouvre une fenêtre de travail permettant différents types d'analyse.

9.6.1. Afficher un tableau récapitulatif par tronçon

Cette commande permet d'obtenir un tableau récapitulant les principaux résultats obtenus sur un tronçon pour l'ensemble des jours pour lesquels le volume journalier d'eau pluviale est non nul. Sa mise en œuvre se fait de la manière suivante :

- 1) Sélectionner le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*Par tronçon*" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante, soit en

cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "Stockage des chroniques" accessible par le menu "Paramètres". Voir §8.2.3 ou 8.3.3.

2) Cliquer sur le bouton tableau pour obtenir l'affichage du tableau récapitulatif.

Pour chaque jour de la chronique sont rappelés :

- le volume et le débit maximum dans tous les cas,
- la masse, le débit massique, la concentration moyenne et la concentration maximum pour chacun des polluants pour lesquels cette information a été demandée dans le cas d'une simulation qualité.



L'icône  permet alternativement d'afficher en aperçu ou en pleine page.



L'icône  permet d'imprimer le document.

Les informations fournies ensuite sont le nombre d'objets lus dans la base de données, le nombre d'objets affichés et le numéro de la page courante.

9.6.2. Afficher un tableau récapitulatif par jour

Cette commande permet d'obtenir un tableau récapitulatif des principaux résultats obtenus sur l'ensemble des tronçons pour un jour particulier. Sa mise en œuvre se fait de la manière suivante :

- 1) Sélectionner le jour pour lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*Par jour*" de la fenêtre"). Cette sélection se fait dans une liste déroulante. La liste ne contient que les dates des jours pour lesquels un volume d'eau pluviale non nul a été produit.

Attention : Les résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "*Stockage des chroniques*" accessible par le menu "*Paramètres*". Voir §8.2.3. ou 8.3.3.

- 2) Cliquer sur le bouton tableau pour obtenir l'affichage du tableau récapitulatif.

Pour chaque tronçon sont rappelés :

- le volume et le débit maximum dans tous les cas,
- la masse, le débit massique, la concentration moyenne et la concentration maximum pour chacun des polluants pour lesquels cette information a été demandée dans le cas d'une simulation qualité.



L'icône  permet alternativement d'afficher en aperçu ou en pleine page.



L'icône  permet d'imprimer le document.

Les informations fournies ensuite sont le nombre d'objets lus dans la base de données, le nombre d'objets affichés et le numéro de la page courante.

9.6.3. Faire un ajustement statistique et tracer la loi d'ajustement

Dans de nombreuses applications on souhaite connaître la période de retour associée à une valeur particulière de l'une des grandeurs étudiées (débit de pointe, volume, masse, concentration), ou au contraire connaître la valeur correspondant à une période de retour donnée. CANOE permet d'effectuer simplement plusieurs traitements de ce type. La première étape consiste à réaliser l'ajustement statistique et à évaluer sa qualité. Pour ceci, procéder de la manière suivante :

- 1) Choisir la grandeur à étudier dans la partie droite de la fenêtre ("*Analyse*"), en cochant la case correspondante. Dans le cas d'une simulation hydraulique, des ajustements sur les volumes ou sur les débits de pointe sont possibles. Dans le cas d'une simulation qualité, il est également possible de travailler sur les concentrations ou les masses totales.
- 2) Sélectionner ensuite le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*Par tronçon*" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante, soit en cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "*Stockage des chroniques accessible par le menu "Paramètres"*". Voir §8.2.3. ou 8.3.3.

- 3) Définir la durée d'observation en mois correspondant à la chronique de pluies simulée. La valeur fournie par défaut correspond à l'écart temporel entre la première et la dernière pluie de la chronique. Cette valeur permet d'estimer les périodes de retour empiriques associées à chacun des événements. Voir le §3.1.5.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec $r =$ rang de classement pour la grandeur étudiée et $D =$ durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

- 6) Choisir la loi d'ajustement. Dans la version 1.7 de CANOE, deux types de modèles sont disponibles :

$$a.T^b \quad \text{ou} \quad a.(\log(T))^b$$

- 7) Cliquer sur le bouton "*Tracer loi d'ajustement*". Changer éventuellement la loi si l'ajustement est de mauvaise qualité.

9.6.4. Calculer la période de retour d'une valeur particulière de la grandeur étudiée

Pour connaître la période de retour associée à une valeur particulière de l'une des grandeurs étudiées (débit de pointe, volume, masse, concentration), procéder de la manière suivante :

- 1) Choisir la grandeur à étudier dans la partie droite de la fenêtre ("*Analyse*"), en cochant la case correspondante. Dans le cas d'une simulation hydraulique, des ajustements sur les volumes ou sur les débits de pointe sont possibles. Dans le cas d'une simulation qualité, il est également possible de travailler les concentrations ou les masses totales.
- 2) Sélectionner ensuite le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*par tronçon*" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante,

soit en cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "*Stockage des chroniques*" accessible par le menu "*Paramètres*". Voir §8.2.3 ou 8.3.3.

- 3) Définir la durée d'observation en mois correspondant à la chronique de pluies simulée. La valeur fournie par défaut correspond à l'écart temporel entre la première et la dernière pluie de la chronique. Cette valeur permet d'estimer les périodes de retour empiriques associées à chacun des événements. Voir le §3.1.5.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec r = rang de classement pour la grandeur étudiée et D = durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

- 4) Choisir la loi d'ajustement. Dans la version 1.7 de CANOE, deux types de modèles sont disponibles :

$$a.T^b \quad \text{ou} \quad a.(\log(T))^b$$

- 5) Dans la partie "*Analyse*" de la fenêtre, indiquer la valeur numérique de la grandeur (volume, débit, masse, concentration), en respectant les unités demandées. Cliquer dans une autre case de saisie pour que le logiciel affiche la période de retour correspondante. Si la valeur est trop grande par rapport aux grandeurs ayant été utilisées pour réaliser l'ajustement, le logiciel le signale.

Nota : Il est conseillé (mais non obligatoire) de visualiser la qualité de l'ajustement avant d'utiliser cette commande (voir § 9.5.3.).

9.6.5. Calculer la valeur de la grandeur correspondant à une période de retour donnée

Pour connaître la valeur particulière de l'une des grandeurs étudiées (débit de pointe, volume, masse, concentration) associée à une période de retour choisie par l'utilisateur, procéder de la manière suivante :

La première étape consiste à réaliser l'ajustement statistique et à évaluer sa qualité. Pour ceci, procéder de la manière suivante :

- 1) Choisir la grandeur à étudier dans la partie droite de la fenêtre ("*Analyse*"), en cochant la case correspondante. Dans le cas d'une simulation hydraulique, seuls des ajustements sur les volumes ou sur les débits de pointe sont possibles. Dans le cas d'une simulation qualité, il est également possible de travailler sur les concentrations ou les masses totales.
- 2) Sélectionner ensuite le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "*Par tronçon*" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante,

soit en cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "*stockage des chroniques*" accessible par le menu "*Paramètres*". Voir §8.2.3. ou 8.3.3.

- 4) Définir la durée d'observation en mois correspondant à la chronique de pluies simulée. La valeur fournie par défaut correspond à l'écart temporel entre la première et la dernière pluie de la chronique. Cette valeur permet d'estimer les périodes de retour empiriques associées à chacun des jours. Voir le §3.1.5.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec r = rang de classement pour la grandeur étudiée et D = durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

- 5) Choisir la loi d'ajustement. Dans la version 1.7 de CANOE, deux types de modèles sont disponibles :

$$a.T^b \quad \text{ou} \quad a.(\log(T))^b$$

Lorsque l'ajustement est réalisé, dans la partie "*Analyse*" de la fenêtre, indiquer la période de retour (case "*Période en mois*") pour laquelle on souhaite calculer la valeur de la grandeur (volume, débit, masse, concentration). Cliquer dans une autre case de saisie pour que le logiciel affiche la valeur numérique de la grandeur correspondante. Si la période de retour est

trop grande par rapport à la durée d'observation utilisée pour réaliser l'ajustement, le logiciel le signale.

Nota : Il est conseillé (mais non obligatoire) de visualiser la qualité de l'ajustement avant d'utiliser cette commande (voir § 9.5.3.).

9.6.6. Editer un tableau récapitulatif indiquant les valeurs des différentes grandeurs correspondant à différentes périodes de retour

CANOE permet d'éditer des tableaux récapitulatifs indiquant les valeurs des différentes grandeurs (débit de pointe, volume, masse, concentration, débit massique) pour 5 périodes de retour différentes choisies par l'utilisateur. Pour obtenir ce tableau, procéder de la manière suivante :

- 1) Sélectionner le tronçon sur lequel on veut visualiser les résultats (dans la partie "Par tronçon" de la fenêtre"). Cette sélection peut se faire soit dans la liste déroulante, soit en cliquant sur l'icône , puis en sélectionnant le tronçon sur le plan.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "Stockage des chroniques" accessible par le menu "Paramètres". §8.2.3 ou 8.3.3.

- 2) Définir la durée d'observation en mois correspondant à la chronique de pluies simulée. La valeur fournie par défaut correspond à l'écart temporel entre la première et la dernière pluie de la chronique. Cette valeur permet d'estimer les périodes de retour empirique associées à chacun des événements. Voir le §3.1.5.

Nota : Les valeurs du coefficient alpha et du nombre de pluies prises en compte dans le calcul des périodes de retour peuvent être modifiées.

La formule utilisée pour le calcul de la période empirique est $T = D / (r - \alpha)$

avec $r =$ rang de classement pour la grandeur étudiée et $D =$ durée d'observation en mois. Voir le §3.1.5. pour les détails concernant ce calcul.

Les valeurs par défaut sont :

Alpha = 0.5 doit être compris entre 0 et 0.8

Nombre de pluies = 15 doit être compris entre 4 et 100

Le calcul de la période de retour empirique jusqu'à la version 2.02 de CANOE était fait avec alpha = 0.5 et Nombre de pluies = 15

- 3) Choisir la loi d'ajustement. Dans la version 1.7 de CANOE, deux types de modèles sont disponibles :

$$a.T^b \quad \text{ou} \quad a.(\log(T))^b$$

- 6) Choisir, dans les différentes listes déroulantes, les périodes de retour pour lesquelles on souhaite calculer la valeur des différentes grandeurs (volume, débit, masse, concentration).
- 7) Cliquer sur le bouton "Analyse" pour que le logiciel affiche la valeur numérique de la grandeur correspondante.

Nota : Il est conseillé (mais non obligatoire) de visualiser la qualité des différents ajustements avant d'utiliser cette commande (voir § 9.5.3.).

L'icône  permet alternativement d'afficher en aperçu ou en pleine page.



L'icône  permet d'imprimer le document.

Les informations fournies ensuite sont le nombre d'objets lus dans la base de données, le nombre d'objets affichés et le numéro de la page courante.

9.7. Autres résultats possibles

9.7.1. Etudier l'effet de premier flot (non disponible dans CANOE^{LT})

Le moyen le plus simple d'étudier l'effet de premier flot consiste à tracer les courbes :

$$M(t) / M_t = f(V(t) / V_t)$$

Avec M(t) : :masse transitée à l'instant t ;
 Mt : masse totale transitée ;
 V(t) : volume transité à l'instant t ;
 Vt : volume total transité.

Si la concentration est constante la courbe sera une droite $y = x$ (diagonale) ; si la concentration est plus forte au début de l'événement, la courbe sera située au dessus de la diagonale, etc..

pour en savoir plus : Pollutogramme, Premier flot (effet de)

CANOE permet de visualiser automatiquement ces courbes sur n'importe quel tronçon en procédant de la manière suivante :

a) Sélectionner la commande permettant de visualiser un histogramme :

Résultats
Histogrammes



b) Cliquer sur l'icône  puis sélectionner le tronçon sur le plan ou dans la liste déroulante ; les histogrammes de débits, vitesses, hauteurs sont affichés.



c) Cliquer sur l'icône , les pollutogrammes en concentration et en débit massique sont affichés, l'hydrogramme est rappelé ; la liste déroulante permet de choisir le produit et l'espèce à représenter.

d) Cliquer sur le bouton de commande "Masse polluant = f(Volume)" pour obtenir la courbe désirée.

Attention : Ces résultats ne sont disponibles que sur les tronçons et pour les produits sélectionnés dans l'écran "Mode de stockage des résultats" accessible par la commande "Paramètres qualité" du menu "Paramètres". Voir §8.4.3.7.

Cliquer sur la flèche "Retour" pour revenir aux menu général de visualisation des histogrammes sur les tronçons.

9.7.2. Etudier le risque d'envasement (non disponible dans CANOE^{LT})

Un moyen rapide pour étudier le risque d'envasement consiste à analyser l'évolution de la vitesse de frottement et de la contrainte de cisaillement au fond de la conduite.

La valeur de la contrainte de frottement à la paroi est un indicateur de la capacité de transport solide de l'écoulement. Elle permet la mise en relation entre les caractéristiques hydrodynamiques des solides en dépôt avec les caractéristiques hydrauliques de l'écoulement, ce qui permet d'étudier les seuils de mouvement par charriage des solides.

La contrainte due aux forces de frottement qu'exerce l'écoulement sur les parois du réseau, se définit ainsi :

$$\tau_0 = \rho \times g \times R_h \times J \quad (\text{N/m}^2)$$

avec :

- ρ : masse volumique de l'eau (kg/m^3)
- g : accélération de la pesanteur (m/s^2)
- R_h : rayon hydraulique (m)
- J : pente de la ligne d'énergie (m/m)
- Q : débit liquide (m^3/s)
- K : coefficient de Strickler ($\text{m}^{1/3}/\text{s}$)
- S : surface mouillée (m^2)

La vitesse de frottement est celle qui correspond à la contrainte de cisaillement.

Nota: Cette valeur de contrainte est équivalente à celle utilisée par le critère de Shields : $D_{critique} = \tau_0 + 0.5$ (mm) qui définit le diamètre médian des particules remises en mouvement, pour des solides non-cohésifs.

pour en savoir plus : Transport solide

CANOE permet de visualiser automatiquement ces courbes sur n'importe quel tronçon en procédant de la manière suivante :

a) Sélectionner la commande permettant de visualiser un histogramme :

Résultats
Histogrammes



b) Cliquer sur l'icône  puis sélectionner le tronçon sur le plan ou dans la liste déroulante ; les histogrammes de débits, vitesses, hauteurs sont affichés.



c) Cliquer sur l'icône , le logiciel offre alors la possibilité de représenter l'évolution dans le temps soit de la vitesse de frottement, soit de la contrainte de cisaillement.

Cliquer sur la flèche "Retour" pour revenir au menu général de visualisation des histogrammes sur les tronçons.

Interprétation des résultats sur la contrainte de cisaillement :

- en dessous de 0.5 N/m^2 : le risque d'envasement est très fort ;
- entre 0.5 et 1.8 N/m^2 : le risque d'envasement est fort ;

-	entre 1.8 et 5 N/ m ²	: le risque d'envasement est moyen ;
-	entre 5 et 20 N/m ²	: le risque d'envasement est faible ;
-	au delà de 20 N/m ²	: le risque d'envasement très faible.

N.B. On peut aussi utiliser le module d'envasement pour connaître les risques d'envasement. Voir le §12.

9.7.3. Etudier les variations d'une grandeur en fonction d'une autre

Etudier les variations d'une grandeur en fonction d'une autre grandeur peut être utile dans de nombreux cas : étudier la relation entre deux grandeurs hydrauliques au même point (relation hauteur / débit par exemple), étudier la relation entre les débits observés en deux points différents, étudier la relation entre le débit de fuite et la hauteur d'eau dans un bassin de retenue, etc..

CANOE offre la possibilité de tracer simplement n'importe quelle fonction de ce type en utilisant la procédure suivante :

a) Sélectionner la commande permettant de visualiser un histogramme :

Résultats
Histogrammes

b) Cliquer sur l'icône représentant le premier objet choisi (tronçon, bassin versant, ...), puis sélectionner l'objet sur le plan ou dans la liste déroulante ; les histogrammes correspondants à cet objet sont affichés. Cliquer ensuite sur l'un des numéros 1 ou 2.

Nota : Les valeurs de l'histogramme stocké en 1 seront utilisées en abscisse, celles de l'histogramme stocké en deux seront utilisées en ordonnée.

c) Procéder ensuite de la même manière pour le deuxième histogramme en choisissant le numéro 2 ou le numéro 1 selon le choix effectué précédemment.

d) Cliquer sur l'icône  pour faire apparaître le graphe. La signification des axes ainsi que les abscisses et ordonnées des points extrêmes sont rappelées sur le dessin.

Utiliser la commande "Fermer" pour revenir aux menu général de visualisation des histogrammes sur les tronçons.

Il est possible d'imprimer le graphe en cliquant sur l'icône .

9.7.4. Etudier le fonctionnement des régulateurs (non disponible dans CANOE^{LT})

La commande *Régulateurs* du menu *Résultats* dans l'*Applicatif de simulation hydrologique et hydraulique* permet de connaître l'évolution des régulateurs : évolution de la position de l'ouvrage régulé, éventuellement de la grandeur mesurée au capteur associé à l'ouvrage régulé et tracé de l'objectif de régulation à réaliser.

10. Calage (non disponible dans CANOE ^{LT})

10.1. Outils de calage

L'objectif des outils de calage est d'aider un utilisateur qui dispose de mesures à caler "au mieux" les paramètres des modèles. Au mieux peut ici avoir deux significations distinctes :

- il peut s'agir de minimiser la valeur d'un critère numérique mesurant l'écart entre le signal mesuré (signal de hauteur, de débit, de concentration, etc.) et le signal calculé, par exemple la différence entre deux volumes ou la somme des carrés des écarts entre les valeurs mesurées et calculées à chaque pas de temps,
- ou il peut s'agir de choisir les valeurs des paramètres pour lesquelles le signal calculé apparaît visuellement comme le plus proche du signal mesuré.

Le système propose différents outils pour atteindre l'un ou l'autre de ces objectifs.

- des outils de comparaison dont la fonction est de représenter les deux signaux et de permettre leur comparaison ;
- des outils de calage qui permettent de modifier plus ou moins automatiquement la valeur des paramètres des bassins versants de façon à minimiser un critère numérique ; ces outils s'appliquent uniquement aux fonctions de production (d'eau ou de polluants) ;

Quelle que soit la méthode utilisée, le traitement s'effectue soit sur une pluie unique, soit sur une chronique de pluies.

Le nombre de points de mesures est quelconque sur le réseau étudié.

10.2. Saisie d'une mesure

Une mesure est associée à un point de contrôle (capteur) défini dans l'applicatif de gestion de données.

Pour définir une mesure, sélectionner dans le menu *Edition* de l'applicatif de gestion de données, la commande *Mesures* puis la commande *Création* (*Sélection* pour la modifier ou la détruire)

10.2.1. Première fenêtre

saisir le nom de la mesure (25 caractères maxi)

le nom du capteur (point de contrôle) associé, qui doit avoir été saisi avant la saisie de la mesure

le type de la mesure (débit, hauteur, concentration)

le nom de la pluie dans le cas d'une chronique

un commentaire

une coche indiquant s'il s'agit d'une mesure par temps sec ou par temps de pluie

Dans le cas d'une mesure par temps de pluie

la durée du pas de temps de la mesure

la durée de la mesure en heures (maximum 168 h = 1 semaine)

l'heure de début de la mesure

la durée du pas de temps de la mesure.

Pour affecter automatiquement les valeurs temporelles (et les modifier ensuite

éventuellement), cliquer sur l'icône  dans le cadre des données temporelles. Un cadre permettant de sélectionner soit une pluie réelle, soit une pluie 3D à laquelle correspond la

mesure, s'affiche alors. Quand la pluie est sélectionnée, il faut cliquer sur l'icône  placée à droite de la liste déroulante dans laquelle on a choisi la pluie pour affecter par défaut les valeurs de la date, de l'heure, du pas de temps qui sont prises égales aux valeurs correspondantes de la pluie. La durée de la mesure est alors calculée en fonction de la durée de la pluie.

Dans le cas d'une mesure par temps sec :

Dans ce cas, la mesure est un histogramme journalier (24 pas de temps de 60 min). Cet histogramme doit avoir été saisi avant la création de la mesure et sera sélectionné dans le deuxième écran de saisie.

Une coche indique que la mesure est active pour le calage (une seule mesure peut être active sur un capteur).

10.2.2. Deuxième fenêtre :

10.2.2.1. Cas du temps de pluie

Trois éléments doivent être définis :

- les périodes de temps à prendre en compte pour calculer le critère de comparaison et les histogrammes associés à ces périodes,
- la façon de prendre en compte les temps où les données sont absentes (traitement des lacunes),
- la prise en compte éventuelle d'un seuil de valeur en dessous duquel on ne considère pas les valeurs.

10.2.2.1.1. Sélection des histogrammes

Le logiciel constitue automatiquement une liste d'histogrammes utilisables pour le point de mesure et la pluie considérée. Les règles utilisées pour la présélection sont les suivantes en fonction du critère :

- 1) tous les histogrammes qui ne correspondent pas au type de la mesure sont éliminés de la liste.
- 2) tous les histogrammes qui ne correspondent pas au point de mesure sont éliminés.
- 3) tous les histogrammes dont la date de début et la date de fin sont **toutes les deux** avant le début de la mesure ou après la fin de la mesure sont éliminés.

La sélection s'effectue dans la liste des histogrammes présélectionnés. Un histogramme au moins doit être sélectionné, 4 histogrammes au plus peuvent être associés à une mesure, chacun correspondant à une période de mesure (temps de début et temps de fin).

Pour sélectionner le premier histogramme, cliquer sur la première case " *Période* " du tableau. La liste déroulante des histogrammes sélectionnés apparaît et permet de sélectionner l'histogramme associé à la première période de mesure. Si aucun histogramme n'apparaît, il est vraisemblable qu'il n'y a pas d'histogramme du type demandé ou que les histogrammes de ce type n'ont pas été datés ou que leur date ne correspond pas à la date de la simulation.

Faire de même dans les lignes suivantes pour définir les périodes 2, 3, 4 s'il y en a.

10.2.2.1.2. Interface graphique :

- L'axe horizontal représente le temps,
la barre bleu clair représente la durée de la pluie,
les deux marges situées de part et d'autre de la durée de la pluie représentent les périodes avant le début et après la fin de la pluie,
- le nombre de périodes de temps sur lesquelles le critère (débit, concentration, masse ou volume) est calculé, est obligatoirement égal au nombre d'histogrammes mesurés utilisés ;
Si les écarts de temps sont trop importants, le logiciel affiche un message d'anomalie.
- les temps de début et de fin de chaque période sont saisis par l'utilisateur, soit directement (date et heure) soit graphiquement en déplaçant à l'aide de la souris le début et la fin des barres jaunes ; les règles suivantes doivent être respectées : i) le temps de début de la période (n+1) doit être supérieur ou égal au temps de fin de la période (n) (pas de chevauchement possible), ii) chaque période de temps doit inclure une et une seule partie d'un histogramme ;
- l'utilisateur peut demander à ce que le critère ne soit calculé que sur les valeurs dépassant un seuil donné, saisi dans l'écran ;
- les règles de comblement des lacunes sur chacune des périodes permettent de définir la façon de traiter les périodes de temps pendant lesquelles aucune valeur n'est mesurée ;

Deux solutions sont proposées :

- nulle (case période gauche non cochée) ou valeur de la première valeur mesurée (prolongement à valeur constante) (case période gauche cochée)
- nulle (case période droite non cochée) ou valeur de la dernière valeur mesurée (prolongement à valeur constante) (case période droite cochée) .

Les barres jaunes représentent les périodes de calcul du critère (débit, concentration, masse ou volume).

Les barres bleu foncé représentent la durée des histogrammes associés à chaque période.

La date rappelée en bleu indique la date correspondant à la position du curseur de la souris et l'heure en bleu indique le temps correspondant à la position du curseur de la souris mesuré depuis le début de la mesure.

La date rappelée en gris indique la date du début de la mesure.

Lorsque la mesure est définie, cliquer sur *Valider*

10.2.2.2. Cas du temps sec

Choisir l'histogramme journalier associé à la mesure (24 pas de temps de 60 min) dans la liste déroulante.

L'utilisateur peut ne prendre en compte dans les traitements utilisant la mesure que les valeurs dépassant un seuil donné, saisi dans l'écran ;

Cliquer ensuite sur *Valider*

10.3. Comparaison et analyse statistique

10.3.1. Cas d'une pluie unique

Après avoir effectué une simulation, sélectionner dans le menu *Résultats* de l'applicatif simulation hydrologique la commande *Comparaison histogrammes*

On sélectionne le tronçon désiré comme pour la visualisation des hydrogrammes. Les tronçons comportant une mesure sont dessinés en rose. On peut aussi les sélectionner dans la liste déroulante.

La sélection du tronçon ouvre une nouvelle fenêtre permettant de sélectionner le type de l'histogramme puis l'histogramme mesuré à comparer. Chacune des sélections s'effectue dans une liste déroulante spécifique.

- pour les histogrammes mesurés : la liste comprend la totalité des noms des histogrammes mesurés sur le tronçon et pour lesquels les dates de début correspondent à la période simulée (**seuls les événements horodatés peuvent faire l'objet des outils d'aide au calage**).

Une fois l'histogramme sélectionné, cliquer sur *Comparer*. Le logiciel affiche les instants de début (plus petit instant de début des histogrammes mesurés et calculés) et de fin (plus grand instant de fin des deux histogrammes)..

Cliquer sur *Tracé* provoque :

1) le tracé des deux histogrammes entre les instants de début et de fin spécifiés et sur les périodes définies de comparaison.

- la courbe rouge est la courbe des histogrammes mesurées sur les périodes définies

- la courbe verte est la courbe des histogrammes calculés sur les périodes définies
- la courbe bleue est la courbe des histogrammes calculés pendant le temps de simulation.

Le logiciel propose de décaler éventuellement l'histogramme mesuré par rapport à l'histogramme calculé (nombre de pas de temps de décalage, valeur positive ou négative). Si on valide une valeur différente de zéro, le logiciel effectue un nouveau tracé tenant compte du décalage.

Pour obtenir le calcul et l'affichage de tous les critères de comparaison sélectionnés, cliquer sur *Tableau de écarts*. Les valeurs affichées sont les valeurs calculées sans décalage entre les deux signaux.

Nota 1: Il est possible d'effectuer une recherche automatique du décalage optimum pour un critère donné en sélectionnant le critère dans le tableau des écarts. Le deuxième tableau affiche les différents écarts calculés avec ce décalage, ainsi que le nombre de pas de temps optimisant l'écart. Si on revient à la fenêtre de visualisation, on peut tracer les signaux décalés avec ce décalage.

Nota 2 : Lorsque les histogrammes à comparer sont des histogrammes de hauteur, les histogrammes sont tracés pour les valeurs supérieures ou égales à la cote aval du tronçon sélectionné.

10.3.2. Cas d'une chronique de pluies

10.3.2.1. Comparaison histogramme

Les histogrammes correspondant aux tronçons auxquels sont associés des points de mesures sont automatiquement conservés.

Après avoir effectué la simulation d'une chronique, sélectionner dans le menu " *Résultats* " la commande " *Comparaison histogrammes* "

Agir comme dans le cas d'une pluie unique mais il faut de plus choisir la pluie pour laquelle on veut effectuer la comparaison.

10.3.2.2. Analyse statistique des écarts

Après avoir effectué la simulation d'une chronique, sélectionner dans le menu " *Résultats* " la commande *Analyse statistique des écarts*

Différents types d'analyse sont proposés

- a- pour un point de mesure donné, pour un critère et pour toutes les pluies : tableau récapitulatif, valeur moyenne, écart type.
- b- pour tous les points de mesure, toutes les pluies et un critère : idem.
- c - pour tous les points de mesure, une pluie donnée et un critère donné : idem.

10.4. Calage automatique

Pour effectuer un calage automatique, sélectionner la commande *Calage* dans le menu de l'appli simulation hydrologique. La fenêtre qui s'ouvre permet de définir le type de calage et de modifier les paramètres de calage.

Il faut auparavant avoir défini les mesures à prendre en compte et les avoir rendues actives pour le calage (voir saisie d'une mesure).

11. Risque de déclassement de rivières (non disponible dans CANOE^{LT})

11.1. Principes

Hypothèses :

- le milieu récepteur étudié est linéaire (pas de mailles ni de branches), il est défini par sa longueur,
- le nombre de points de rejets urbains est quelconque, chaque point de rejet doit être situé sur la rivière (point kilométrique par rapport à l'extrémité amont de la zone étudiée),
- le nombre d'indicateurs (polluant ou débit) est quelconque (maximum 10 polluants + le débit), mais on travaille nécessairement sur les mêmes indicateurs que ceux utilisés pour la simulation du réseau.
- on connaît le débit et la concentration des produits étudiés dans la rivière à l'amont de la zone étudiée,
- on connaît le débit et la concentration des produits étudiés dans la rivière dans toute la zone étudiée au temps $t=0$ (ces valeurs sont normalement les mêmes partout).
- il n'y a aucun apport de débit ou de polluant à la rivière autre que les rejets urbains sur le parcours étudié,
- on se place en régime pseudo-permanent : les hydrogrammes et les pollutogrammes sont propagés dans la rivière par une méthode type Muskingum sans aucune prise en compte de phénomène diffusif ou autre, seule la dilution est prise en compte pour calculer une concentration moyenne.

11.2. Saisie des données

Il faut saisir deux types de données :

- les données définissant les tronçons rivière et les classes de qualité
- les valeurs des débits et des concentrations de la rivière

11.2.1. Définition des tronçons rivière et des classes de qualité

Sélectionner la commande *Analyse du milieu* du menu *Paramètres de simulation* de l'appliquatif de simulation.

Sélectionner dans le menu *Edition* la commande *Création* lors de la première saisie ou *Sélection* pour la mise à jour

11.2.1.1. En création

Il faut définir dans l'ordre les tronçons de rivière, puis les classes de qualité.

Sélectionner la commande *Définition des tronçons*. Elle ouvre la fenêtre de saisie des tronçons de rivière. Il faut donner un nom à cette analyse, puis définir le nombre de tronçons de rivière.

Cliquer sur l'icône  pour afficher le tableau de saisie.

Définir pour chaque tronçon, le nom, le point kilométrique du point aval du tronçon.

Définir si un exutoire du réseau est associé au point aval et dans ce cas, sélectionner l'exutoire dans la liste des exutoires ou sur le plan à l'aide de la souris.

Nota : - le point kilométrique du nœud amont du premier tronçon est 0.

- on ne peut pas associer d'exutoire à l'aval du dernier tronçon.

Pour définir les classes, cliquer sur la flèche *Avancer*. Cette action ouvre la fenêtre de saisie des classes.

Les données à saisir sont:

- le nombre de classes,

- les indicateurs pris en compte (case à cocher),

- pour chaque indicateur pris en compte : la valeur des limites entre chacune des classes (voir tableau)

Le nombre de limites est égal au nombre de classes -1

Les limites doivent être croissantes, si la case *Valeurs croissantes* est cochée. La première classe a alors pour valeur inférieure la valeur 0, la dernière classe pour valeur supérieure la valeur infinie.

Les limites doivent être décroissantes, si la case *Valeurs croissantes* n'est pas cochée. La première classe a alors pour valeur supérieure la valeur infinie, la dernière classe pour valeur inférieure la valeur 0.

11.2.1.2. En sélection

On peut modifier soit les tronçons de rivière soit les classes de qualité en sélectionnant les commandes *Définition des tronçons* ou *Définition paramètres et classes*. Il faut alors sélectionner l'analyse dans la liste des analyses de milieu, puis effectuer les modifications.

Si le nombre de tronçons ou le nombre de classes sont modifiés, les tableaux correspondants sont réinitialisés.

11.2.2. Définition des valeurs des débits et des concentrations de la rivière

Il faut d'abord définir les valeurs temporelles : Pour cela, sélectionner la commande *Paramètres rivière* dans le menu *Résultats* de l'appliquet de simulation. Les données qui vont être saisies complètent les données d'une analyse milieu. Les paramètres définissant les tronçons et les classes doivent avoir été saisis.

Les données à saisir et les écrans de saisie dépendent du type de la dernière simulation effectuée.

11.2.2.1. Simulation d'une seule pluie

Sélectionner le nom de l'analyse de milieu dans la liste.

Le premier écran permet la saisie des conditions initiales (valeurs du débit et des concentrations au temps 0) des indicateurs à prendre en compte. Elles peuvent être les mêmes pour tous les tronçons ou définies par tronçon.

L'écran suivant permet de définir les valeurs du débit et des concentrations à l'amont pour tous les pas de temps de l'analyse.

Il faut d'abord définir la vitesse d'écoulement dans la rivière, la durée d'analyse après la fin de la simulation, la durée du pas de temps d'analyse, la durée du pas de temps de saisie des conditions.



Cliquer sur l'icône  pour saisir le débit et les concentrations à l'extrémité amont pour chacun des pas de temps.

Pour enregistrer l'ensemble des données, cliquer sur *Valider*.

On peut passer d'un écran à l'autre à l'aide des flèches *Avancer* et *Reculer*, mais les données ne sont enregistrées que si on a cliqué sur *Valider* auparavant.

11.2.2.2. Analyse après la simulation d'une chronique de pluies

Sélectionner le nom de l'analyse de milieu dans la liste.

Le tableau affiché indique le nom des pluies de la chronique et, pour chacune de ces pluies, si les données rivière ont été saisies (case *Pluie renseignée* cochée) ou non (case *Pluie renseignée* non cochée).

L'utilisateur indique alors pour quelles pluies, les données qui vont être saisies sont valables dans la colonne *Pluie(s) à renseigner*. Les données qui vont être saisies sont alors les mêmes que dans le cas de la saisie après la simulation d'une seule pluie. Cliquer sur la commande *Suite* pour saisir les données de la rivière attachées à cette pluie ou à ces pluies (voir le \$ précédent pour la saisie de données)

Pour enregistrer les données cliquer sur *Valider*, pour revenir à l'écran initial de sélection des pluies cliquer sur *Suite*. Les données associées aux pluies sélectionnées ne sont enregistrées que si on a cliqué sur *Valider* auparavant.

11.3. Analyse des risques de déclassement

Sélectionner la commande *Analyse Rivière* dans le menu *Résultats* de l'applicatif de simulation, puis le nom de l'analyse de milieu dans la liste.

11.3.1. Pour une pluie seule:

Sélectionner dans le menu *Résultats* de l'applicatif de simulation, la forme des résultats souhaités :

Histogramme : permet d'éditer l'évolution de la concentration d'un indicateur ou du débit moyen en fonction du temps pour n'importe quel tronçon (hydrogramme ou pollutogramme).

Vue globale : trace l'évolution de "la ligne de concentration" sur la totalité de la rivière.

Tableau récapitulatif : affiche pour chaque tronçon et chaque produit la classe finale et le produit le plus déclassant.

11.3.2. Pour une chronique de pluies :

Sélectionner ensuite dans le menu *Résultats*, la forme des résultats souhaités :

Histogramme : permet d'éditer l'évolution de la concentration d'un produit ou du débit moyen en fonction du temps pour n'importe quel tronçon (hydrogramme ou pollutogramme) pour une pluie choisie.

Vue globale : trace l'évolution de "la ligne de concentration" sur la totalité de la rivière pour une pluie choisie.

Tableau récapitulatif : affiche pour chaque tronçon et chaque produit la classe finale et le produit le plus déclassant pour une pluie choisie.

Déclassement ; édite un tableau donnant pour un produit choisi et sur chaque tronçon de rivière, le nombre de pluies pour lesquelles la concentration devient supérieure (inférieure) au seuil et le temps de dépassement.

Pour les commandes *Histogramme*, *Vue globale* et *Tableau récapitulatif* sélectionner la pluie

Pour la commande *Déclassement*, sélectionner le produit et saisir la valeur du seuil pour ce produit.

Nota : les données rivières qui ont été saisies après la simulation d'une pluie seule sont conservées si l'on fait la simulation avec une chronique, de même que les données rivières qui ont été saisies après la simulation d'une chronique sont conservées si l'on fait la simulation avec une pluie. Lors d'une simulation du même type, ces données sont à nouveau accessibles.

12. Module « Envasement »

12.1. Objectif

L'objectif de ce module est d'estimer rapidement les risques d'envasement dans un réseau d'assainissement en fonction de données structurelles simples. Une autre méthode consiste à évaluer le risque d'envasement par l'analyse de l'évolution de la vitesse de frottement et de la contrainte de cisaillement au fond de la conduite. Voir §9.7.2.

Limite du modèle utilisé : Le modèle n'a été validé que sur des collecteurs visitables situés dans des réseaux unitaires. Son utilisation sur des réseaux non-visitables et/ou séparatifs sera donc une extrapolation sans justification expérimentale.

Vocabulaire utilisé : la vulnérabilité d'un tronçon à l'envasement évalue la probabilité qu'un tronçon s'envase si des matières solides arrivent à l'amont ; l'aléa évalue la probabilité que des matières solides arrivent effectivement à l'amont du tronçon ; le *risque* dépend à la fois de l'aléa et de la vulnérabilité (pour qu'il y ait dépôt, il faut, d'une part, que des matières susceptibles de décanter arrivent dans le tronçon et, d'autre part, que le tronçon soit vulnérable).

12.2. Présentation générale de la méthode utilisée

Le modèle utilise des règles expertes pour évaluer indépendamment l'aléa et la vulnérabilité. L'élaboration de la note finale de risque théorique d'envasement tient en effet compte de ces deux aspects complémentaires.

Toutefois, les deux notes globales de vulnérabilité et d'aléa sont fournies car elles sont utiles notamment dans un but de gestion des modifications à apporter pour améliorer le réseau.

Les règles expertes utilisées dans le calcul du risque d'envasement obéissent aux principes généraux suivants :

- un cumul de facteurs est aggravant pour le risque théorique d'envasement.
- un risque d'envasement élevé provient généralement de l'association d'un aléa supérieur à la moyenne et d'une vulnérabilité supérieure à la moyenne.
- certains critères peuvent cependant entraîner seuls des risques d'envasement élevés («inondabilité » par exemple).
- des apports amont élevés augmentent fortement le risque d'envasement d'un tronçon très vulnérable, et faiblement le risque d'envasement d'un tronçon peu vulnérable (et inversement pour des apports amont faibles).

12.3. Utiliser le module envasement

12.3.1. Démarche à suivre

L'utilisation du module envasement nécessite la mise en œuvre de 7 traitements distincts (dont certains ne sont pas obligatoires) qui doivent être enchaînés selon un certain ordre :

Adaptation de la bibliothèque de conduites

Importation ou saisie des données structurelles - définition des capacités d'interception des ouvrages de décantation

Calculs préliminaires

Estimation de la vulnérabilité des tronçons à l'envasement

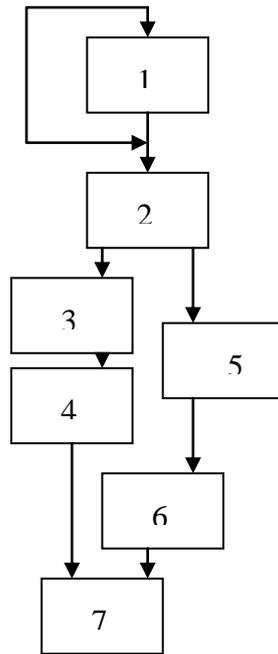
Saisie des données complémentaires

Estimation du risque d'envasement des tronçons

Exploitation des résultats

Les différentes possibilités d'enchaînements de ces traitements sont représentées dans le schéma suivant.

L'évaluation des risques d'envasement se fait principalement dans l'applicatif de gestion des données, excepté l'adaptation de la bibliothèque de conduites, qui se fait dans l'applicatif de gestion des bibliothèques de conduites.

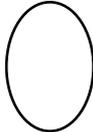
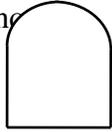


12.3.2. Adapter la bibliothèque de conduites

Avant d'utiliser le module d'envasement pour la première fois, il est nécessaire au préalable de renseigner la donnée "facteur de forme" sur chacune des conduites de la bibliothèque (si ceci n'a pas été fait lors de la première saisie).

Ce critère permet de préciser si la forme de la section est plutôt favorable ou défavorable à l'autocurage.

Les tronçons sont simplement répartis en deux classes : favorable ou défavorable. Le tableau suivant peut être utilisé pour renseigner cette donnée.

Evaluation du facteur «forme »			
Classe 1 : formes «favorables »		Classe 2 : formes «défavorables »	
Cunettes ovoïdes 	Ovoïdes 	Circulaires 	Plats quelconques ou 

Nota : La prise en compte de la forme de la section de la canalisation semble importante.

Méthode : Aller dans le module de gestion de la bibliothèque de conduites.

Cliquer sur la commande *Sélection conduite* dans le menu *Edition*.

Sélectionner successivement toutes les conduites dans la liste.

Cliquer sur le bouton de commande *Modifier* et renseigner dans le deuxième écran le critère de forme en choisissant *Forme favorable* ou *Forme défavorable*. Faire défiler les écrans

jusqu'au dernier (récapitulatif des données de la conduite) et cliquer sur le bouton de commande *Valider*.

12.3.3. Importer ou saisir les données structurelles nécessaires, définir les capacités d'interception des ouvrages de décantation

Le réseau doit être saisi dans CANOE ou importé à partir d'une base de données ou d'un SIG. Il est conseillé d'utiliser une description très fine de la structure du réseau (ne pas dépasser 50 mètres comme longueur de tronçon). Voir respectivement les paragraphes 5.12 et 5.4.

Remarque importante : Dans tous les cas, si le réseau contient des ouvrages de décantation, il est nécessaire de leur associer une capacité d'interception des solides transportés.

Dans la version 1.8b de CANOE, cette donnée est directement associée aux nœuds. Pour la définir utiliser la procédure de mise à jour des nœuds (voir paragraphe 5.4.2.).

Utiliser la commande *Nœud/ Données projet* et renseigner le champ *Pourcentage intercepté*.

La valeur s'exprime en pourcentage. Elle doit être comprise entre 0 (aucune interception) et 100% (la totalité des solides arrivant de l'amont est interceptée par l'ouvrage).

Nota : Dans les versions ultérieures à la version 1.8b, la capacité d'interception sera associée au composant de type chambre.

12.3.4. Lancer les calculs préliminaires à la prévision du risque d'envasement

Cette étape est indispensable. Elle permet en particulier de déterminer la quantité de sable susceptible d'arriver à chaque tronçon en fonction de la longueur du réseau situé en amont de chaque nœud et des ouvrages où les solides peuvent être interceptés (si ces derniers ont été définis – Cf. paragraphe 2.3).

Pour lancer ce calcul utiliser le menu

Ensemblement

Calculs

Préliminaires

L'activation de cette commande provoque l'exécution d'un calcul qui peut être relativement long si le nombre de tronçons est important. A la fin du calcul le logiciel redonne le contrôle à l'utilisateur.

12.3.5. Estimer la vulnérabilité des tronçons à l'envasement

La vulnérabilité d'un tronçon mesure l'aptitude du tronçon à piéger les solides transités. Elle dépend uniquement de la géométrie du réseau. Pour lancer ce calcul utiliser le menu :

Ensemblement

Calculs

Vulnérabilité

L'activation de cette commande provoque l'activation des règles expertes. A la fin du calcul le logiciel présente les résultats sous forme graphique (voir paragraphe 3.8).

12.3.6. Saisir les données complémentaires nécessaires à l'évaluation de l'aléa envasement

Ces données permettent d'estimer les aléas, c'est à dire la probabilité qu'il y ait effectivement des solides à piéger arrivant de l'amont. Elles permettent aussi de tenir compte de certains facteurs aggravant du risque.

12.3.6.1. Différents aléas pris en compte

Quatre types différents d'aléas sont considérés :

12.3.6.1.1. Zone inondable

Les tronçons seront classés dans cette catégorie s'ils sont **régulièrement et durablement** inondés. Les notions de régularité et de durabilité sont définies ainsi : au moins plusieurs fois par an et sur des périodes de plusieurs semaines.

Les causes d'inondation peuvent être variées. Les deux principalement rencontrées sont les suivantes :

- crues des cours d'eau;
- arrêts des stations de relèvement, de refoulement ou d'épuration.

12.3.6.1.2. Problème de surface

Les tronçons impliqués sont ceux qui se trouvent dans des zones particulièrement exposées à la présence de déchets ou solides dont on sait qu'ils se déposeront (quasiment à coup sûr) immédiatement dans le réseau, sans espoir d'une remise en mouvement ultérieure facile.

Il s'agit des causes provoquant les envasements, des obstacles dus à des déchets, amas d'objets divers, et ayant pour conséquence un amoncellement ponctuel de solides :

- les zones de marchés et de travaux
- les zones à forte densité végétale (rues arborées, parcs...);
- les places en gore ou non bituminées;
- les zones commerçantes denses ou piétonnes;
- les zones de faibles débits chroniques.

12.3.6.1.3. Obstacles

Obstacles locaux éventuels entraînant un ralentissement de l'écoulement et faisant barrage aux solides transités.

Il s'agit ici de prendre en compte les différents obstacles possibles à l'écoulement, qui ne sont pas imputables au réseau ou à sa conception normale (tous les obstacles sauf les ouvrages spéciaux).

Ces obstacles, à caractère permanent, peuvent être :

- des dégradations importantes du réseau;
- d'autres R.T.U. (de plus en plus rare);
- des aménagements ou dispositifs visant à détourner le réseau (contournement de piles de ponts, courbes, angles droits rajoutés...);
- des racines...

12.3.6.1.4. Etat de santé

L'état de santé de chaque tronçon du réseau mesure son état de dégradation structurel.

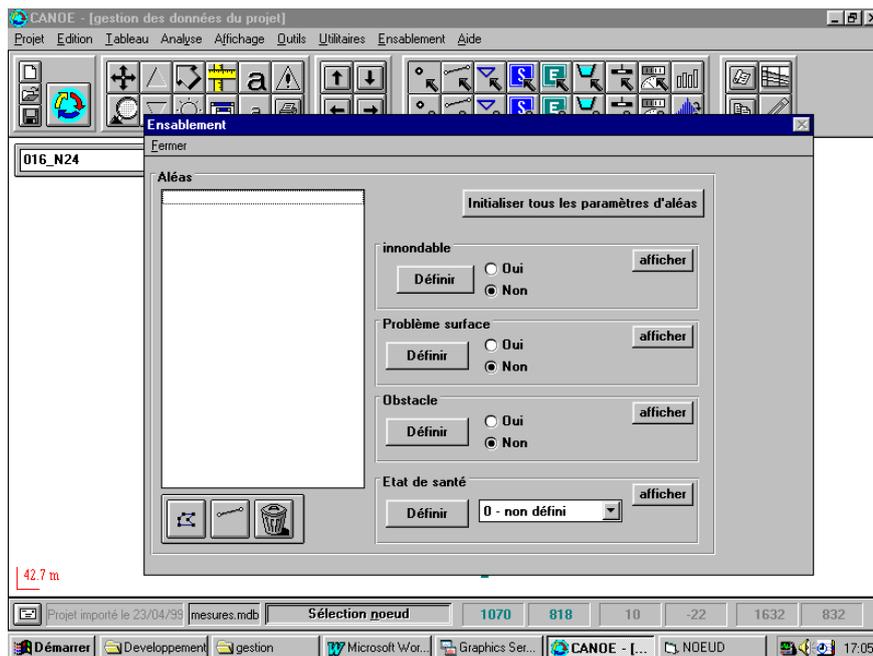
12.3.6.2. Marche à suivre

Sélectionner la commande :

Ensablement

Saisie des données complémentaires

Le logiciel ouvre une fenêtre de saisie spécifique.



La saisie (ou la mise à jour) s'effectue en séquences successives, chacune constituée de deux étapes.

La première étape consiste à constituer une liste de tronçons à renseigner.

La seconde étape permet d'affecter une caractéristique particulière à tous les tronçons de la liste.

12.3.6.2.1. Constitution de la liste

Pour construire la liste de tronçons deux méthodes sont possibles :

- cliquer sur l'icône « Zone », dessiner en cliquant le bouton gauche de la souris le contour de la zone qui vous intéresse et cliquer sur le bouton droit pour fermer votre tracé. Tous les tronçons ayant au moins l'une de leurs deux extrémités à l'intérieur de la zone sont sélectionnés. Leur liste s'affiche à l'écran.

- cliquer sur l'icône tronçon et « barrer » successivement à l'aide de la souris les tronçons souhaités. La liste s'affiche à l'écran.

Nota : L'icône *Poubelle* permet de supprimer tous les tronçons de la liste.

12.3.6.2.2. Affectation d'un aléa

Choisir l'aléa à renseigner, cocher la valeur correspondante à affecter à l'ensemble des tronçons de la liste :

- Pour les aléas « inondabilité », « problème de surface », « présence d'obstacle » : cocher *Oui* si l'aléa est présent, *Non* dans le cas contraire (la valeur par défaut est *Non*) puis appuyer sur le bouton de commande « Définir ».

- Pour l'aléa « état de santé », choisir la valeur sélectionnée dans la liste déroulante (valeur par défaut : *Moyen*) puis appuyer sur le bouton de commande « Définir ».

Nota 1 : Dans la version 1.8b, la note « état de santé » utilisée pour définir l'aléa n'est pas liée à l'état de santé général associé au tronçon (voir paragraphe 5.4.3.2.)

Nota 2 : Le bouton de commande « Initialiser tous les paramètres d'aléas » permet d'initialiser tous les tronçons à la valeur « *Non définie* ».

12.3.6.3. Affichage des aléas

Le logiciel donne la possibilité d'afficher la présence ou l'absence de l'aléa sur (ou l'état de santé de) chacun des tronçons. Pour activer cette fonction, utiliser le bouton « *Afficher* » correspondant à l'aléa choisi. Le logiciel dessine le réseau en utilisant un code de couleur, la légende est rappelée sur l'écran.

12.3.7. Estimer le risque d'envasement des tronçons

Le risque d'envasement dépend à la fois de la vulnérabilité et de l'aléa. Pour lancer ce calcul utiliser le menu :

Ensablement

Calculs

Risque d'envasement

L'activation de cette commande provoque l'activation des règles expertes. A la fin du calcul, le logiciel présente les résultats sous forme graphique (voir paragraphe 3.8).

12.3.8. Exploiter les résultats des études d'envasement

L'exploitation des résultats peut se faire soit sous forme graphique (plan avec code de couleur), pour la note de vulnérabilité seule ou pour la note de risque, soit sous la forme de fiches explicatives par tronçon.

Utiliser selon les cas les commandes :

Ensablement

Visualisation

Vulnérabilité

Risque

Information sur un tronçon

La commande *Information sur un tronçon* permet, en sélectionnant un tronçon, de visualiser sa note de vulnérabilité, d'aléa et de risque d'envasement et de préciser les critères déterminants qui ont entraîné ces résultats. Cette partie peut être utilisée pour établir les solutions curatives les mieux adaptées au type de situation.

13. Aide au projet (non disponible dans CANOE^{LT})

13.1. Principes généraux

13.1.1. Objectifs de l'appliquatif

Cet applicatif met à la disposition de l'utilisateur, un ensemble d'outils destinés à l'aider à dimensionner les ouvrages d'assainissement. Dans cette phase, il s'agit de l'aide au dimensionnement des réseaux traditionnels.

Il est accessible par la commande *Applicatif boîte à outils d'aide au projet* ou en cliquant sur



l'icône

Il s'ouvre sur la fenêtre d'entrée de l'appliquatif boîte à outils d'aide au projet



La fenêtre est divisée en 4 zones:

- barre de menu
- barres d'outils
- tracé en plan du réseau
- tracé du profil en long le long d'un parcours

13.1.2. Description du menu :

Projet

- Nouveau*
- Ouvrir*
- Enregistrer*
- Enregistrer sous*
- Caractéristiques*
- Configuration de l'imprimante*
- Configuration table à digitaliser*
- Autre applicatif*

Edition

- Sélection d'un nœud*
- Sélection d'un tronçon*
- Sélection d'un bassin versant*
- Création d'un nœud*
- Création d'un tronçon*
- Création d'un bassin versants*

Actions groupées

- Effacer toutes les cotes radier*
- Effacer tous les tronçons des projets*

Enlever les conduites des tronçons
Enlever toutes les cheminées
Affecter automatiquement les cheminées

Parcours

Sélectionner parcours
Renseigner parcours
Construire les tronçons
Effacer les tronçons du parcours
Effacer les cotes radier du parcours
Paramètres et tracé du profil en long

Outils

Prédimensionner
Vérifier
Optimisation
Vérifier la bibliothèque de conduites
Quantitatif
Estimatif
Prix unitaires
Tous les coefficients multiplicateurs à 1

Affichage

Vue globale
Zoom
Vue précédente
Vue rapprochée
Vue éloignée
Vue définie
Redessine
Fenêtre de données
Nom des nœuds
Nom des tronçons
Nom des bassins versants
Affichage rapide
Affichage sans les bassins versants
Définition vue mémorisée

13.1.3. Description des icônes

Les icônes d'affichage et d'édition des nœuds, tronçons et bassins versants sont les mêmes que les icônes de la fenêtre de gestionnaire de données



Sélectionner parcours



Construire les tronçons



Renseigner parcours



Effacer les tronçons du parcours



Paramètres et tracé du profil en long



Prédimensionnement du réseau



Vérification



Prix unitaires



Optimisation



Quantitatif



Estimatif



permet d'afficher un fond de plan avec le tracé

13.2. Edition

Permet de créer, mettre à jour, consulter en mode graphique des nœuds et des bassins versants du projet sur lequel on travaille. La création et la mise à jour de ces objets se font de la même façon que dans l'applicatif de gestion des données.

13.3. Actions groupées

Dans ce menu, sont regroupées les commandes ayant une action sur tous les objets d'un même type du réseau. On peut choisir

- d'effacer les cotes radier de tous les nœuds du réseau (de les mettre à zéro). Cette commande entraîne obligatoirement la destruction de tous les tronçons du projet. Le logiciel demande confirmation avant de remettre à 0 les cotes et de supprimer les tronçons.
- d'effacer tous les tronçons des projets
- d'enlever les conduites des tronçons (on ne garde que le filaire)
- d'enlever toutes les cheminées déjà affectées aux nœuds
- d'affecter automatiquement les cheminées

13.4. Saisie et renseignement d'un parcours

13.4.1. Principe

Un parcours est une succession continue de nœuds et de tronçons. Sur un parcours, les tronçons peuvent ou non être implantés dans le réseau. Si un ou plusieurs tronçons constituant un parcours ne sont pas préalablement définis, la sélection du parcours les définit de façon provisoire. Un seul parcours peut être sélectionné à la fois. Ce parcours peut être alors dessiné (profil en long), habillé (implantation dans le sous-sol, mémorisé (création définitive des tronçons le constituant)).

13.4.2. Sélectionner parcours

Permet de sélectionner un parcours reliant successivement un ensemble quelconque de nœuds. Les tronçons constituant le parcours peuvent être préexistants. Dans le cas contraire, la sélection du parcours permet de les créer de façon provisoire. Le sens de saisie est interprété comme le sens naturel d'écoulement. La sélection d'un nœud particulier du parcours s'effectue soit par son nom dans la liste déroulante, soit par sa position dans le plan (saisie souris). Pour ajouter un nœud au parcours, sélectionner le nœud avec la clé gauche de la souris. Pour enlever le dernier nœud du parcours, cliquer de nouveau sur ce nœud.

Un seul parcours étant sélectionné à un instant donné, la sélection d'un nouveau parcours provoque la désélection du précédent. Le parcours sélectionné est tracé en traits rouges sur l'écran.

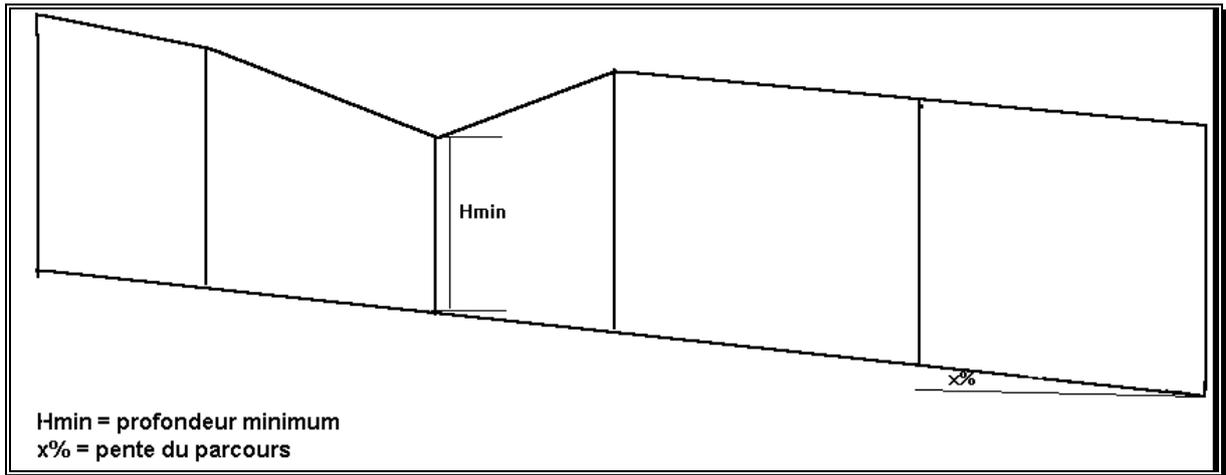
Règle : *Un même nœud ne peut appartenir plusieurs fois à un parcours (circuits impossibles).*

Dans la partie basse de l'écran s'affiche le profil du parcours sélectionné. La ligne verte représente le sol. La cote radier, si elle est définie, est représentée par une ligne pointillée si le tronçon n'était pas déjà défini, par une ligne en trait plein si le tronçon existait déjà. Si le tronçon est affecté d'une conduite, celle-ci est représentée par deux traits (radier et haut de la conduite). Les cheminées définies sont signalées par deux traits parallèles à la verticale du nœud. Sous les segments du profil sont écrits les noms des tronçons s'ils sont déjà définis, la longueur du segment, la cote de départ du parcours.

13.4.3. Renseigner un parcours

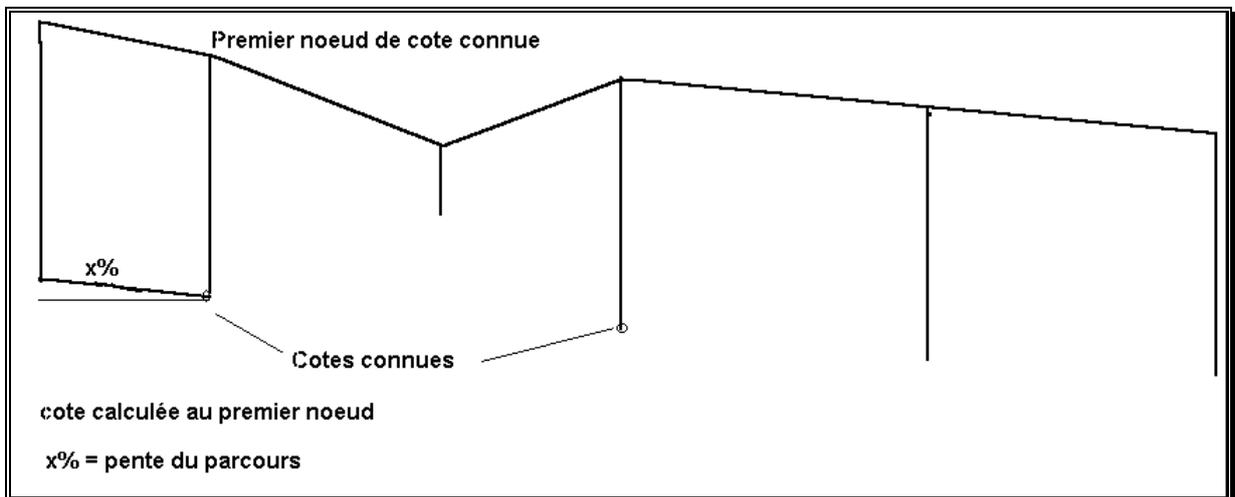
Cette fonction permet de compléter globalement les données associées aux tronçons et aux nœuds constituant le parcours sélectionné, et en particulier d'affecter automatiquement des cotes radier aux nœuds du parcours ainsi qu'aux extrémités amont et aval des tronçons qui le constituent. Elle nécessite la définition préalable d'une pente souhaitée et d'une profondeur minimum. Le principe utilisé consiste à commencer par le calcul des cotes radier des nœuds. Ce calcul est effectué en utilisant les règles suivantes :

- Si aucune cote radier n'est préalablement connue sur le parcours, toutes les cotes radier sont fixées de façon à vérifier la contrainte de pente ainsi que la contrainte de profondeur minimum.

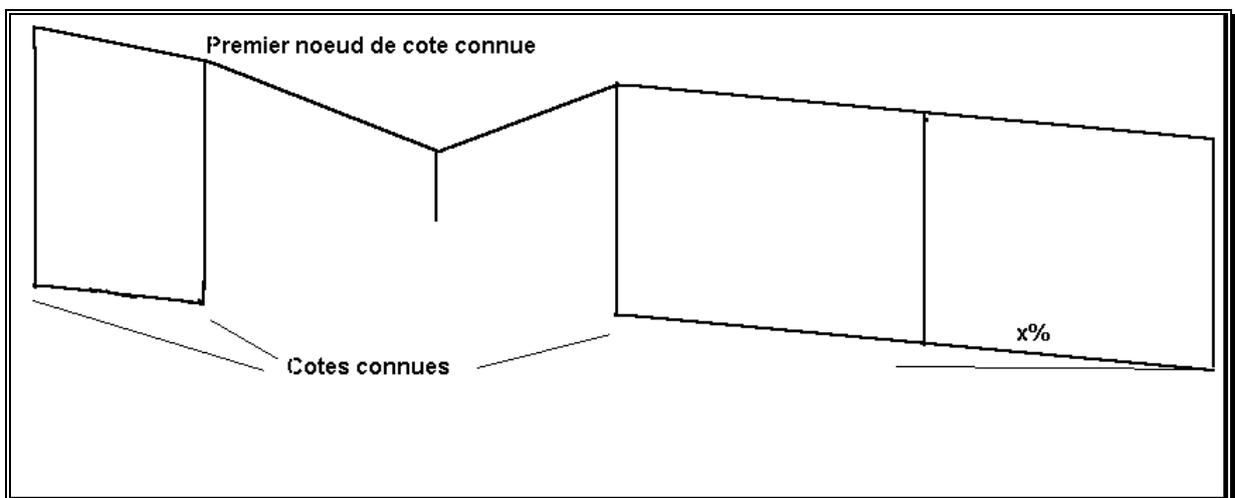


- Si m ($m > 1$) cotes radier sont connues sur le parcours, le calcul s'effectue en plusieurs étapes :

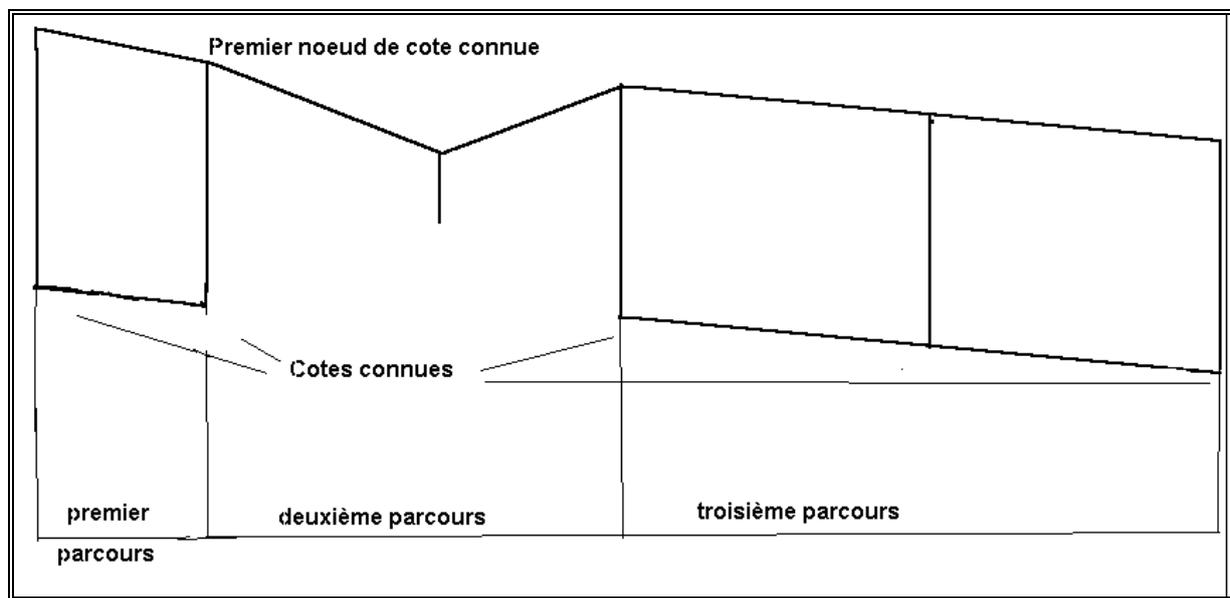
* On cherche le premier nœud du parcours dont la cote radier est connue. On en déduit la cote du premier nœud du parcours.



* On cherche le dernier nœud du parcours dont la cote radier est connue. On en déduit la cote du dernier nœud du parcours.



* On segmente le parcours en $m+1$ sous-parcours dont les cotes des nœuds amont et aval sont connues. On traite successivement chacun des sous-parcours. Si le sous-parcours possède des nœuds intermédiaires, on calcule sa pente et on en déduit la cote radier de chacun des nœuds intermédiaires, sinon on passe directement au sous-parcours suivant.



Les cotes amont et aval non préalablement définies des tronçons sont ensuite prises égales à la cote radier du nœud auquel elles sont attachées. Les cotes préalablement définies ne sont pas modifiées.

13.4.4. Construire les tronçons d'un parcours

Permet de construire (créer de façon permanente) les tronçons constituant le parcours sélectionné. Si certains des tronçons du parcours sélectionné avaient déjà été mémorisés, cette action permet de mettre à jour les données qui les décrivent.

13.4.5. Effacement tronçons

Permet de supprimer les tronçons situés sous le parcours sélectionné. Cette action demande une confirmation.

13.4.6. Effacer les cotes radier du parcours

Permet d'effacer les cotes radier d'un ensemble de nœuds préalablement définis (de les mettre à zéro). La sélection d'un nœud particulier s'effectue soit par son numéro (saisie clavier), soit par sa position dans le plan (saisie souris).

13.4.7. Paramètres du profil en long

Pour effectuer un tracé de profil en long, un parcours doit être sélectionné. Le profil en long est tracé le long de ce parcours.

L'utilisateur peut donner un titre à son tracé, afficher la date, la référence du tracé, un commentaire et choisir le type d'altitude dans une liste (altitudes orthométriques, normales, indépendantes).

Les valeurs par défaut des échelles en x et en y sont calculées et proposées par le logiciel en fonction des cotes et des x, y des nœuds du parcours sélectionné.

L'altitude du plan de comparaison proposée est la valeur de la plus petite cote du parcours.

La commande *Valider* enregistre les valeurs des paramètres du tracé.

La commande *Aperçu* permet de visualiser le profil en long à l'écran.

La commande *Tracer* trace le profil en long à l'imprimante

13.4.8. Tracé du profil en long

Sélectionner successivement les commandes *Parcours* et *Paramètres et Tracé profil en long* .

Choisir ensuite la commande *Tracé CANOE* pour effectuer un tracé du profil en long à l'écran ou à l'imprimante.

Choisir *Tracé Dxf* pour exporter le profil en long dans un fichier Dxf. L'utilisateur choisit le nom du fichier ainsi que celui du répertoire dans lequel le fichier créé sera sauvegardé

Modifier les paramètres du tracé si nécessaire. Cliquer alors sur *Valider*.

La commande *Aperçu* permet de voir à l'écran le profil en long tracé avec les paramètres définis.

La commande *Tracer* effectue le tracé du profil en long à l'imprimante avec les paramètres définis.

13.4.9. Exporter le profil en long vers un fichier DXF

Cette fonction est disponible dans l'appliquetif *Aide au projet*.

Cette action est appelée par le menu *Parcours/Paramètres et tracé du profil en long/Profil DXF* ou en cliquant sur l'icône *Profil en long* avec la clé droite.

Le "tracé" du profil s'effectue dans un fichier DXF. L'utilisateur choisit le nom du fichier ainsi que celui du répertoire dans lequel le fichier créé sera sauvegardé

La taille des "pages" virtuelles est définie par les valeurs X et Y de la taille du tracé DXF.

CANOE va découper le tracé en respectant la taille de ces pages. Il va créer autant de fichiers que de pages nécessaires.

Les fichiers sont nommés : PROFILn.DXF où n est le numéro de page correspondant.

Ces fichiers sont rangés dans le répertoire PLAN de CANOE (ex C:\CANOE\PLAN)

Remarque : Cette fonction présente plusieurs avantages : elle permet de retoucher le tracé avec un logiciel de dessin et elle n'est plus limitée par le format A2.

13.4.10. Sauvegarde d'un parcours

Pour sauvegarder un parcours affiché à l'écran, cliquer sur l'icône "+" dans le pavé des icônes liées au parcours. Taper le nom du parcours dans la fenêtre de saisie ouverte et cliquer sur le bouton de commande "OK".

Pour visualiser un parcours déjà sauvegardé, cliquer sur l'icône "Lec" dans le pavé des icônes liées au parcours et sélectionner le parcours dans la liste déroulante.

13.5. Outils de l'applicatif aide au projet

13.5.1. Prédimensionnement

L'option *Prédimensionnement* exécute le module de prédimensionnement automatique.

Il permet de prédimensionner le réseau à partir des données décrivant la structure physique du réseau (aux nœuds, tronçons, bassins versants).

L'utilisateur peut choisir le dimensionnement automatique - Choisir l'option *Instruction 77* (les pluies choisies seront des pluies de projet régionales construites automatiquement) ou une pluie sélectionnée dans la bibliothèque de pluies du projet - Choisir l'option *Bibliothèques de pluies*

Pour valider ce choix, cliquer sur *Prédimensionner*

Dans le cas *Instruction 77*, l'utilisateur peut créer la pluie de projet selon l'instruction technique (Période de retour, région pluviométrique) ou à partir des valeurs connues des coefficients de Montana a et b.

Valider les options choisies.

Dans le cas *Bibliothèques de pluies*, l'utilisateur doit choisir une pluie dans la bibliothèque de pluies (ou l'option *Aucune pluie* : les seules entrées seront alors les hydrogrammes injectés), la durée du pas de temps de discrétisation des entrées et la durée de simulation. *Valider* les valeurs saisies.

Le logiciel affecte des conduites permettant d'écouler le débit calculé aux tronçons **pour lesquels les conduites n'étaient pas définies**. Si la conduite de débitance maximum parmi les conduites utilisables en réseau neuf n'est pas suffisante pour évacuer le débit calculé sur un ou plusieurs tronçons, le logiciel édite le message. suivant : "*La débitance de la plus grosse des conduites de la bibliothèque utilisables en réseau neuf n'est pas suffisante pour tous les tronçons*".

Les débits maxima calculés sont ceux qui serviront de base à la procédure d'optimisation.

13.5.2. Vérification

Lance le programme de simulation, de façon à vérifier si les conduites affectées par le programme permettent bien d'évacuer les quantités d'eau collectées.

13.5.3. Optimisation

Cette commande effectue l'optimisation du réseau proprement dite. Elle consiste à minimiser le coût total de réalisation d'un réseau en optimisant pour chaque tronçon du réseau le diamètre de sa conduite et sa pente (c'est à dire les profondeurs amont et aval de ce tronçon).

En effet, le coût de mise en place d'un réseau (terrassment, blindage, remblai, compactage, démolition et réfection) augmente si les profondeurs amont et aval des tronçons augmentent, mais diminue si le diamètre de la conduite diminue. L'optimisation consiste à chercher le chemin pour l'ensemble des branches du réseau qui minimise le coût total tout en respectant les contraintes (sur les recouvrements, les pentes, les profondeurs et les diamètres).

Cette optimisation s'effectue en 6 phases:

- a) Phase de contrôle

- b) Construction du faisceau d'implantation possible le long de toutes les branches du réseau.
- c) Discrétisation de la largeur du faisceau autour de chaque nœud.
- d) Recherche du chemin optimum, c'est à dire donnant le coût minimum.
- e) Affinage autour de la solution précédente
- f) Stockage des résultats.

13.5.3.1. Contrôle

Le programme vérifie que le réseau possède une structure adéquate pour effectuer l'optimisation.

En effet, le programme ne traite pas les réseaux comportant des défluences, des déversoirs d'orage, des bassins de retenue. Si tel était le cas, il faudrait découper le réseau en sous projets excluant ces ouvrages et effectuer l'optimisation sur chacun de ces projets.

Le programme vérifie aussi que l'exutoire ne possède qu'un seul tronçon amont. Il vérifie enfin que le prédimensionnement a été effectué, c'est à dire que chaque tronçon du réseau est bien affecté d'une conduite.

Si le programme rencontre une impossibilité, il le signale et revient au menu général.

Le programme affecte ensuite automatiquement une cheminée aux nœuds qui n'en comportent pas et qui sont l'un des points suivants:

- tête de réseau
- exutoire du réseau
- jonction
- exutoire de bassin versant
- point de changement de pente ou de diamètre
- extrémité d'un tronçon de longueur supérieure à 80 m
- nœud sur lequel une contrainte de profondeur a été déclarée
- extrémité d'un tronçon pour lequel une conduite existante a été déclarée
- nœud comportant une singularité hydraulique

13.5.3.2. Construction du faisceau

Le programme construit autour de la solution initiale, une bande d'implantation possible. Pour cela, il prend en compte les profondeurs minimum et maximum d'implantation en chaque nœud. Il restreint le couloir ainsi déterminé de façon à ce que les bordures du faisceau soit au maximum la pente maximum admise et au minimum la pente minimum admise.

13.5.3.3. Discrétisation du faisceau

On discrétise la largeur du faisceau autour de chaque nœud comportant une cheminée, en intervalles de pas proches d'un pas d'espace (pris égal dans le programme au 1/9 de la largeur du faisceau). Cela détermine un nombre de profondeurs possibles d'implantation. La profondeur initiale du nœud, avec laquelle le prédimensionnement a été effectué, est une de ces profondeurs.

13.5.3.4. Optimisation

L'optimisation des coûts se fait tronçon par tronçon de l'amont vers l'aval. Pour chaque tronçon, on cherche quel diamètre de conduite est nécessaire pour écouler le débit calculé par le prédimensionnement en partant de la profondeur i à l'amont pour arriver à la profondeur j

aval. On évalue le coût C_{ij} . On retient ensuite pour chaque profondeur j aval, la configuration minimisant le coût C_{outj} pour arriver en j .

$$C_{outj} = \text{Min}(C_{outi} + C_{ij})$$

avec

n	Nombre de branches amont du nœud (4 maximum)
C_{outin}	Coût minimum pour arriver à la profondeur i
C_{ij}	Coût du tronçon entre les profondeurs amont i et aval j

On élimine au cours de ce calcul les couples (i,j) donnant des pentes inférieures à la pente minimum admise ou supérieures à la pente maximum admise. De plus, on contrôle qu'à l'aval d'un nœud, le diamètre proposé est au moins égal au plus grand des diamètres amont. Sinon, on augmente le diamètre et le coût C_{ij} du tronçon. On détermine ainsi en chaque nœud le coût C_{outj} minimum pour arriver à la profondeur j ainsi que les profondeurs de départ et d'arrivée des tronçons amont associées à ce minimum.

Arrivé à l'exutoire, il suffit de chercher la profondeur d'arrivée donnant le coût minimum et de reconstituer en remontant de l'aval vers l'amont le chemin optimal. On connaît alors pour chaque tronçon la profondeur amont, la profondeur aval et le diamètre donnant le coût minimal du réseau.

13.5.3.5. Affinage

L'utilisateur peut affiner la solution. Pour cela, il suffit de relancer l'optimisation après avoir conservé la solution proposée. Une nouvelle discrétisation est effectuée autour de la solution obtenue en chaque nœud avec un pas de discrétisation plus petit que le précédent. L'optimisation se fait de la même façon à partir des nouvelles profondeurs de ce réseau.

13.5.3.6. Stockage des résultats

L'utilisateur peut choisir de ne rien conserver des résultats.

Il peut sinon choisir de stocker les cotes amont et aval ainsi que le numéro de conduite proposée pour chaque tronçon sur le projet initial.

Remarque : pour créer une variante du projet initial, sauver le projet sous un autre nom.

13.5.4. Vérifier la bibliothèque de conduites

Le logiciel vérifie que les conduites de débitances croissantes ont bien des coûts croissants. Dans la négative, l'utilisateur est avisé d'une anomalie, mais peut malgré tout lancer le calcul d'optimisation.

13.5.5. Quantitatif

13.5.5.1. Principes

Edite un avant métré du projet.

On trouve pour chaque tronçon , ainsi que pour l'ensemble du réseau :

- nom du tronçon
- nom de la conduite affectée
- débit max écoulé (en m³/s)
- la longueur de conduite
- le volume terrassé
- la surface de blindage
- le volume de remblai
- la surface de compactage
- la surface de démolition
- le nombre de cheminées

13.5.5.2. Evaluation du métré pour un tronçon

13.5.5.2.1. Définitions

Largeur minimum de la tranchée (m) donnée entrée lors de la saisie de la conduite

Profondeur moyenne du tronçon (m) = $1/2 \times (\text{profondeur amont} + \text{profondeur aval du tronçon})$

Profondeur totale de la tranchée à creuser (m) = Profondeur moyenne du tronçon + 0,15

13.5.5.2.2. Cas des tronçons pourvus d'une conduite préfabriquée

Volume de terrassement V_t (m³):

$V_t = \text{Largeur mini conduite} \times \text{Profondeur totale} \times \text{Longueur conduite}$

Volume de la conduite V_c (m³):

$V_c = 36 \times \pi \times (\text{Hauteur conduite})^2 \times \text{Longueur conduite}$

Volume à remblayer V_r (m³) :

$V_r = V_t - V_c$

Nombre de couches de compactage :

$N_{co} = \text{Partie entière} (\text{Profondeur moyenne} - 0,15 - 1,1 \times \text{Hauteur de la conduite}) / (0,25) + 1$

Surface de compactage (m²) :

$S_{co} = N_{co} \times \text{Largeur minimum de la tranchée} \times \text{Longueur conduite}$

Surface de blindage (m²)

$S_b = 2 \times \text{Profondeur totale} \times \text{Longueur du tronçon}$

Surface de démolition (m²)

$S_d = \text{Largeur minimum de la conduite} \times \text{Longueur de la conduite}$

13.5.5.2.3. Cas des tronçons pourvus d'un autre type de conduite(conduites coulées sur place)

Volume de terrassement V_t (m³):

$V_t = \text{Largeur minimum conduite} \times \text{Profondeur totale} \times \text{Longueur de la conduite}$

Largeur extérieure de la conduite (m) :

$H_{ext} = \text{Hauteur de la conduite} + 0,55$

Volume de la conduite V_c (m^3):

$V_c = \text{Largeur minimum de la conduite} \times \text{Largeur extérieure} \times \text{Longueur conduite}$

Volume à remblayer V_r (m^3):

$V_r = V_t - V_c$

Nombre de couches de compactage:

$N_{co} = (\text{Profondeur de la tranchée} - \text{Largeur extérieure de la conduite}) / 0,25$

Surface de compactage (m^2)

$S_{co} = N_{co} \times \text{Largeur minimum de la conduite} \times \text{Longueur du tronçon}$

Surface de blindage (m^2)

$S_b = 2 \times \text{profondeur moyenne} \times \text{Longueur du tronçon}$

Surface de démolition (m^2)

$S_d = \text{Largeur de la conduite} \times \text{Longueur de la conduite}$

13.5.5.2.4. Règles de calcul du nombre de regards

Le nombre N de regards de chaque tronçon est calculé de la façon suivante :

Si le nœud amont est déclaré comme regard

$N = 1 / \text{nombre de tronçons raccordés au nœud amont}$

Si le nœud aval est déclaré comme regard

$N = N + 1 / \text{nombre de tronçons raccordés au nœud aval}$

On ajoute ensuite un regard par x mètres de conduite, x étant l'intervalle entre deux cheminées (valeur par défaut de 60 m modifiable en sélectionnant la commande *Prix unitaires*).

13.5.5.2.5. Coût d'une cheminée

Le coût jusqu'à 2 mètres est le coût entré pour une cheminée. Au delà de 2 mètres, le coût est augmenté du coût pour surprofondeur par tranche de 10 cm.

13.5.6. Estimatif

Edite un estimatif sommaire du projet à partir des prix du catalogue de prix unitaires modifiables par l'utilisateur en sélectionnant la commande *Prix unitaires*.

Les coûts sont par tronçons le coût

- des conduites
- de terrassement
- de blindage
- de remblai
- de compactage
- de démolition
- des regards

ainsi que le coût total par tronçon et le coût total du projet.

13.5.7. Catalogue des prix

Permet l'édition et éventuellement la modification du catalogue des prix unitaires associé au projet.

13.5.7.1. Coût unitaire de terrassement :

C'est le coût par m^3 creusé, pour les tranches de profondeur proposées. Ceci signifie par exemple que les trois premiers mètres terrassés seront comptés au coût ($H < 3m$), les deux mètres suivants au coût ($H < 5m$) et les quatre mètres suivants au coût $H < 7m$. Au delà de 7m, les coûts sont ceux de la tranche "supérieure".

Ce coût doit intégrer les plus values pour présence de rochers ou d'eau. Il est cependant unique pour l'ensemble du chantier. En cas de différences locales dans la nature des sols, il est possible d'utiliser le coefficient multiplicateur, qui lui s'applique tronçon par tronçon.

Le nombre de tranches de terrassement et le coût de chaque tranche peuvent être modifiés par l'utilisateur.

13.5.7.2. Coût unitaire de blindage :

C'est le coût de blindage par m^2 , selon la profondeur de la fouille. Le nombre de tranches de blindage et le coût de chaque tranche peuvent être modifiés par l'utilisateur.

Le calcul se fait par tranche de la même façon que pour le terrassement.

13.5.7.3. Coût unitaire de remblaiement :

C'est le coût de remblaiement au m^3 . Le volume correspondant est celui qui correspond à la cote sol de projet

13.5.7.4. Coût unitaire de compactage :

C'est le coût de compactage au m^2 d'une couche élémentaire; le programme calcule le nombre de couches nécessaires. Voir le §12.5.5.2.

13.5.7.5. Coût unitaire de démolition-réfection de chaussées :

C'est le coût au m^2 de démolition-réfection de chaussées.

13.5.7.6. Coût d'une cheminée de référence :

Ce coût correspond à une profondeur de référence de 2 mètres.

13.5.7.7. Plus value pour surprofondeur :

Cette plus value s'applique à chacune des tranches de 10cm de surprofondeur au delà de deux mètres, pour une cheminée.

13.5.8. Coefficients multiplicateurs

Les coefficients multiplicateurs des coûts servent à tenir compte de difficultés locales (présence de rocher, présence d'eau, présence d'autres réseaux, sujétions spéciales de chantier) susceptibles de modifier les coûts unitaires associés à chacun des postes. La valeur par défaut de ce coefficient est de 1 pour tous les tronçons.

13.6. Démarche d'étude à suivre

La démarche d'étude qui doit normalement être suivie repose sur huit phases successives qui sont décrites ci-après.

13.6.1. Préparation des données

- Repérer sur un fond de plan les points par lesquels le réseau est susceptible de passer ; noter la cote sol de ces points. Il est particulièrement indispensable de repérer les points bas et les points où le passage d'un éventuel réseau est contraint par la présence d'autres éléments urbains (autre réseau en particulier). Plus le nombre de nœuds cotés sera important, plus le calcul de cubature pourra être fait avec précision.
- Repérer les conduites existantes, leur type et leur implantation. Il est indispensable de repérer les conduites qui seront éventuellement utilisées par le nouveau réseau, ainsi que celles susceptibles de servir d'exutoire.
- Découper le bassin versant en sous-bassins, repérer le sens de la pente générale de ces sous-bassins, évaluer leurs caractéristiques hydrologiques (en particulier imperméabilisation).
- Digitaliser éventuellement le fond de plan afin de pouvoir l'utiliser pour la saisie dans CANOE.

13.6.2. Saisie des nœuds

Une fois les données préparées, les étapes suivantes vont utiliser le logiciel CANOE. Les règles de gestion des projets (création, affectation des bibliothèques, etc.) utilisées pour l'applicatif d'aide au projet sont les règles générales de CANOE. Voir les paragraphes 5.1 à 5.3.

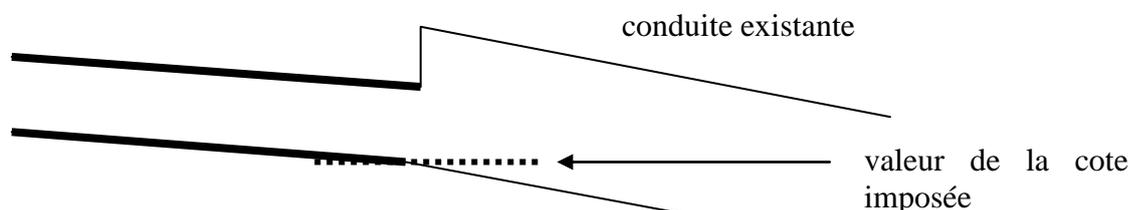
La première étape consiste à saisir les nœuds correspondants à chacun des points préalablement identifiés et par lesquels le réseau est susceptible de passer. Pour chaque nœud, doivent être renseignés : le nom, la position en x et y et la cote sol (voir le §5.4.2.).

Le choix des nœuds saisis est libre (voir le § 12.6.1.). Il est cependant indispensable de saisir les nœuds limitant les tronçons préexistants que l'on envisage de conserver.

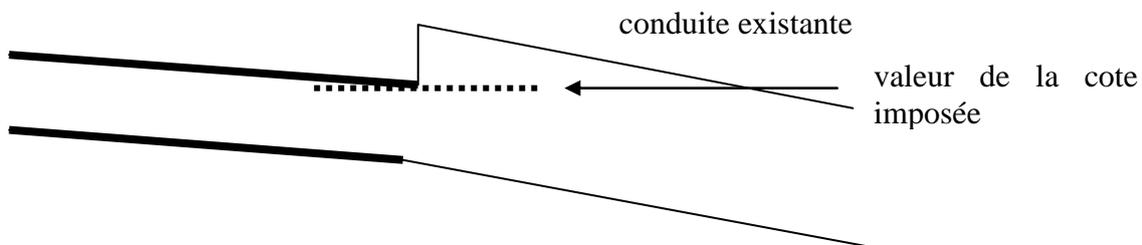
Il est possible d'imposer une cote sol de projet égale à la cote sol (dans ce cas cocher la case correspondante) ou au contraire d'accepter une cote de projet différente de la cote sol (remblais ou déblais) ; dans ce cas décocher la case et rentrer la cote désirée. La modification de la cote sera prise en compte dans le calcul des cubatures de remblais.

Si le nœud correspond à un point imposant des contraintes de passage à une éventuelle conduite, il est nécessaire de définir clairement ces contraintes, qui devront être prises en compte lors de l'implantation du réseau dans le sous-sol. CANOE permet de prendre en compte 4 types de contraintes d'exploitation. Le choix de la contrainte s'effectue par sélection dans un menu déroulant.

- cote radier imposée : cette contrainte permet d'imposer un raccordement du radier du tronçon des conduites arrivant au nœud à une cote connue ; il peut par exemple s'agir d'une arrivée dans un ouvrage préexistant.

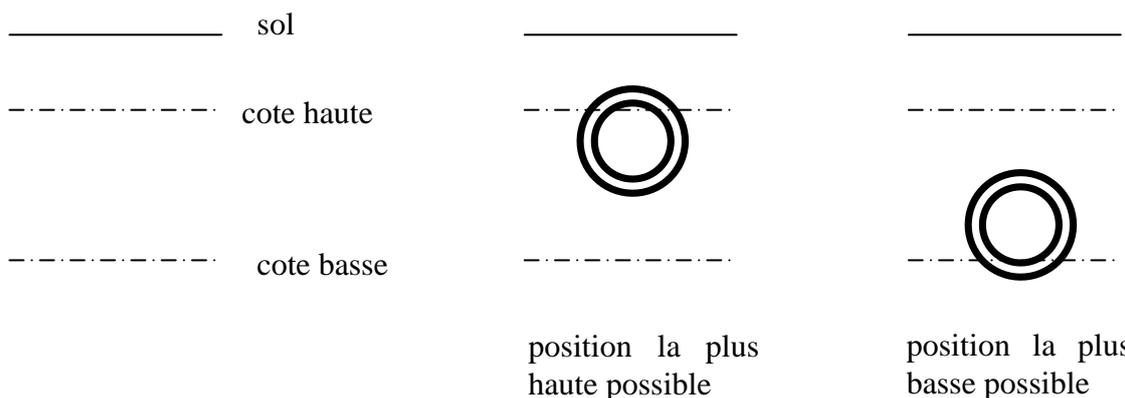


- cote intrados imposée : cette contrainte permet d'imposer un raccordement du haut de la conduite arrivant au nœud à une cote connue ; il peut par exemple s'agir d'une arrivée dans un ouvrage préexistant.



- cote axe conduite imposée : cette contrainte permet d'imposer un raccordement de l'axe des conduites arrivant au nœud à une cote connue ; il peut par exemple s'agir d'une arrivée dans un ouvrage préexistant.
- faisceau d'implantation imposé : cette contrainte permet de définir un faisceau (cote minimum, cote maximum), à l'intérieur duquel les conduites doivent obligatoirement se situer au droit du nœud. Il peut par exemple s'agir d'un passage sur ou sous un ouvrage existant que l'on ne souhaite pas déplacer. Si seule l'une des deux cotes est réellement imposée (par exemple la cote basse), choisir une valeur très forte (cote sol par exemple) ou très faible selon le cas pour la seconde cote.

Nota : Le logiciel ne prend pas en compte l'épaisseur de la conduite. Les cotes imposées sont celles de l'intrados et du radier de la conduite (vois schéma).



13.6.3.

Attention : Le choix du type de contrainte impose le type d'optimisation que l'on peut faire (voir option de raccordement au paragraphe 12.6.7.).

13.6.4. Saisie des bassins versants

La saisie des bassins versants s'effectue de façon traditionnelle (voir le § 5.4.4.).

Il est indispensable que les nœuds situés le plus à l'amont du réseau qui sera ensuite choisi portent un bassin versant pour permettre le dimensionnement des tronçons. La phase de saisie

des bassins versants et celles de recherche et sélection du tracé en plane doivent donc être conduites de façon interactive.

13.6.5. Saisie éventuelle des tronçons existants

Si certaines conduites sont pré-existantes et que l'on ne souhaite pas les modifier, il est indispensable de les saisir, en leur associant le type de profil adéquat (voir le §5.4.3.).

13.6.6. Recherche et sélection du tracé en plan

Cette phase repose sur la notion de parcours.

Rappel : Un parcours est une succession continue de nœuds et de tronçons. Sur un parcours, les tronçons peuvent ou non être implantés dans le réseau. Si un ou plusieurs tronçons constituant un parcours ne sont pas préalablement définis, la sélection du parcours les définit de façon provisoire. Un seul parcours peut être sélectionné à la fois. Ce parcours peut être alors dessiné (profil en long), habillé (implantation dans le sous-sol, mémorisé (création définitive des tronçons le constituant)).

Le réseau doit être construit progressivement en sélectionnant, en habillant et en mémorisant des parcours successifs qui vont se compléter.

nota : Cette démarche est beaucoup plus rapide que la démarche alternative consistant à saisir les tronçons individuellement les uns après les autres.

Au fur et à mesure que l'on sélectionne les nœuds constituant le parcours, le profil en long se dessine sur l'écran, ce qui permet de vérifier visuellement que les pentes du terrain naturel ne sont pas incompatibles avec le tracé choisi.

rappel : cliquer à nouveau sur le dernier nœud saisi permet de l'enlever du parcours.

Une fois le parcours saisi, il faut compléter les données associées aux tronçons et aux nœuds constituant le parcours sélectionné, et en particulier affecter automatiquement des cotes radier aux nœuds du parcours ainsi qu'aux extrémités amont et aval des tronçons qui le constituent.

Cette opération est effectuée grâce à la commande "*renseigner parcours*". Elle nécessite la définition préalable d'une pente souhaitée et d'une profondeur minimum.

La valeur de la pente proposée par défaut est celle du sol entre les deux points extrêmes du parcours. La valeur de la profondeur par défaut est de 2 mètres. Ces valeurs peuvent généralement être retenues sans problème comme valeurs initiales.

Attention : il s'agit bien d'une profondeur et non d'une hauteur de recouvrement (le diamètre de la conduite n'étant pas connu à cette étape).

Voir le §12.4.3. pour les règles utilisées lors de l'affectation automatique des cotes

Une fois le parcours renseigné, utiliser la commande "*construire les tronçons*" pour mémoriser les différents tronçons constituant le parcours.

Recommencer ces étapes jusqu'à ce que le réseau soit entièrement construit.

Nota : Il n'est pas indispensable que tous les nœuds aient été utilisés. En revanche, il est important de vérifier :

- que tous les nœuds exutoires des bassins versants apparaissent bien dans le réseau (sinon changer le nœud exutoire des bassins versants non raccordés,
- que tous les nœuds les plus à l'amont des branches aient bien un bassin versant associé.

13.6.7. Prédimensionnement du réseau

L'étape suivante est celle du prédimensionnement. Cette étape est la plus importante en terme hydrologique car c'est au cours de ce traitement que les débits de service (ceux qui

déterminent le débit capable de la conduite) vont être fixés. L'étape de prédimensionnement elle-même, qui va consister à affecter à chaque tronçon un diamètre suffisant pour évacuer le débit de service, est moins importante, les diamètres pouvant être modifiés par la suite.

13.6.7.1. Comparaison avec la méthode de Caquot

La méthode proposée est une méthode dite détaillée, qui représente de façon successive les différentes phases du cycle de l'eau (pluie, transformation pluie-débit, propagation en réseau). Elle n'est donc pas soumise aux contraintes et limites de la méthode de Caquot.

Elle peut cependant être utilisée avec exactement les mêmes informations (en particulier sur le plan pluviométrique).

***Nota très important :** Si l'on utilise la méthode de prédimensionnement avec les mêmes données pluviométriques que celles proposées par l'Instruction technique de 1977, on trouvera généralement des valeurs de débit de pointe très voisines de celles fournies par la méthode de Caquot. Cependant, il peut arriver que les valeurs trouvées soient différentes. Dans ce cas, il faut considérer que ce sont les valeurs fournies par la méthode la plus détaillée (celle qui est utilisée par le logiciel) qui sont les plus proches de la réalité. Il ne faut donc pas modifier les paramètres pour essayer de retrouver le même résultat que celui fourni par la méthode de Caquot.*

13.6.7.2. Choix des entrées pluvieuses.

Différentes options sont possibles pour choisir la pluie de référence :

- utiliser les données de l'Instruction technique (région pluviométrique et période de retour) ;
- utiliser un ajustement local des courbes IDF de type Montana ;
- utiliser une pluie de projet ;
- utiliser une pluie observée.

Dans le plupart des situations, on choisira l'une des deux premières méthodes, qui présentent l'avantage de simuler le fonctionnement du réseau avec différentes pluies de caractéristiques différentes (en particulier de durée de pluie intense différentes). Le fait d'utiliser différentes pluies assurent un débit de pointe ayant une période de retour très voisine de celle correspondant à l'ajustement de Montana utilisé quelque soit la surface du bassin versant.

Dans la mesure du possible, il est préférable d'utiliser un ajustement local, les trois régions pluviométriques proposées dans l'Instruction de 1977 étant en réalité très hétérogènes en ce qui concerne leur pluviosité. Un guide méthodologique proposant en particulier des ajustements par département devrait être publié courant 2000. En attendant cette publication, il est possible de s'adresser aux services locaux de Météo-France, ou d'utiliser des données mesurées spécifiquement sur le site.

Le paragraphe 6.10 de la notice de CANOE détaille la démarche permettant de construire un ajustement à partir de données pluviométriques enregistrées localement.

13.6.7.3. Calcul des débits

Le logiciel simule ensuite le fonctionnement du réseau avec la ou les pluies retenues.

Le modèle de transformation pluie débit utilisé est celui choisi lors de la saisie des bassins versants (voir le §3.2. de la notice).

Le modèle de propagation utilisé est le modèle Muskingum (voir le § 3.3. de la notice). Les calculs sont effectués de l'amont vers l'aval, tronçon par tronçon. Le logiciel calcule le débit maximum à l'amont du tronçon, puis dimensionne la conduite de façon lui donner une capacité de débit supérieure ou égale à ce débit (voir §12.6.6.4.). Il passe ensuite au traitement

du tronçon suivant. Dans le cas d'un dimensionnement effectué avec une série de pluie, le débit maximum et la forme de conduite ayant le plus fort débit capable seront finalement retenus.

13.6.7.4. Prédimensionnement des conduites

Le choix de la dimension de la conduite à retenir se fait avec les hypothèses suivantes :

- prise en compte du débit à l'amont de la conduite ;
- écoulement à surface libre, régime permanent uniforme ;
- non remise en cause de la pente ;
- sélection de la conduite de la bibliothèque définie comme utilisable en prédimensionnement (voir §7.3 de la notice) et dont le débit capable est le plus proche (en valeur supérieure) du débit maximum à transiter).

13.6.7.5. Choix des périodes de retour

Le choix des périodes de retour est maintenant imposé par une norme.

13.6.8. Optimisation du réseau

La phase d'optimisation de l'implantation du réseau a deux objectifs :

Assurer une implantation satisfaisante du réseau dans le sous-sol, en particulier en assurant des raccordements corrects des tronçons entre eux et des recouvrements minimum (optimisation technique).

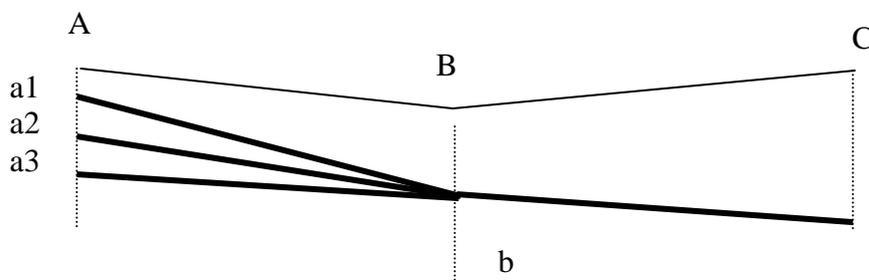
Essayer de diminuer au maximum le coût du réseau (optimisation économique).

Le premier objectif est atteint en imposant des contraintes ou des règles pour réaliser l'implantation.

Le second objectif est atteint en utilisant une méthode classique d'optimisation (programmation linéaire) pour minimiser une fonction objectif qui correspond à une estimation du coût du réseau.

La méthode de programmation linéaire repose sur le fait qu'une solution optimum est nécessairement constituée de sous-solutions optimum.

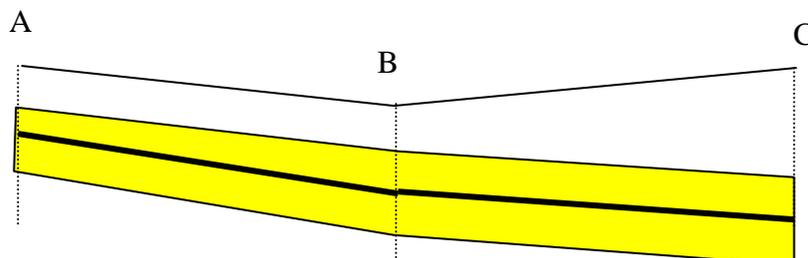
Par exemple, si le tracé a1-b est le plus économique pour relier le nœud A au nœud B, le tracé a1-b-c sera nécessairement plus économique que les tracés a2-b-c et a3-b-c pour relier les nœuds A à C. On peut donc éliminer les tracés a2-b et a2-c.



Ce type de raisonnement suppose que l'on ait un nombre fini de solutions. Il est donc nécessaire de discrétiser les différentes altitudes possibles de passage aux différents nœuds.

Pour ceci, on choisit tout d'abord une largeur de faisceau encadrant la solution précédente, puis, au droit de chaque nœud, on discrétise ce domaine en n pas. la largeur du faisceau et le nombre de pas sont modifiables (voir le §12.5.3.).

Nota : La cote supérieure du faisceau est limitée par la contrainte de recouvrement.



De façon évidente, choisir un largeur de faisceau trop étroite peut interdire l'accès à certaines solutions trop éloignées de la solution de départ mais potentiellement intéressante.

Comme de temps de calcul dépend directement du nombre de chemins à explorer, il est conseillé de procéder de façon itérative. Commencer en choisissant un faisceau large et un nombre de pas relativement faibles (7 ou 9), puis affiner l'optimisation en diminuant la largeur du faisceau (conserver toujours un nombre de pas de l'ordre de 7 à 9).

Différents types de raccordement peuvent être utilisés :

- raccordement des radiers ;
- raccordement des intrados ;
- raccordement des axes.

13.6.9. Vérification du fonctionnement du réseau

L'optimisation est effectuée sans remettre en cause les valeurs des débits maximum. Or ces derniers peuvent être modifiés du fait de la modification des pentes des tronçons et donc des vitesses de propagation dans les différentes branches (modification des amortissements des hydrogrammes et des risques de superposition des pointes). Il est donc nécessaire de s'assurer que le réseau fonctionne sans problème pour les mêmes pluies que celle utilisées lors du prédimensionnement.

Ce contrôle peut s'effectuer directement dans l'appliquatif d'aide au projet (option simuler du menu). Dans ce cas, le calcul est effectué exactement dans les mêmes conditions que lors du dimensionnement.

Il peut avantageusement s'effectuer dans l'appliquatif de simulation lui-même, ce qui permet d'utiliser le modèle de Barré de Saint Venant, et donc de tenir compte d'éventuels effets hydrodynamiques

Il est rappelé que la norme impose de vérifier non seulement le risque de mise en charge, mais également le risque de débordement, ce qui est impossible avec le modèle Muskingum.

Une autre vérification intéressante à mener concerne la simulation de la partie aval existante du réseau. Il est en effet nécessaire de s'assurer que le nouveau réseau ne va pas provoquer de dysfonctionnements plus à l'aval.

13.6.10. Production des documents

La dernière étape consiste à produire les documents de projet : quantitatif, estimatif, profils en long, note de calcul).

14. Installation

14.1. Matériel nécessaire

14.1.1. Matériel

CANOE doit être utilisé avec le matériel suivant :

- un ordinateur compatible PC utilisant de préférence un processeur de type PENTIUM,
- un lecteur de CD-ROM.
- tout type d'imprimante ou de traceur possédant un pilote Windows,
- tout type de table à digitaliser (n'étant pas utilisée comme outils de pointage sous Windows).

Remarque :

Un accès Internet (via un modem par exemple) permet d'accéder à notre boîte aux lettres électronique à l'adresse suivante : **canoe@urgc-hu.insa-lyon.fr**.

14.1.1. Logiciel

14.1.1.1. Système d'exploitation

Les systèmes d'exploitation supportés sont :

- Windows 3.1 (nécessite l'installation de WIN 32S.)
- Windows 3.11 (nécessite l'installation de WIN 32S.)
- Windows NT 3.5 (nécessite l'installation de WIN 32S.)

- Windows 95
- Windows 98
- Windows NT 4

14.1.1.2. Taille des fichiers utilisés par CANOE

CANOE occupe environ 25 Mo.

La taille d'un projet moyen d'une cinquantaine de nœuds et de ses résultats de simulation est environ de 3 Mo.

Les bibliothèques de pluies et de conduites occupent environ 1Mo.

Remarque :

Penser à laisser un espace disque suffisant au bon fonctionnement de votre système d'exploitation.

14.2. Installation

Vérifier que vous disposez de suffisamment de place libre sur votre disque dur. (25 Mo au minimum)

Placer le CD-ROM dans votre lecteur.

Se placer sur le répertoire CANOE

Lancer le programme SETUP.EXE

Lancer ensuite le programme CBN-DRV.EXE situé sur le répertoire CLE du CD-ROM.

14.2.1. Pour les utilisateurs de Windows NT :

Vous devez installer la version en ayant tous les «droits » sur les fichiers.

14.2.2. Pour les utilisateurs de Windows 3.1, Windows 3.11, Windows NT 3.5 :

Lancer le programme WIN32S placé sur le répertoire Windows\WIN32S du CD-ROM.

Copier commdlg.dll du CD-ROM vers le répertoire contenant CANOE (C:\CANOE par défaut).

14.2.3. Options d'installation

14.2.3.1. Installation des fichiers programmes :

Cette case est cochée par défaut.

Cette option doit nécessairement être activée.

14.2.3.2. Remplacer les drivers de table à digitaliser :

Cette case est cochée par défaut.

Lors de la première installation, vous devez activer cette option.

Lors d'une mise à jour, si votre table à digitaliser fonctionne déjà avec CANOE, vous ne devez pas activer cette commande, sinon vous risquez de perdre votre configuration.

14.2.3.3. Installation des fichiers *System* sous CANOE :

Cette case est cochée par défaut. Cette commande permet d'installer les fichiers System (pilotes, composants...) sous le répertoire d'installation de CANOE.

Cette option protège en partie les fichiers systèmes utilisés par CANOE, même après l'installation d'autres logiciels fichiers utilisant des composants communs à CANOE. Nous vous conseillons très fortement d'utiliser cette option.

14.2.3.4. Installation des fichiers System sous SYSTEM

Cette commande permet d'installer les fichiers systèmes (pilotes, composants...) sous le répertoire système de WINDOWS.

Cette option ne protège plus les fichiers utilisés par CANOE. Ces composants risquent d'être modifiés après l'installation d'autres logiciels et de bloquer le fonctionnement de CANOE.

14.2.3.5. Pas d'installation system

Cette commande peut être utilisée lors d'une mise à jour de CANOE. Elle permet d'accélérer le processus d'installation en évitant de copier à nouveau les fichiers systèmes.

14.3. Configuration imprimante

Cette commande ouvre la fenêtre Windows de configuration de l'imprimante.

Remarques :

CANOE ne peut utiliser un format de papier supérieur au A2.

14.4. Configuration table à digitaliser

Utiliser le logiciel CANDIGIT.EXE qui permet de tester votre table à digitaliser.

Choisir dans la liste un «nom de digit» correspondant à votre matériel.

La touche TEST permet de vérifier si votre table fonctionne correctement avec CANOE.

Si ce n'est pas le cas, vous pouvez ajouter ou modifier une configuration.

Remarque :

Si vous devez créer un nouveau type de table, essayez de partir d'un modèle existant de même nature (ASCII ou binaire).

14.4.1. Paramètres de communication avec la table à digitaliser

14.4.1.1. Protocole de transmission :

Il est composé de la chaîne de caractère suivante :

- vitesse de transmission, parité, nombre de bit, bit de stop
- exemple : 9600,N,8,1

(cf. notice de votre matériel et configuration des ports séries)

14.4.1.2. Caractères d'initialisation :

Chaîne de caractères transmise à la table à digitaliser. Cela permet d'initialiser certaines tables.

14.4.1.3. COM :

Numéro du port série sur lequel est connectée votre table.

14.4.1.4. Format :

Type de format émis par la table.

14.4.1.5. Code du flag (drapeau) :

Caractère permettant d'identifier le début et la fin d'une séquence d'émission de la table.

14.4.1.6. Code du signe négatif :

Caractère permettant d'identifier le signe négatif de la séquence d'émission de la table.

14.4.1.7. Mode continu :

Permet d'utiliser une table en "mode continu". (envoi continu de la position du curseur de la table)

14.4.1.8. Format de transmission :

Permet de décoder la séquence d'information émise par la table, en définissant un «masque» de lecture.

Exemple pour un mode ASCII :

La table émet dans l'ordre suivant :

- un caractère flag identifiant le début de la séquence (F)
- le numéro de la touche du curseur qui est cliqué (Cn)
- la position du curseur en **x** définie sur 4 chiffres,(X)
- la position du curseur en **y** définie sur 4 chiffres, (Y)
- un caractère de retour de ligne

Le format de transmission devra être :

F	C1	X1	X2	X3	X4	Y1	Y2
Y3	Y4	Stop					

14.4.1.9. Curseur CANOE :

Correspondance entre le numéro envoyé par le curseur de la table et le numéro de clé que vous voulez affecter dans CANOE.

Les autres paramètres peuvent être utilisés sans modification.

14.4.1.10. Autres paramètres :

Non documenté.

14.4.2. Problèmes de fonctionnement

Les tables à digitaliser utilisant un pilote Windows émulant la souris ne peuvent pas fonctionner avec CANOE. Le logiciel ne fait plus la différence entre ces deux périphériques. Il faut donc impérativement désinstaller le pilote de la table.

14.4.3. Utilisation d'une table à digitaliser dans CANOE

Le choix d'un type de table et du calage de l'échelle se fait par l'intermédiaire d'une commande appelé "*config du digit*".

Cette commande se situe dans le menu *Projet* de l'applicatif *Gestion des données* ou *Gestion des bibliothèques de conduites*.

Elle ouvre une fenêtre d'édition. Dans cette fenêtre, on peut sélectionner dans une liste le type de la table à digitaliser et saisir les coordonnées réelles et les coordonnées à la table de 3 points qui définiront l'échelle de transformation

On peut aussi sélectionner dans cette liste, la ligne « aucun digit » qui permet de désactiver la table à digitaliser sélectionnée.

La commande *Valider* enregistre ces données.

Ces données sont enregistrées par projet pour les échelles de plan de réseau et par bibliothèque de conduite pour les sections.

Cela permet, si votre table est suffisamment grande, de réserver une zone pour la saisie des conduites et une autre pour la saisie du réseau.

14.4.4. Liste des objets pouvant être saisis à l'aide d'une table à digitaliser.

La position en (x,y) des nœuds du réseau.

Les contours et les plus longs parcours de l'eau des bassins versants.

Le dessin des conduites.

14.5. Clé électronique de protection

Cet objet se place sur le port parallèle de l'ordinateur. (Port souvent utilisé par l'imprimante).

Avant de la connecter éteindre l'ordinateur et l'imprimante.

Eviter de la déplacer lorsque l'un de ces appareils est allumé, car vous risquez de l'endommager par un choc électrique.

14.6. Problèmes d'installation

Problèmes d'installation

Problème	Solution
Le CD-ROM n'est pas reconnu	Contactez le service de maintenance
Après installation, la clé n'est pas reconnue. Le logiciel affiche toujours " <i>version démo</i> ".	<p>1) Avez vous lancé CB-DRV.EXE placé sous le répertoire CLE du CD-ROM ?</p> <p>2) Vous avez plusieurs clés : Essayez de les intervertir.</p> <p>3) Vous avez une imprimante éteinte ou "hors ligne" : Allumez votre imprimante.</p> <p>4) Tout a l'air correct : La clé est endommagée (contactez le service maintenance).</p>
Les couleurs du nuage du menu principal sont «bizarres».	Sélectionnez au moins 256 couleurs dans les propriétés d'affichage.
Impossible d'exécuter une simulation par Barré de Saint-Venant.	Vous utilisez Windows 3.1,3.11 ou NT 3.5 Installez WIN32S situé sur le CD-ROM
CANOE ne démarre pas correctement	Vérifiez que vous n'avez pas installé un logiciel pouvant endommager les fichiers systèmes de CANOE et installez à nouveau CANOE.

15. Aide

Trois type d'aide sont disponibles dans CANOE

- l'aide papier
- l'aide en ligne
- l'encyclopédie

15.1. Aide en ligne

Pour accéder à l'aide en ligne au cours de l'utilisation du logiciel CANOE, appuyer sur la touche F1 du clavier ou sélectionner le menu *Aide* présent dans tous les applicatifs de CANOE sur aide.

En général, la page d'aide affichée est la page concernant l'applicatif utilisé (saisie des données, simulation, gestion des données pluviométriques, gestion des données conduite, aide au projet). Cliquer sur l'action (texte hypertexte en vert souligné) pour laquelle on souhaite une information.

Si la fenêtre ouverte à l'écran est une fenêtre particulière (saisie, mise à jour, résultats) l'aide affichée sera directement l'aide concernant cette fenêtre particulière.

On peut se déplacer dans l'aide en cliquant sur les textes en hypertexte (texte vert souligné) pour atteindre la ou les rubriques souhaitées et revenir à la page d'aide précédente en cliquant sur *Précédent*.

On peut aussi sélectionner la commande *Rechercher* dans le menu de l'aide et atteindre la rubrique souhaitée en procédant comme indiqué dans la fenêtre de recherche d'une rubrique.

15.2. Encyclopédie

Un CD-Rom permettant d'accéder aux rubriques de l'Encyclopédie de l'hydrologie urbaine et de l'assainissement vous a été remis avec le logiciel CANOE.

Pour l'utiliser, exécuter le programme *ency_noe.exe* (en cliquant sur *ency_noe.exe* présent sur le répertoire *Ency* du Cd-Rom) et rechercher la rubrique souhaitée.

Dans la barre de menu s'affiche alors le titre de la première rubrique de l'encyclopédie (Abattement).

Vous pouvez taper le titre de la rubrique que vous recherchez. Si ce titre n'existe pas, le logiciel se place sur le mot le plus proche dans l'ordre alphabétique.

Vous pouvez aussi vous déplacer d'une rubrique à la suivante (par ordre alphabétique) à l'aide des icônes (ou des commandes du menu *Encyclopédie*) *Avancer* et *Reculer*.

Dans les rubriques, les mots soulignés sont eux-mêmes des titres de rubrique. Les titres des rubriques associés à une action, sont signalés dans le manuel d'aide (papier) dans les encarts *Pour en savoir plus*.

15.3. A propos de...

Cette commande située dans le menu Aide de la fenêtre principale de CANOE donne des informations sur la version de CANOE utilisée.

16. ANNEXE SPECIFIQUE utilisateurs avancés

La valeur de certains paramètres a été fixée par défaut dans CANOE. Dans certains cas, un utilisateur averti pourra quand même modifier les valeurs courantes adoptées pour améliorer la stabilité du modèle.

16.1. Nombre maximum d'itérations par cycle de calcul

Entier donnant le nombre maximal par excès d'itérations prévues dans un cycle de calcul ; le programme utilise une méthode itérative qui permet d'affiner le calcul à l'intérieur d'un pas de temps (en cas de variations rapides) ; normalement, le calcul converge très rapidement et on évitera une valeur supérieure à 10. Dans le cas d'une convergence difficile, il vaut mieux réduire le pas de temps plutôt que d'augmenter le nombre d'itérations. Il est préférable de prendre une valeur impaire qui permet de déceler plus facilement les instabilités éventuelles.

16.2. Coefficient du terme d'inertie de l'équation dynamique

Si l'écoulement torrentiel est à craindre, le terme d'énergie cinétique doit être supprimé (équation dynamique dégradée) : coef=0.0. Des instabilités de calcul apparaissent en effet dans l'intégration numérique des équations complètes de Barré de Saint Venant lorsque l'écoulement devient supercritique en un point du réseau. Ces instabilités sont dues au terme $V.dV/dx$ (dérivée par rapport à x du terme d'inertie $(V.V)/2g$) et disparaissent lorsque ce terme est négligé. Le coefficient a de l'équation permet de prendre en compte ou de négliger ce terme selon qu'il est pris égal à 1 ou 0. Le plus souvent, l'influence de ce terme sur l'écoulement dans un réseau d'assainissement est faible et on peut le négliger. Cette approximation n'est pas justifiée dans le cas des réseaux à faible pente, mais alors l'écoulement est toujours supercritique et le terme d'inertie peut être pris en compte.

16.3. Coefficient de pondération spatiale

L'équation dynamique est résolue entre deux points de calcul. La perte de charge moyenne par frottement est calculée en pondérant les valeurs en chacun des deux points. Une valeur proche de 1 (pondération amont) est conseillée en cas de fond sec. Le schéma de discrétisation utilisé (schéma de Preissmann) résout les équations sur les tronçons élémentaires entre deux points de calcul successifs. Ce coefficient ($0 < \beta < 1$) permet de donner aux points amont et aval plus ou moins de poids dans le calcul des valeurs "moyennes" du tronçon élémentaire. Une valeur proche de 1 donne plus de poids au point amont du tronçon. Elle est conseillée dans les réseaux d'assainissement souvent à forte pente.

16.4. Coefficient de pondération temporelle :

Les équations de Barré de Saint Venant sont discrétisées entre deux cycles de calcul successifs. La méthode de résolution exige une valeur strictement supérieure à 0,5, qui assure la stabilité du schéma numérique. La valeur 1,0 réalise un calcul totalement implicite, au prix d'un lissage certain des discontinuités de niveau et de débit. Le schéma de discrétisation utilisé (schéma de Preissmann) est partiellement implicite. C'est à dire que les équations BSV sont résolues à un temps intermédiaire entre le début du cycle de calcul et la fin du cycle de calcul. Ce paramètre ($0,5 < \theta < 1$) permet de régler le poids respectif des deux cycles de calcul. Une valeur proche de 0,5 conserve la raideur des phénomènes transitoires mais sera moins stable. Une valeur proche de 1,0 produira un calcul plus stable. (Le schéma est alors totalement implicite : les équations sont résolues à la fin du pas de temps) au prix d'une diffusion numérique plus importante.

16.5. Débit de fuite des marches

Débit minimum assuré au travers de certains ouvrages pour lesquels on ne définit pas un débit de fuite (décrochements de radier en particulier).

16.6. Débit injecté minimum

Valeur minimum de débit injecté en tout point d'injection de débit (nœuds exutoires de bassins versants ou nœuds supportant une injection d'hydrogrammes). Ces deux valeurs peuvent être augmentées pour éviter l'assèchement des conduites qui serait fatal au calcul. Il est préférable que le débit injecté soit supérieur au débit de fuite de tous les ouvrages présents sur le réseau (débits de fuite définis dans la description des ouvrages spéciaux et débit de fuite des marches).

16.7. Conditions initiales - Utilisations avancées

Durant la phase de stabilisation automatique certains paramètres numériques varient automatiquement, en particulier le pas de temps de calcul, les termes moteurs de l'équation dynamique (gravité), les conditions aux limites externes (injections) et internes (débit de fuite), **en fonction de valeurs fixées par défaut. Ces valeurs ont été choisies de façon à assurer** une stabilisation efficace dans la plupart des cas. Il peut cependant arriver que les valeurs par défaut ne permettent pas d'obtenir un état initial stable convenable.

Il est alors possible de modifier les paramètres par défaut de la procédure de stabilisation automatique en utilisant l'option "*Modification des autres paramètres de stabilisation*". Les paramètres sur lesquels on peut jouer pour essayer d'améliorer la stabilité sont les suivants :

16.7.1. Pas de temps de stabilisation

Trois valeurs différentes peuvent être utilisées pour le pas de temps pendant la phase de stabilisation. Ces valeurs sont définies dans un tableau (ICSTAB / DTSTAB). La première colonne indique le cycle de calcul à partir duquel on appliquera la valeur du pas de temps précisée sur la même ligne dans la deuxième colonne. Les valeurs par défaut (-120, 0.5 / -70, 1 / -60, 5) indiquent par exemple que le logiciel effectuera 50 pas de temps (cycle -120 au cycle -70) avec un pas de temps de 30 secondes (0.5 minutes), puis 10 cycles (cycles -70 à -60) avec un pas de temps de 1 minute, et enfin 60 cycles avec un pas de temps de 5 minutes. L'un des éléments importants à prendre en compte est la durée totale de la phase de stabilisation qui doit être suffisante pour que la totalité du volume correspondant à la hauteur initiale ait été évacuée. En cas d'instabilité pendant la phase de stabilisation, on peut essayer de réduire les valeurs des pas de temps de calcul en augmentant leur nombre.

16.7.2. Gestion des valeurs de la gravité

Pour accélérer la vitesse d'évacuation du volume excédentaire, il est possible d'augmenter la valeur de la gravité. On appliquera une valeur de gravité égale à la gravité terrestre normale (9,81m/s²) multipliée par un coefficient ("*pourcentage de la gravité initiale*") jusqu'au cycle de calcul fixé dans la case "*gravité initiale jusqu'au cycle*". On appliquera la gravité normale à partir du cycle défini dans la case "*9.81 à partir du cycle*". Entre ces deux cycles de calcul, on appliquera une gravité décroissant régulièrement de la gravité initiale à la gravité finale. L'augmentation de la gravité peut dans certains cas jouer un rôle favorable sur la stabilité.

17. ANNEXE SPECIFIQUE utilisateurs avancés

La valeur de certains paramètres a été fixée par défaut dans CANOE. Dans certains cas, un utilisateur averti pourra quand même modifier les valeurs courantes adoptées pour améliorer la stabilité du modèle.

17.1. Nombre maximum d'itérations par cycle de calcul

Entier donnant le nombre maximal par excès d'itérations prévues dans un cycle de calcul ; le programme utilise une méthode itérative qui permet d'affiner le calcul à l'intérieur d'un pas de temps (en cas de variations rapides) ; normalement, le calcul converge très rapidement et on évitera une valeur supérieure à 10. Dans le cas d'une convergence difficile, il vaut mieux réduire le pas de temps plutôt que d'augmenter le nombre d'itérations. Il est préférable de prendre une valeur impaire qui permet de déceler plus facilement les instabilités éventuelles.

17.2. Coefficient du terme d'inertie de l'équation dynamique

Si l'écoulement torrentiel est à craindre, le terme d'énergie cinétique doit être supprimé (équation dynamique dégradée) : coef=0.0. Des instabilités de calcul apparaissent en effet dans l'intégration numérique des équations complètes de Barré de Saint Venant lorsque l'écoulement devient supercritique en un point du réseau. Ces instabilités sont dues au terme $V.dV/dx$ (dérivée par rapport à x du terme d'inertie $(V.V)/2g$) et disparaissent lorsque ce terme est négligé. Le coefficient a de l'équation permet de prendre en compte ou de négliger ce terme selon qu'il est pris égal à 1 ou 0. Le plus souvent, l'influence de ce terme sur l'écoulement dans un réseau d'assainissement est faible et on peut le négliger. Cette approximation n'est pas justifiée dans le cas des réseaux à faible pente, mais alors l'écoulement est toujours supercritique et le terme d'inertie peut être pris en compte.

17.3. Coefficient de pondération spatiale

L'équation dynamique est résolue entre deux points de calcul. La perte de charge moyenne par frottement est calculée en pondérant les valeurs en chacun des deux points. Une valeur proche de 1 (pondération amont) est conseillée en cas de fond sec. Le schéma de discrétisation utilisé (schéma de Preissmann) résout les équations sur les tronçons élémentaires entre deux points de calcul successifs. Ce coefficient ($0 < \beta < 1$) permet de donner aux points amont et aval plus ou moins de poids dans le calcul des valeurs "moyennes" du tronçon élémentaire. Une valeur proche de 1 donne plus de poids au point amont du tronçon. Elle est conseillée dans les réseaux d'assainissement souvent à forte pente.

17.4. Coefficient de pondération temporelle :

Les équations de Barré de Saint Venant sont discrétisées entre deux cycles de calcul successifs. La méthode de résolution exige une valeur strictement supérieure à 0,5; qui assure la stabilité du schéma numérique. La valeur 1,0 réalise un calcul totalement implicite, au prix d'un lissage certain des discontinuités de niveau et de débit. Le schéma de discrétisation utilisé (schéma de Preissmann) est partiellement implicite. C'est à dire que les équations BSV sont résolues à un temps intermédiaire entre le début du cycle de calcul et la fin du cycle de calcul. Ce paramètre ($0,5 < \theta < 1$) permet de régler le poids respectif des deux cycles de calcul. Une valeur proche de 0,5 conserve la raideur des phénomènes transitoires mais sera moins stable. Une valeur proche de 1,0 produira un calcul plus stable. (Le schéma est alors

totalemment implicite : les équations sont résolues à la fin du pas de temps) au prix d'une diffusion numérique plus importante.

17.5. Débit de fuite des marches

Débit minimum assuré au travers de certains ouvrages pour lesquels on ne définit pas un débit de fuite (décrochements de radier en particulier).

17.6. Débit injecté minimum

Valeur minimum de débit injecté en tout point d'injection de débit (nœuds exutoires de bassins versants ou nœuds supportant une injection d'hydrogrammes). Ces deux valeurs peuvent être augmentées pour éviter l'assèchement des conduites qui serait fatal au calcul. Il est préférable que le débit injecté soit supérieur au débit de fuite de tous les ouvrages présents sur le réseau (débits de fuite définis dans la description des ouvrages spéciaux et débit de fuite des marches).

17.7. Conditions initiales - Utilisations avancées

Durant la phase de stabilisation automatique certains paramètres numériques varient automatiquement, en particulier le pas de temps de calcul, les termes moteurs de l'équation dynamique (gravité), les conditions aux limites externes (injections) et internes (débit de fuite), en fonction de valeurs fixées par défaut. Ces valeurs ont été choisies de façon à assurer une stabilisation efficace dans la plupart des cas. Il peut cependant arriver que les valeurs par défaut ne permettent pas d'obtenir un état initial stable convenable.

Il est alors possible de modifier les paramètres par défaut de la procédure de stabilisation automatique en utilisant l'option "*Modification des autres paramètres de stabilisation*". Les paramètres sur lesquels on peut jouer pour essayer d'améliorer la stabilité sont les suivants :

17.7.1. Pas de temps de stabilisation

Trois valeurs différentes peuvent être utilisées pour le pas de temps pendant la phase de stabilisation. Ces valeurs sont définies dans un tableau (ICSTAB / DTSTAB). La première colonne indique le cycle de calcul à partir duquel on appliquera la valeur du pas de temps précisée sur la même ligne dans la deuxième colonne. Les valeurs par défaut (-120, 0.5 / -70, 1 / -60, 5) indiquent par exemple que le logiciel effectuera 50 pas de temps (cycle -120 au cycle -70) avec un pas de temps de 30 secondes (0.5 minutes), puis 10 cycles (cycles -70 à -60) avec un pas de temps de 1 minute, et enfin 60 cycles avec un pas de temps de 5 minutes. L'un des éléments importants à prendre en compte est la durée totale de la phase de stabilisation qui doit être suffisante pour que la totalité du volume correspondant à la hauteur initiale ait été évacuée. En cas d'instabilité pendant la phase de stabilisation, on peut essayer de réduire les valeurs des pas de temps de calcul en augmentant leur nombre.

17.7.2. Gestion des valeurs de la gravité

Pour accélérer la vitesse d'évacuation du volume excédentaire, il est possible d'augmenter la valeur de la gravité. On appliquera une valeur de gravité égale à la gravité terrestre normale (9,81m/s²) multipliée par un coefficient ("*pourcentage de la gravité initiale*") jusqu'au cycle de calcul fixé dans la case "*gravité initiale jusqu'au cycle*". On appliquera la gravité normale à partir du cycle défini dans la case "*9.81 à partir du cycle*". Entre ces deux cycles de calcul, on appliquera une gravité décroissant régulièrement de la gravité initiale à la gravité finale. L'augmentation de la gravité peut dans certains cas jouer un rôle favorable sur la stabilité.

18. Exemples de fichiers ASCII pour importation de données dans CANOE

18.1. Deux enregistrements nœud du fichier NŒUD.CAN :

```
020_REDON MALAKOFF
299964
352795
25.21
22.48
commentaire 0 à n lignes
@@@com
021_REDON SURCOUF
300049
352794
25.17
22.51
commentaire 0 à n lignes
@@@com
@@@fin
```

18.2. Deux enregistrements tronçon du fichier TRONCON.CAN :

```
001_REDON SURCOUF MALAKOFF
021_REDON SURCOUF
020_REDON MALAKOFF
97
22.51
22.48
3.092854E-04
67.15197
"048_VISITABLE 180 X 160"
commentaire 0 à n lignes
@@@com
109.96
002_REDON GAILLON SURCOUF
022_REDON GAILLON
021_REDON SURCOUF
80.75271
22.54
22.51
3.715131E-04
67.15197
"048_VISITABLE 180 X 160"
commentaire 0 à n lignes
@@@com
109.96
@@@fin
```

18.3. Deux enregistrements bassin versant du fichier BV.CAN:

001_1301 ORMEAUX
commentaire 0 à n lignes
@@@com
648_ORMEAUX CHAPELIER
10.98
433
5
301733.3
352253.9
301806.8
352111.1
301831.1
351999.1
301887
352011.8
301893.6
351980.1
301640
352108
.0205
1
7
45
002_1302 RIAVAL NORD
commentaire 0 à n lignes
@@@com
646_QUINELEU P.MARTIN
7.26
427
8
301707.1
352334.7
301674.3
352365.4
301543.1
352355
301461.9
352395.8
301407.3
352388.6
301418.1
352306.2
301501
352311.3
301517.9
352237.3
301754
352219

.0166

1

7

45

@@@fin

18.4. Deux enregistrements histogramme du fichier HISTO.CAN :

"001_EU+ECP Lebleu"
commentaire 0 à n lignes
@@@com
24
60
0
0
0
0
0
0
.024
0
0
0
0
.023
0
0
.018
0
.024
0
0
0
0
0
.024
0
0
0
0
1
0
0
"001_hydrpo"
commentaire 0 à n lignes
@@@com
31
10
.63
1.321
2.012
2.703
3.395
4.086
4.777
5.469
6.16
6.851

7.543
8.234
8.925
9.617
10.308
11
20
29
38
31.6
25.2
18.8
12.5
10.64
8.76
6.9
5
3.2
2.33
1.46
.6
1
27/5/93
2:44:0
1
0
0
@@@fin

18.5. Deux enregistrements pluie du fichier PLUIE.CAN :

"008_27/5/93;40pdt;18 mm;pluvio 28"

0

0

Villeurbanne

1

27/5/1993

2:43:0

12

6

0

2

12

28

12

12

2

2

4

0

2

0

commentaire 0 à n lignes

@@@com

"010_9/6/93;11pdt;9 mm;pluvio 28"

0

0

1

9/6/1993

2:44:0

11

6

0

2

2

4

2

4

46

26

8

2

2

commentaire 0 à n lignes
@@@com
@@@fin

18.6. Deux enregistrements conduite du fichier COND.CAN:

"001_CIRC. 0 100 OU 0 150...."

60
0
0
-2.692583E-02
.005
-3.741657E-02
.01
-.045
.015
-.0509902
.02
-.0559017
.025
-.06
.03
-6.344289E-02
.035
-.0663325
.04
-6.873864E-02
.045
-7.071068E-02
.05
-7.228416E-02
.055
-.0734847
.06
-7.433034E-02
6.500001E-02
-7.483315E-02
7.000001E-02
-.075
.075
-7.483315E-02
8.000001E-02
-7.433034E-02
8.500001E-02
-.0734847
.09
-7.228416E-02
9.500001E-02
-7.071068E-02
.1
-6.873864E-02
.105
-.0663325
.11

-6.344289E-02
.115
-.06
.12
-.0559017
.125
-5.099019E-02
.13
-.045
.135
-3.741656E-02
.14
-2.692581E-02
.145
0
.15
2.692581E-02
.145
3.741656E-02
.14
.045
.135
5.099019E-02
.13
.0559017
.125
.06
.12
6.344289E-02
.115
.0663325
.11
6.873864E-02
.105
7.071068E-02
.1
7.228416E-02
9.500001E-02
.0734847
.09
7.433034E-02
8.500001E-02
7.483315E-02
8.000001E-02
.075
.075
7.483315E-02
7.000001E-02
7.433034E-02
6.500001E-02

.0734847
.06
7.228416E-02
.055
7.071068E-02
.05
6.873864E-02
.045
.0663325
.04
6.344289E-02
.035
.06
.03
.0559017
.025
.0509902
.02
.045
.015
3.741657E-02
.01
2.692583E-02
.005
CIRC.
7

0

0
0
72
"002_CIRCULAIRE 0 200....."
60
0
0
-.036
.007
-.05
.013
-.06
.02
-.068
.027
-.075
.033
-.08
.04
-.085

.047
-.088
.053
-.092
.06
-.094
.067
-.096
.073
-.098
.08
-.099
.087
-.1
.093
-.1
.1
-.1
.107
-.099
.113
-.098
.12
-.096
.127
-.094
.133
-.092
.14
-.088
.147
-.085
.153
-.08
.16
-.075
.167
-.068
.173
-.06
.18
-.05
.187
-.036
.193
0
.2
.036
.193
.05

.187
.06
.18
.068
.173
.075
.167
.08
.16
.085
.153
.088
.147
.092
.14
.094
.133
.096
.127
.098
.12
.099
.113
.1
.107
.1
.1
.1
.093
.099
.087
.098
.08
.096
.073
.094
.067
.092
.06
.088
.053
.085
.047
.08
.04
.075
.033
.068
.027
.06

.02
.05
.013
.036
.007
CIRCUL
7

0

0
0
72
@@@fin

18.7. Deux enregistrements mesure du fichier mesure.CAN:

94/12/05 03:06:00 DEBIT E

commentaire

@@@com

CAPT:010_N10-exutoire

1

EAU

0

1994/12/05 03:06:00 ~ 00 mm Ec

6

05/12/1994

03:06

05/12/1994

15:48

94/12/09 06:36:00 DEBIT E

commentaire

@@@com

CAPT:010_N10-exutoire

1

EAU

0

1994/12/09 06:36:00 ~ 00 mm Ec

6

09/12/1994

06:36

09/12/1994

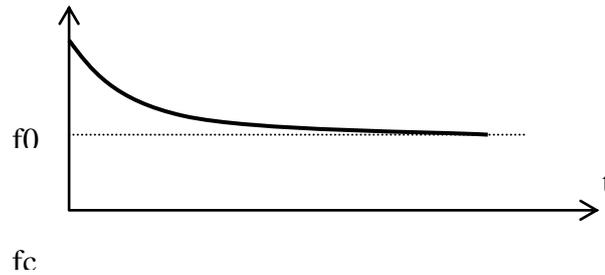
18:30

@@@fin

19. Annexe simulation continue d'une chronique

19.1. Calcul de l'infiltration après une durée de temps sec

- Temps de pluie



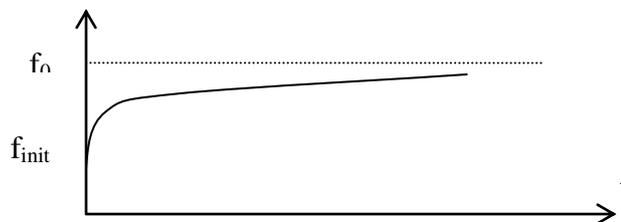
On a :

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c)e^{-kt}$$

avec

- $f(t)$: infiltration au temps t (mm)
- f_c : capacité limite d'infiltration (mm)
- f_0 : infiltration initiale (mm)
- k : constante de temps

Temps sec



L'infiltration au temps t est de la forme :

$$f(t) = f_0 + (f_{init} - f_0)e^{-k_1t}$$

avec

- $f(t)$: infiltration au temps t (mm) après la fin de la simulation précédente
- f_{init} : infiltration au temps 0 (mm)
- f_0 : infiltration initiale (mm)
- k_1 : constante de temps

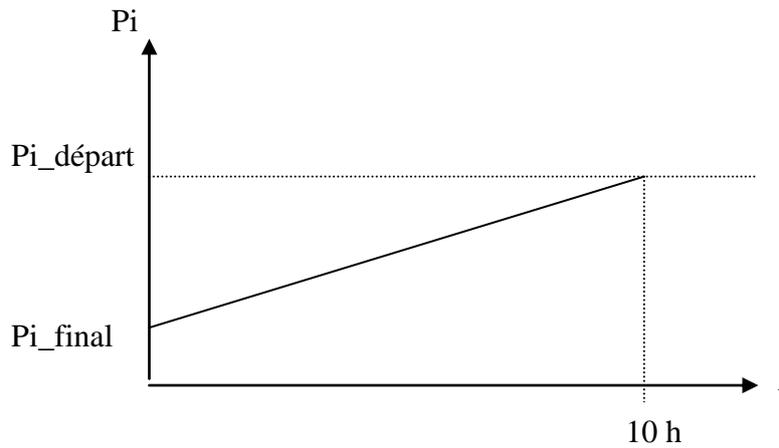
On cherche la valeur de la constante de temps telle que en trois jours

$$\frac{f_{\text{final}} - f_0}{f_{\text{init}} - f_0} = 0,01$$

Soit

$$e^{-k_1} = 0,01$$

$$-k_1 = \frac{\ln(0,01)}{3 \cdot 24} = 4,6$$

Calcul des pertes initiales après une durée de temps sec

On considère que les pertes initiales retrouvent leur valeur de départ après 10 h.

L'équation de la droite est donc :

$$Pi(t) = \frac{pi_départ - pi_final}{10 \cdot 60} \cdot t + pi_final$$

avec :

Pi(t) : pertes initiales au temps t après la fin de la simulation précédente (mm)

Pi_départ : pertes initiales au début de la pluie (mm)

Pi_final : pertes initiales à la fin du temps de simulation (mm)

T : temps en min

Calcul du temps sec au début d'une pluie

Soit seuil = hauteur d'eau précipitée en m

t=0

Par bloc de 1h en partant du début

Si la hauteur précipitée pendant l'heure i ($h(i)$) < seuil alors

Temps sec début = temps sec début + 60

Fin si

Répéter tant que $h(i) < \text{seuil}$ et que $t < \text{durée de la pluie}$

Calcul du temps sec à la fin d'une pluie

Soit seuil = hauteur d'eau précipitée en m

t=0

Par bloc de 1h en partant de la fin

Si la hauteur précipitée pendant l'heure i ($h(i)$) < seuil alors

Temps sec fin = temps sec fin + 60

Fin si

Répéter tant que $h(i) < \text{seuil}$ et que $t > 0$

On contrôle que temps sec début + temps sec fin < durée de la pluie.

20. Importation dans EXCEL des fichiers ASCII créés par CANOE

Pour importer les résultats dans EXCEL, ouvrir avec EXCEL le fichier ASCII créé. Laisser la case "*Délimité*" cochée dans le premier écran de l'assistant et passer à l'écran suivant. Cliquer sur "*Autre délimiteur*" et taper @ dans la case correspondante. Passer à l'écran suivant et cliquer sur *Fin*.

SOMMAIRE

1.	Présentation de CANOE	1-1
2.	Applicatifs	2-1
3.	Modélisation	3-1
3.1.	Modélisation de la pluie	3-1
3.2.	Transformation pluie - débit	3-14
3.3.	Simulation hydraulique simplifiée	3-31
3.4.	Simulation hydraulique	3-39
3.5.	Simulation qualité	3-47
3.6.	Construction d'un modèle	3-70
3.7.	Modélisation des ouvrages spéciaux	3-84
3.8.	Calage	3-96
4.	Données - Principes généraux	4-1
5.	Gestion d'un projet	5-1
5.1.	Créer un nouveau projet ou modifier les caractéristiq. d'un projet existant	5-1
5.2.	Sauvegarder un projet	5-5
5.3.	Ouvrir un projet	5-8
5.4.	Décrire un réseau existant : la saisie des données structurelles	5-9
5.4.1.	Principes	5-9
5.4.2.	Saisie des nœuds	5-11
5.4.3.	Saisie des tronçons	5-14
5.4.4.	Saisie des bassins versants	5-17
5.4.5.	Saisie des ouvrages spéciaux	5-25
5.4.6.	Saisie des exutoires	5-36
5.4.7.	Saisir des bassins de retenue	5-38
5.4.8.	Saisir des déversoirs latéraux	5-39
5.4.9.	Saisir des capteurs ou points de contrôle	5-50
5.4.10.	Définir les composants entrant dans la construction d'un ouvrage spécial ou d'un bassin de retenue	5-51
5.4.10.1.	Principes	5-51
5.4.10.2.	Saisie d'un orifice	5-52
5.4.10.3.	Saisie d'un seuil	5-55
5.4.10.4.	Saisie d'un composant fonctionnel	5-55
5.4.10.5.	Saisie d'un étranglement	5-59
5.4.10.6.	Saisie d'une grille	5-60
5.4.10.7.	Saisie d'un siphon	5-61
5.4.10.8.	Saisie d'une chambre	5-62
5.4.10.9.	Saisie d'une pompe	5-65
5.4.10.10.	Saisie d'un décrochement de radier	5-66
5.4.10.11.	Saisie d'un régulateur	5-67
5.5.	Saisir ou mettre à jour des données phénoménologiques liées aux réseaux	5-69
5.5.1.	Généralités	5-69
5.5.2.	Saisir un nouvel hydrogramme au clavier	5-70
5.5.3.	Saisir un nouvel histogramme de hauteur ou de vitesse au clavier	5-72
5.5.4.	Saisir un nouveau pollutogramme en concentration	5-74
5.5.5.	Visualiser un hydrogramme, un histogramme ou un pollutogramme	5-75
5.5.6.	Mettre à jour un hydrogramme, un histogramme ou un pollutogramme	5-76
5.5.7.	Changer le pas de temps de discrétisation d'un hydrogramme ou d'un histogramme existant	5-77

5.5.8.	Translater un histogramme	5-78
5.5.9.	Faire la somme (ou la différence) de 2 histogrammes	5-79
5.5.10.	Fusionner les histogrammes de deux projets	5-80
5.5.11.	Superposer des histogrammes de la base de données	5-81
5.5.12.	Editer un patron défini en pourcentage d'eaux usées	5-82
5.5.13.	Importer un fichier ASCII d'histogramme en conservant les histogramme du projet	5-83
5.6.	Mettre à jour des données	5-87
5.7.	Saisir ou mettre à jour les données en mode tableau	5-84
5.8.	Editer les données relatives au réseau	5-93
5.9.	Extraire une partie du réseau ou fusionner deux réseaux	5-94
5.9.1.	Supprimer certaines parties du réseau	5-94
5.9.2.	Fusionner deux projets	5-94
5.10.	Modifier les paramètres de ruissellement	5-96
5.11.	Visualiser le projet	5-98
5.11.1.	Règles de représentation utilisées	5-98
5.11.2.	Modifier l'affichage du plan du réseau	5-99
5.11.3.	Superposer le plan du réseau sur un fond de plan	5-96
5.11.3.1.	Charger un fond de plan	5-101
5.11.3.2.	Caler l'échelle du fond de plan en fonction de celle du plan du réseau	5-101
5.11.3.3.	Activer/Désactiver un fond de plan	5-102
5.11.3.4.	Retoucher un fond de plan	5-102
5.11.4.	Tracer un profil en long simplifié	5-102
5.11.5.	Exporter le plan du réseau vers un fichier DXF	5-106
5.12.	Importation des données structurales, des histogrammes et des mesures	5-106
6.	Gestion des données pluviométriques	6-1
6.1.	Principes généraux	6-1
6.2.	Gérer les bibliothèque de pluies	6-3
6.3.	Saisir ou mettre à jour une pluie réelle ponctuelle	6-7
6.4.	Saisir ou mettre à jour une pluie de projet	6-10
6.5.	Construire ou mettre à jour une pluie 3D à partir de données pluviométriques locales	6-13
6.6.	Importer une pluie 3D	6-19
6.7.	Visualiser une pluie 3D déjà saisie	6-22
6.9.	Saisir ou mettre à jour une chronique de pluies	6-24
6.10.	Faire l'analyse statistique d'une chronique de pluies	6-30
6.11.	Gérer une liste de pluviomètres	6-35
6.12.	Création d'une nouvelle bibliothèque de pluies contenant toutes les pluies d'une chronique	6-35
6.13.	Exporter les caractéristiques des pluies ponctuelles d'une bibliothèque	6-35
7.	Gestion des formes de conduite	7-1
7.1.	Principes généraux	7-1
7.2.	Gérer les bibliothèque de conduites	7-3
7.3.	Saisir ou mettre à jour une forme de conduite	7-7
7.4.	Imprimer un catalogue de formes de conduites	7-14
7.5.	Exporter les fichiers de conduites sous forme de fichiers ASCII	
	13-1	
13.2.	Edition	13-4
13.3.	Actions groupées	13-4
13.4.	Saisie et renseignement d'un parcours	13-5

13.5. Outils de l'applicatif aide au projet	13-9
12.5.1. Prédimensionnement	13-9
12.5.2. Vérification	13-9
12.5.3. Optimisation	13-9
12.5.4. Vérifier la bibliothèque de conduites	13-11
12.5.5. Quantitatif	13-12
12.5.6. Estimatif	13-14
12.5.7. Catalogue des prix	13-15
13.6. Démarche d'étude à suivre	13-16
14. Installation	14-1
14.1. Matériel nécessaire	14-1
14.2. Installation	14-2
14.3. Configuration imprimante	14-4
14.4. Configuration table à digitaliser	14-4
14.5. Clé électronique de protection	14-6
14.6. Problèmes d'installation	14-6
15. Aide	15-1
15.1. Aide en ligne	15-1
15.2. Encyclopédie	15-1
15.3. A propos de...	15-1
16. ANNEXE SPECIFIQUE utilisateurs avancés	16-1
17. Exemples de fichiers ASCII pour importation de données dans CANOE	17-1
18. Annexe simulation continue d'une chronique	18-1
19. Importation dans EXCEL des fichiers ASCII créés par CANOE	19-1

Table des matières

1. Présentation de CANOE	2-2
1.1. CANOE : le résultat d'une collaboration originale	2-2
1.2. CANOE : un logiciel multi-fonctionnel	2-3
1.3. CANOE : un logiciel d'une nouvelle génération	2-4
1.3.1. Fonction pédagogique	2-4
1.3.2. Fonction d'expertise	Erreur ! Signet non défini.
2. Applicatifs	2-1
2.1. Applicatif de gestion des données structurelles	2-1
2.2. Applicatif de gestion des bibliothèques de conduites	2-1
2.3. Applicatif de gestion des bibliothèques de pluies	2-1
2.4. Applicatif de simulation hydrologique et hydraulique	2-1
2.5. Applicatif boîte à outils d'aide au projet	2-1
2.6. Outils externes	2-2
3. Modélisation	3-1
3.1. Modélisation de la pluie	3-1
3.1.1. Différentes possibilités et vocabulaire	3-1
3.1.2. Présentation des différents types de modèles de pluie	3-2
3.1.2.1. Pluie isolée "réelle"	3-2
3.1.2.2. Pluie de projet	3-2
3.1.2.2.1. Choix des paramètres des pluies de projet double triangle quelconque	3-3
3.1.2.2.2. Choix des paramètres des pluies de projet symétriques	3-4
3.1.2.3. Abattement spatial	3-5
3.1.2.4. Chronique de pluies ponctuelles	3-6
3.1.2.5. Événement 3D isolé.	3-7
3.1.2.6. Chronique d'événements 3D	3-7
3.1.3. Comment construire une pluie 3D	3-8
3.1.3.1. Saisie des données générales	3-8
3.1.3.2. Saisie des pluies ponctuelles constituant la pluie 3D	3-8
3.1.3.3. Saisie de la description spatiale de la pluie 3D	3-9
3.1.3.3.1. Description du quadrillage	3-9
3.1.3.3.2. Affectation des intensités	3-9
3.1.4. Comment construire une chronique de pluies	3-10
3.1.5. Comment réaliser l'analyse statistique d'une chronique de pluies	3-11
3.1.5.1. Ajustement fréquentiel	3-11
3.1.5.2. Construction des courbes IDF	3-11
3.2. Transformation pluie-débit	3-13
3.2.1. Principes généraux	3-13
3.2.1.1. Fonction de production et fonction de transfert	3-13
3.2.1.2. Différents types de surface et organisation des calculs	3-13
3.2.1.3. Différents types de bassins versants pris en compte	3-14
3.2.2. Différents modèles utilisables pour la production	3-15
3.2.2.1. Coefficient de ruissellement constant	3-15
3.2.2.2. Modèle standard	3-15
3.2.2.3. Modèle de Horton	3-16

3.2.3.	Différents modèles utilisables pour le transfert	3-18
3.2.3.1.	Réservoir linéaire	3-18
3.2.3.2.	Modèle de Nash	3-19
3.2.4.	Emboîtements possibles selon le type de bassin versant	3-20
3.2.4.1.	Bassin versant de type urbain strict	3-20
3.2.4.1.1.	Mode de traitement	3-20
3.2.4.1.2.	Domaine d'application	3-20
3.2.4.2.	Bassin versant de type rural strict	3-21
3.2.4.2.1.	Mode de traitement	3-21
3.2.4.2.2.	Domaine d'application	3-21
3.2.4.3.	Bassin versant mixte de type urbain-urbain modifié	3-22
3.2.4.3.1.	Mode de traitement	3-22
3.2.4.3.2.	Domaine d'application	3-22
3.2.4.4.	Bassin versant mixte de type urbain-rural	3-23
3.2.4.4.1.	Mode de traitement	3-23
3.2.4.4.2.	Domaine d'application	3-23
3.2.4.4.3.	Différence entre les deux modèles mixtes	3-23
3.2.5.	Paramétrage des modèles	3-24
3.2.5.1.	Paramétrage du modèle standard	3-24
3.2.5.1.1.	Valeurs des coefficients d'imperméabilisation	3-24
3.2.5.1.2.	Valeurs des coefficients de production	3-24
3.2.5.1.3.	Valeurs des pertes initiales	3-25
3.2.5.2.	Paramétrage du modèle de HORTON	3-25
3.2.5.3.	Paramétrage des fonctions de transfert	3-26
3.2.5.3.1.	Nombre de réservoirs	3-26
3.2.5.3.2.	Valeur du lagtime	3-27
3.2.5.4.	Aide au choix du modèle	3-27
3.2.6.	Fonction filtre	3-28
3.2.7.	Calage	3-29
3.2.7.1.	Importance du calage	3-29
3.2.7.2.	Stratégie générale à utiliser	3-29
3.2.7.3.	Outils utilisables dans CANOE	3-29
3.3.	Simulation hydraulique simplifiée	3-30
3.3.1.	Principes généraux et limites d'utilisation	3-30
3.3.2.	Simulation des parties courantes d'un réseau	3-30
3.3.3.	Simulation des confluences et des défluences	3-31
3.3.4.	Simulation des bassins de retenue	3-31
3.3.5.	Simulation des ouvrages spéciaux	3-32
3.3.5.1.	Principes généraux de description	3-32
3.3.5.2.	Utilisation de lois simplifiées	3-33
3.3.5.2.1.	Déversoir d'orage simplifié	3-33
3.3.5.2.2.	Saisie directe défluence simplifiée	3-34
3.3.5.3.	Construction automatique des lois à partir des données géométriques existantes	3-34
3.3.5.3.1.	Construction de la relation $V_s = f(h)$	3-35
3.3.5.3.2.	Construction des lois $Q_s = f(h)$	3-36
3.3.5.4.	Cas particulier des stations de pompage	3-37
3.3.6.	Déversoir latéral	3-37
3.3.7.	Point de contrôle	3-37
3.3.8.	Exutoires	3-37

3.4.	Simulation hydraulique	3-38
3.4.1.	Principes généraux et limites d'utilisation	3-38
3.4.1.1.	Equations utilisées	3-38
3.4.1.2.	Méthode de résolution	3-38
3.4.1.3.	Traitement des mises en charge	3-39
3.4.1.4.	Traitement des débordements	3-40
3.4.1.5.	Limites et précautions d'emploi	3-40
3.4.2.	Simulation des confluences et des défluences	3-42
3.4.3.	Simulation des bassins de retenue	3-42
3.4.4.	Simulation des ouvrages spéciaux	3-43
3.4.4.1.	Principes généraux de description	3-43
3.4.4.2.	Composants élémentaires utilisables	3-43
3.4.4.2.1.	Composants structurels	3-43
3.4.4.2.2.	Composants fonctionnels	3-43
3.4.5.	Déversoir latéral	3-44
3.4.6.	Point de contrôle	3-45
3.4.7.	Exutoire	3-45
3.5.	Simulation qualité	3-46
3.5.1.	Considérations générales sur la pollution de temps de pluie	3-46
3.5.2.	Principes généraux de la modélisation et vocabulaire	3-46
3.5.2.1.	Définition des produits et des classes	3-46
3.5.2.2.	Répartition des produits par classe	3-47
3.5.3.	Organisation générale du modèle	3-49
3.5.4.	Sélection des pluies en entrée	3-50
3.5.4.1.	Simulation d'une pluie isolée	3-50
3.5.4.2.	Simulation d'une chronique de pluies	3-50
3.5.5.	Production des débits et des flux polluants	3-51
3.5.5.1.	Injection directe d'hydrogramme et de pollutogramme en concentration	3-51
3.5.5.2.	Concentration eau unitaire constante	3-51
3.5.5.3.	Concentration eau unitaire variable d'une pluie à une autre	3-53
3.5.5.3.1.	Modèle de Servat :	3-53
3.5.5.3.2.	Modèle de Driver et Troutman type 1	3-54
3.5.5.3.3.	Modèle type Cedre :	3-54
3.5.5.3.4.	Organisation des calculs	3-54
3.5.5.4.	Mélange eau usée-eau pluviale	3-54
3.5.5.5.	Fonctions d'accumulation et de reprise	3-55
3.5.6.	Transfert des débits et des flux polluants ;	3-57
3.5.6.1.	Transport par loi de transfert simple	3-57
3.5.6.1.1.	Principes du calcul	3-57
3.5.6.1.2.	Simulation des bassins de retenue	3-58
3.5.6.2.	Transport par convection - réaction	3-60
3.5.6.2.1.	Convection seule	3-61
3.5.6.2.2.	Convection plus dépôt sans gestion du stock	3-61
3.5.6.2.3.	Convection plus dépôt avec gestion du stock	3-62
3.5.6.2.4.	Prise en compte des ouvrages	3-63
3.5.6.3.	Utilisation de réactions chimiques	3-63
3.5.6.3.1.	Classification des différents polluants	3-63
3.5.6.3.2.	Classification des différentes réactions	3-63
3.5.7.	Détail des calculs dans le modèle de transport solide	3-65
3.5.7.1.	Hypothèses et simplifications	3-65

3.5.7.2.	Flux net échangé	3-65
3.5.7.3.	Dépôt	3-66
3.5.7.4.	Entraînement	3-66
3.5.7.5.	Mise en œuvre dans CANOE	3-67
3.5.7.5.1.	Transport potentiel	3-67
3.5.7.5.2.	Limitation des échanges	3-67
3.5.7.5.3.	Conditions initiales et conditions aux limites	3-68
3.5.7.5.4.	Ouvrages et singularités	3-68
3.6.	Construction d'un modèle	3-69
3.6.1.	Principes généraux et origines des difficultés	3-69
3.6.1.1.	La stricte représentation géométrique n'est pas nécessairement adaptée	3-69
3.6.1.2.	Le modèle utilisé suppose que différentes hypothèses soit vérifiées	3-69
3.6.1.2.1.	Implications de l'hypothèse d'unidirectionnalité des écoulements	3-69
3.6.1.2.2.	Implications de l'hypothèse de gradualité dans les variations de l'écoulement	3-69
3.6.1.3.	Les schémas numériques ne sont pas adaptés à n'importe quel type d'écoulement	3-69
3.6.1.4.	Les schémas numériques peuvent amplifier des perturbations hydrauliques réelles	3-70
3.6.2.	Règles à respecter	3-71
3.6.2.1.	Définition des nœuds et des tronçons	3-71
3.6.2.1.1.	Construire un modèle aussi simple que possible	3-71
3.6.2.1.2.	Adoucir les accidents structurels trop violents	3-72
3.6.2.1.3.	Eviter les tronçons de pente trop forte	3-72
3.6.2.2.	Description des ouvrages spéciaux	3-72
3.6.3.	Stabilisation du modèle	3-73
3.6.3.1.	Anomalies possibles	3-73
3.6.3.2.	Recherche des causes d'instabilité	3-74
3.6.3.2.1.	Utilisation de l'option dessin des anomalies BSV	3-74
3.6.3.2.2.	Utilisation de l'option information sur la simulation BSV	3-74
3.6.3.2.3.	Type de message à afficher	3-74
3.6.3.2.4.	Stratégie de recherche des causes d'anomalie	3-75
3.6.3.3.	Paramétrage du modèle	3-75
3.6.3.3.1.	Paramètres de simulation	3-75
3.6.3.3.2.	Paramètres de simulation - Utilisations avancées	3-76
3.6.3.3.3.	Conditions initiales	3-77
3.6.3.3.4.	Conditions initiales - Utilisations avancées	3-77
3.6.3.4.	Trucs et astuces	3-78
3.6.3.4.1.	Gestion des seuils	3-78
3.6.4.	Optimisation du modèle	3-79
3.6.4.1.	Regroupement des objets	3-79
3.6.4.1.1.	Regroupement des bassins versants	3-79
3.6.4.1.2.	Regroupement des tronçons	3-80
3.6.4.2.	Outils de reparamétrage	3-81
3.6.4.2.1.	Gestion des points de débordements	3-82
3.6.4.2.2.	Gestion des tronçons à pente trop forte	3-82
3.7.	Modélisation des ouvrages spéciaux	3-83
3.7.1.	Principes généraux de description	3-83
3.7.2.	Représentation des différents composants	3-86
3.7.2.1.	Chute et décrochement de radier	3-86

3.7.2.2.	Seuil	3-87
3.7.2.2.1.	Calcul sans énergie cinétique	3-87
3.7.2.2.2.	Calcul avec énergie cinétique	3-87
3.7.2.3.	Orifice	3-88
3.7.2.4.	Etranglement	3-89
3.7.2.5.	Siphon	3-90
3.7.2.6.	Station de pompage ou de relèvement	3-91
3.7.2.7.	Grille	3-92
3.7.2.8.	Régulateur	3-92
3.7.2.9.	Composants fonctionnels	3-92
3.7.3.	Cas des déversoirs latéraux	3-93
3.7.4.	Cas des ouvrages régulés	3-94
3.8.	Calage	3-95
3.8.1.	Utilité du calage et stratégie générale	3-95
3.8.1.1.	Utilité et principes généraux	3-95
3.8.1.2.	Outils utilisables	3-95
3.8.1.3.	Stratégie générale	3-95
3.8.2.	Calage des fonctions de production des volumes d'eau	3-96
3.8.2.1.	Objectifs et méthode	3-96
3.8.2.2.	Outils d'aide au calage manuel	3-96
3.8.2.3.	Outil de calage semi-automatique	3-96
3.8.3.	Calage des fonctions de transfert des hydrogrammes	3-99
3.8.3.1.	Objectifs et méthode	3-99
3.8.3.2.	Outils d'aide au calage manuel	3-99
3.8.3.2.1.	Comparaison d'histogrammes	3-99
3.8.3.2.2.	Analyse statistique des écarts	3-99
3.8.3.2.3.	Analyse comparée de l'évolution de deux grandeurs	3-99
3.8.3.3.	Calage du coefficient de Strickler	3-100
3.8.4.	Calage des fonctions de production de la pollution	3-101
3.8.4.1.	Objectifs et méthode	3-101
3.8.4.2.	Outils d'aide au calage manuel	3-101
3.8.4.3.	Outil de calage semi-automatique	3-101
3.8.5.	Gestion des mesures	3-102
4.	Données - Principes généraux	4-1
4.1.	Organisation des données	4-1
4.2.	Bornes - contrôles	4-3
4.2.1.	Principes	4-3
4.2.2.	Adaptation des bornes	4-3
4.2.3.	Activation du contrôle	4-3
4.3.	Généralités pour la gestion des données	4-5
4.3.1.	Nom des objets	4-5
4.3.2.	Icônes	4-5
4.3.3.	Fenêtre de données	4-5
4.3.3.1.	Définition	4-5
4.3.3.2.	Boutons de commande dans une fenêtre d'édition de données	4-6
4.3.3.3.	Commande de menu	4-6
4.3.4.	Manipuler les bases de données	4-6
4.3.4.1.	Réparer des bases	4-6
4.3.4.2.	Réinitialiser des bases	4-7

4.3.4.3.	Compacter des bases	4-7
4.3.4.4.	Importer des données dans les bases de données de CANOE.	4-7
4.3.4.5.	Exporter des bases de CANOE vers des fichiers ASCII	4-7
4.3.4.6.	Configurer le logiciel CANOE	4-8
4.3.4.7.	Décompresser les bases de CANOE	4-8
4.3.4.8.	Convertir toutes les bases d'un répertoire	4-9
5.	Gestion d'un projet	5-1
5.1.	Créer un nouveau projet ou modifier les caractéristiques d'un projet existant	5-1
5.1.1.	Nom du projet	5-1
5.1.2.	Commentaire	5-1
5.1.3.	Nom de l'auteur	5-1
5.1.4.	Date de la dernière sauvegarde	5-1
5.1.5.	Case à cocher "Projet maître".	5-1
5.1.6.	Nom du fichier	5-2
5.1.7.	Bibliothèques associées au projet	5-2
5.1.8.	Niveau de contrôle	5-2
5.1.9.	Options des contrôles du réseau	5-68
5.1.9.1.	Cohérence du réseau	Erreur ! Signet non défini.
5.1.9.2.	Nettoyage des données du réseau	5-70
5.2.	Sauvegarder un projet	5-3
5.2.1.	Répertoire de sauvegarde par défaut	5-3
5.2.2.	Enregistrer sous	5-3
5.2.3.	Enregistrer	5-4
5.2.4.	Conseils sur l'organisation des répertoires	5-4
5.2.4.1.	Travail de type collectivité	5-4
5.2.4.2.	Travail de type bureau d'étude	5-4
5.3.	Ouvrir un projet	5-6
5.4.	Décrire un réseau existant : la saisie des données structurelles	5-7
5.4.1.	Principes	5-7
5.4.1.1.	Différents objets utilisables	5-7
5.4.1.2.	Comment organiser la saisie	5-8
5.4.2.	Saisie des nœuds	5-9
5.4.2.1.	Principes	5-9
5.4.2.2.	Détail de la saisie	5-9
5.4.2.2.1.	Données de base	5-9
5.4.2.2.2.	Données projet :	5-10
5.4.2.2.3.	Point de débordement	5-10
5.4.2.3.	Validation des données	5-11
5.4.3.	Saisie des tronçons	5-12
5.4.3.1.	Principes	5-12
5.4.3.2.	Détail de la saisie	5-12
5.4.3.2.1.	Données principales :	5-12
5.4.3.2.2.	Données d'exploitation	5-14
5.4.3.2.3.	Données projet	5-14
5.4.3.3.	Précautions et limites particulières	5-14
5.4.4.	Saisie des bassins versants	5-15
5.4.4.1.	Principes	5-15
5.4.4.2.	Détail de la saisie	5-15
5.4.4.2.1.	Première fenêtre de saisie : Données de base	5-15

5.4.4.2.2. Fenêtre de saisie concernant la fonction de production de la partie principale du bassin versant	5-19
5.4.4.2.3. Fenêtre de saisie concernant le choix du modèle et les paramètres de la fonction de transfert de la partie principale du bassin versant	5-23
5.4.4.2.4. Fenêtre de saisie de la partie complémentaire des bassins versants de type mixte A.	5-25
5.4.4.2.5. Fenêtre de saisie de la partie complémentaire des bassins versants de type mixte B	5-25
5.4.4.2.6. Fenêtre de saisie des données eaux usées du bassin versant	5-25
5.4.4.3. Précautions et limites	5-27
5.4.4.4. Pour en savoir plus	5-27
5.4.5. Saisie des ouvrages spéciaux	5-28
5.4.5.1. Principes	5-28
5.4.5.2. Détail de la saisie	5-29
5.4.5.2.1. Première étape - localisation et description générale d'un ouvrage spécial	5-30
5.4.5.2.2. Deuxième étape - définition des connexions internes	5-30
5.4.5.2.3. Troisième étape - définition des liaisons internes	5-30
5.4.5.2.4. Quatrième étape - mise en place des composants	5-32
5.4.5.2.5. Cinquième étape - définition des composants	5-33
5.4.5.2.6. Sixième étape - Définition des lois simplifiées	5-34
5.4.5.3. Précautions et limites	5-36
5.4.5.4. Impression détaillée d'un ouvrage spécial	5-36
5.4.5.5. Vérification des ouvrages spéciaux	5-36
5.4.5.6. Pour en savoir plus	5-36
5.4.6. Saisie des exutoires	5-37
5.4.6.1. Principes	5-37
5.4.6.2. Détail de la saisie	5-37
5.4.6.3. Précautions et limites	5-37
5.4.6.4. Pour en savoir plus	5-37
5.4.7. Saisir des bassins de retenue	5-39
5.4.7.1. Principes	5-39
5.4.7.2. Détail de la saisie	5-40
5.4.7.2.1. Première étape - identification du bassin de retenue	5-40
5.4.7.2.2. Deuxième étape - sélection des nœuds amont et aval	5-41
5.4.7.2.3. Troisième étape - définition de la loi de stockage	5-42
5.4.7.2.4. Quatrième étape - définition des liaisons internes	5-43
5.4.7.2.5. Cinquième étape - mise en place des composants	5-45
5.4.7.2.6. Sixième étape - définition des composants	5-46
5.4.7.2.7. Représentation graphique	5-46
5.4.7.3. Précautions et limites	5-46
5.4.7.4. Pour en savoir plus	5-46
5.4.8. Saisir des déversoirs latéraux	5-47
5.4.8.1. Principes	5-47
5.4.8.2. Détail de la saisie	5-48
5.4.8.3. Précautions et limites	5-49
5.4.8.4. Pour en savoir plus	5-49
5.4.9. Saisir des capteurs ou points de contrôle	5-50
5.4.9.1. Principes	5-50
5.4.9.2. Détail de la saisie	5-50
5.4.9.3. Précautions et limites	5-50

5.4.10. Définir les composants entrant dans la construction d'un ouvrage spécial ou d'un bassin de retenue	5-51
5.4.10.1. Principes	5-51
5.4.10.2. Saisie d'un orifice	5-52
5.4.10.2.1. Symbole du composant	5-52
5.4.10.2.2. Type d'orifices pris en compte dans CANOE	5-52
5.4.10.2.3. Modélisation	5-52
5.4.10.2.4. Commentaires sur écran de saisie	5-52
5.4.10.3. Saisie d'un seuil	5-55
5.4.10.3.1. Symbole du composant	5-55
5.4.10.3.2. Types de seuils pris en compte dans CANOE	5-55
5.4.10.3.3. Modélisation	5-55
5.4.10.3.4. Commentaires sur écran de saisie	5-55
5.4.10.3.5. Pour en savoir plus	5-56
5.4.10.4. Saisie d'un composant fonctionnel	5-57
5.4.10.4.1. Symbole du composant	5-57
5.4.10.4.2. Types de lois prises en compte dans CANOE	5-57
5.4.10.4.3. Commentaires sur écran de saisie	5-57
5.4.10.5. Saisie d'un étranglement	5-59
5.4.10.5.1. Symbole du composant	5-59
5.4.10.5.2. Types d'étranglements en compte dans CANOE	5-59
5.4.10.5.3. Modélisation	5-59
5.4.10.5.4. Commentaires sur écran de saisie	5-59
5.4.10.6. Saisie d'une grille	5-60
5.4.10.6.1. Symbole du composant	5-60
5.4.10.6.2. Types de grilles prises en compte dans CANOE et modélisation	5-60
5.4.10.6.3. Commentaires sur écran de saisie	5-60
5.4.10.7. Saisie d'un siphon	5-61
5.4.10.7.1. Symbole du composant	5-61
5.4.10.7.2. Différents types d'ouvrages	5-61
5.4.10.7.3. Modélisation	5-62
5.4.10.7.4. Commentaires sur écran de saisie	5-63
5.4.10.8. Saisie d'une chambre	5-64
5.4.10.8.1. Symbole du composant	5-64
5.4.10.8.2. Commentaires sur écran de saisie	5-64
5.4.10.9. Saisie d'une pompe	5-65
5.4.10.9.1. Symbole du composant	5-65
5.4.10.9.2. Types de pompes prises en compte dans CANOE	5-65
5.4.10.9.3. Commentaires sur écran de saisie	5-65
5.4.10.10. Saisie d'un décrochement de radier	5-66
5.4.10.10.1. Symbole du composant	5-66
5.4.10.10.2. Saisie	5-66
5.4.10.11. Saisie d'un régulateur	5-67
5.4.10.11.1. Symbole du composant	5-67
5.4.10.11.2. Types de régulateurs pris en compte dans CANOE	5-67
5.4.10.11.3. Modélisation et principes d'action	5-67
5.4.10.11.4. Commentaires sur écran de saisie	5-67
5.4.10.11.5. Limites d'utilisation	5-68
5.5. Saisir ou mettre à jour des données phénoménologiques liées aux réseaux	5-73
5.5.1. Généralités	5-73

5.5.2.	Saisir un nouvel hydrogramme au clavier	5-74
5.5.2.1.	Données à saisir	5-74
5.5.2.2.	Possibilités de représentation.	5-75
5.5.2.3.	Saisie d'un hydrogramme d'eau usée	5-75
5.5.3.	Saisir un nouvel histogramme de hauteur ou de vitesse au clavier	5-76
5.5.3.1.	Données à saisir	5-76
5.5.3.2.	Possibilités de représentation.	5-76
5.5.4.	Saisir un nouveau pollutogramme en concentration	5-78
5.5.4.1.	Données à saisir	5-78
5.5.4.2.	Possibilités de représentation.	5-78
5.5.5.	Visualiser un hydrogramme, un histogramme ou un pollutogramme existant	5-79
5.5.6.	Mettre à jour un hydrogramme, un histogramme ou un pollutogramme existant	5-80
5.5.7.	Changer le pas de temps de discrétisation d'un hydrogramme ou d'un histogramme existant	5-81
5.5.8.	Traduire un histogramme	5-82
5.5.9.	Faire la somme (ou la différence) de 2 histogrammes	5-83
5.5.10.	Fusionner les histogrammes de deux projets	5-84
5.5.11.	Superposer des histogrammes	5-85
5.5.12.	Editer un patron défini en pourcentage d'eaux usées	5-86
5.5.12.1.	Principes	5-86
5.5.12.2.	Créer un patron journalier d'eaux usées	5-86
5.5.12.3.	Modifier un patron journalier d'eaux usées	5-86
5.5.12.4.	Importer des patrons dans un projet	5-87
5.5.12.5.	Exporter des patrons d'un projet vers le fichier de patron de référence	5-87
5.5.13.	Importer un fichier ASCII d'histogrammes en conservant les histogrammes du projet	5-87
5.6.	Mettre à jour des données	5-89
5.6.1.	Principes généraux	5-89
5.6.2.	Sélectionner un objet existant à l'aide de l'interface graphique	5-90
5.6.2.1.	Sélectionner un tronçon	5-90
5.6.2.2.	Sélectionner un bassin versant	5-90
5.6.2.2.	Sélectionner un autre objet	5-90
5.6.3.	Cas des ouvrages spéciaux et des bassins de retenue	5-92
5.6.3.1.	Pour modifier les caractéristiques d'un composant	5-92
5.6.3.2.	Pour détruire un composant	5-92
5.6.3.3.	Pour ajouter un composant	5-92
5.7.	Saisir ou mettre à jour les données en mode tableau	5-93
5.7.1.	Principes généraux	5-93
5.7.2.	Description des écrans de saisie en mode tableau	5-94
5.7.3.	Signification des icônes et des commandes	5-95
5.7.4.	Touches utilisées dans la saisie dans un tableau	5-97
5.7.5.	Limites de la saisie par tableau	5-98
5.7.5.1.	Fenêtre de type tableau de nœuds	5-98
5.7.5.2.	Fenêtre de type tableau de bassins versants	5-98
5.7.6.	Edition des données relatives aux points de débordement.	5-98
5.8.	Editer les données relatives au réseau	5-99
5.9.	Extraire une partie du réseau ou fusionner deux réseaux	5-100
5.9.1.	Supprimer certaines parties du réseau	5-100
5.9.2.	Fusionner deux projets	5-100
5.10.	Modifier les paramètres de ruissellement	5-102

5.11.	Visualiser le projet	5-104
5.11.1.	Règles de représentation utilisées	5-104
5.11.2.	Modifier l'affichage du plan du réseau	5-105
5.11.3.	Superposer le plan du réseau sur un fond de plan	5-108
5.11.3.1.	Charger un fond de plan	5-108
5.11.3.2.	Caler l'échelle du fond de plan en fonction de celle du plan du réseau	5-108
5.11.3.3.	Activer/Désactiver un fond de plan	5-109
5.11.3.4.	Retoucher un fond de plan	5-109
5.11.4.	Tracer un profil en long simplifié	5-111
5.11.4.1.	Pour définir un nouveau parcours,	5-111
5.11.4.2.	Pour visualiser un parcours,	5-111
5.11.5.	Exporter le plan du réseau vers un fichier DXF	5-113
5.12.	Importation des données structurelles, des histogrammes et des mesures	5-113
5.12.1.	Importation avec création d'un nouveau projet	5-113
5.12.2.	Importation complémentaire dans un projet	5-115
5.12.2.1.	Importation d'histogramme en conservant les histogrammes du projet	5-115
5.12.2.2.	Importation de bassins versants complémentaires dans un projet	5-116
5.12.2.2.1.	Contenu du fichier source	5-116
5.12.2.2.2.	Données calculées par le logiciel	5-116
5.12.2.2.3.	Données entrées par défaut dans la base CANOE par le logiciel	5-116
5.12.2.2.4.	Contrôles effectués	5-116
5.12.2.2.5.	Règles utilisées au moment de l'importation	5-117
5.12.2.2.6.	Format d'importation des bassins versants complémentaire	5-117
6.	Gestion des données pluviométriques	6-1
6.1.	Principes généraux	6-1
6.1.1.	Différents types de pluies	6-1
6.1.2.	Menu général de la gestion des pluies	6-2
6.2.	Gérer les bibliothèques de pluies	6-3
6.2.1.	Identifier la bibliothèque courante	6-3
6.2.2.	Créer une nouvelle bibliothèque	6-3
6.2.3.	Ouvrir une bibliothèque existante	6-3
6.2.4.	Sauvegarder une bibliothèque déjà existante	6-4
6.2.5.	Enregistrer une bibliothèque sous un nouveau nom	6-4
6.2.6.	Fusionner deux bibliothèques	6-5
6.2.7.	Ouvrir la bibliothèque de pluies associée au projet en cours de traitement	6-5
6.2.8.	Modifier les caractéristiques d'une bibliothèque	6-6
6.3.	Saisir ou mettre à jour une pluie réelle ponctuelle	6-7
6.3.1.	Saisir une pluie "réelle" (observée ou imaginée).	6-7
6.3.2.	Modifier une pluie réelle	6-8
6.3.3.	Analyser une pluie réelle	6-9
6.3.4.	Importer des pluies réelles	6-9
6.3.5.	Création de pluies ponctuelles à partir des cases d'une pluie 3D	6-10
6.4.	Saisir ou mettre à jour une pluie de projet	6-11
6.4.1.	Construire une pluie de projet symétrique	6-11
6.4.2.	Construire une pluie de projet double triangle non symétrique	6-12
6.4.3.	Modifier une pluie de projet	6-13
6.5.	Construire ou mettre à jour une pluie 3D à partir de données pluviométriques locales	6-14
6.5.1.	Saisie des données générales :	6-14

6.5.2.	Saisie des pluies ponctuelles constituant la pluie 3D :	6-14
6.5.3.	Saisie des caractéristiques générales de la pluie 3D	6-15
6.5.4.	Saisie de la description spatiale de la pluie 3D:	6-16
6.5.4.1.	Définition du quadrillage:	6-16
6.5.4.2.	Affectation des intensités	6-16
6.5.4.2.1.	Construction automatique d'une solution initiale	6-16
6.5.4.2.2.	Affinage manuel	6-17
6.5.4.3.	Visualisation de la pluie en cours de saisie	6-17
6.5.4.3.1.	Visualisation des intensités	6-18
6.5.4.3.2.	Changement des intervalles de couleurs:	6-18
6.5.5.	Mettre à jour ou effacer une pluie 3D déjà saisie	6-19
6.6.	Importer une pluie 3D	6-20
6.6.1.	Fichiers d'importation	6-20
6.6.2.	Importer une ou plusieurs pluies 3D	6-21
6.6.3.	Modification du pas de temps d'une pluie importée	6-22
6.7.	Visualiser une pluie 3D déjà saisie	6-23
6.7.1.	Modification d'une pluie 3D	6-23
6.8.	Construire une pluie 3D de façon semi-automatique	6-24
6.8.1.	Première partie de la fenêtre de saisie des données générales	6-24
6.8.2.	Deuxième partie de la fenêtre de saisie des données générales	6-24
6.8.3.	Modifier, détruire ou visualiser une pluie 3D construite semi-automatiquement	6-24
6.9.	Saisir ou mettre à jour une chronique de pluies	6-25
6.9.1.	Quel est l'intérêt d'une chronique de pluies?	6-25
6.9.2.	Créer une chronique de pluies ponctuelles	6-25
6.9.2.1.	Sélection dans la liste des pluies ponctuelles	6-25
6.9.2.2.	Sélection par critères	6-26
6.9.3.	Créer une chronique de pluies 3D	6-28
6.9.3.1.	Sélection manuelle	6-28
6.9.3.2.	Sélection des pluies entre deux dates particulières :	6-28
6.9.4.	Cas particulier des chroniques continues	6-29
6.9.5.	Consulter, mettre à jour ou détruire une chronique existante	6-29
6.10.	Faire l'analyse statistique d'une chronique de pluies	6-31
6.10.1.	Ajustement fréquentiel	6-31
6.10.2.	Courbes IDF	6-33
6.10.3.	Gestion ou utilisation des courbes IDF	6-34
6.10.3.1.	Consulter une courbe IDF	6-34
6.10.3.2.	Construire une courbe IDF sans refaire l'ajustement fréquentiel	6-34
6.10.3.3.	Modifier l'ajustement fréquentiel	6-34
6.10.3.4.	Réaliser l'analyse statistique sur l'ensemble d'une bibliothèque	6-35
6.11.	Gérer une liste de pluviomètres	6-36
6.11.1.	Ajouter un pluviomètre à la liste	6-36
6.11.2.	Consulter ou mettre à jour la liste des pluviomètres	6-36
6.11.3.	Affecter un pluviomètre à toutes les pluies réelles d'une bibliothèque	6-36
6.11.4.	Création des pluviomètres à partir des données saisies pour les pluies ponctuelles	6-36
6.11.5.	Destruction des pluies attachées à un pluviomètre	6-37
6.12.	Création d'une nouvelle bibliothèque de pluies contenant toutes les pluies d'une chronique	6-37
6.13.	Exporter les caractéristiques des pluies ponctuelles d'une bibliothèque	6-37

7.	Gestion des formes de conduite	7-1
7.1.	Principes généraux	7-1
7.1.1.	Différentes formes de conduites prises en compte dans CANOE et modes de construction	7-1
7.1.2.	Menu général de la gestion des conduites	7-2
7.2.	Gérer les bibliothèque de conduites	7-3
7.2.1.	Identifier la bibliothèque courante	7-3
7.2.2.	Créer une nouvelle bibliothèque	7-3
7.2.3.	Ouvrir une bibliothèque	7-4
7.2.4.	Sauvegarder une bibliothèque déjà existante	7-4
7.2.5.	Enregistrer une bibliothèque sous un nouveau nom	7-4
7.2.6.	Fusionner deux bibliothèques	7-5
7.2.7.	Ouvrir la bibliothèque de conduites associée au projet en cours de traitement	7-6
7.2.8.	Modifier les caractéristiques d'une bibliothèque	7-6
7.3.	Saisir ou mettre à jour une forme de conduite	7-7
7.3.1.	Données associées à une forme de conduite	7-7
7.3.2.	Saisir une nouvelle forme de conduite	7-8
7.3.2.1.	Saisie des données de base	7-8
7.3.2.2.	Saisie des données projet	7-9
7.3.2.3.	Saisie des paramètres géométriques généraux	7-9
7.3.2.4.	Saisie de la forme dans le cas d'une conduite de forme quelconque	7-10
7.3.2.4.1.	Saisir une forme de conduite en utilisant la souris	7-10
7.3.2.4.2.	Saisir une forme de conduite en utilisant une table à digitaliser	7-10
7.3.2.4.3.	Modifier la forme en utilisant la souris	7-11
7.3.2.4.4.	Modifier la forme en utilisant le clavier	7-11
7.3.2.4.5.	Saisir une forme de conduite voisine d'une forme déjà en bibliothèque	7-11
7.3.2.5.	Validation de la saisie	7-11
7.3.3.	Mettre à jour, éditer ou effacer une forme de conduite	7-13
7.4.	Imprimer un catalogue de formes de conduites	7-14
7.4.1.	Impression des fiches de conduites	7-14
7.4.2.	Impression des tableaux de données des conduites	7-14
7.5.	Exporter les fichiers de conduites sous forme de fichiers ASCII	7-15
7.6.	Importer des formes de conduites	7-16
8.	Réaliser une simulation	8-1
8.1.	Simuler uniquement la transformation pluie-débit sur les bassins versants	8-4
8.1.1.	Choix de la pluie et des caractéristiques générales de la simulation	8-4
8.1.1.1.	Sélection de la pluie	8-4
8.1.1.1.1.	Cas d'une pluie ponctuelle	8-4
8.1.1.1.2.	Cas d'une pluie 3D	8-4
8.1.1.2.	Définition des caractéristiques générales de la simulation	8-5
8.1.2.	Déplacement éventuel de la pluie 3D	8-5
8.1.3.	Lancement de la simulation hydrologique	8-6
8.1.4.	Exploitation des résultats	8-6
8.2.	Simuler le fonctionnement hydraulique d'un système d'assainissement en utilisant le modèle Muskingum	8-7
8.2.1.	Choix de la pluie et des caractéristiques générales de la simulation	8-7
8.2.1.1.	Sélection de la pluie	8-7
8.2.1.1.1.	Cas d'une pluie ponctuelle	8-7
8.2.1.1.2.	Cas d'une pluie 3D	8-7

8.2.1.1.3. Cas d'une chronique de pluies	8-7
8.2.1.2. Définition des caractéristiques générales de la simulation	8-9
8.2.2. Déplacement éventuel de la pluie 3D	8-10
8.2.3. Conservation des résultats	8-11
8.2.3.1. Cas de la simulation d'une pluie unique	8-11
8.2.3.2. Sélection des résultats à conserver dans le cas d'une chronique de pluies	8-11
8.2.4. Paramétrage du modèle MUSKINGUM	8-12
8.2.5. Lancement de la simulation	8-12
8.2.6. Exploitation des résultats	8-12
8.3. Simuler le fonctionnement hydraulique d'un système d'assainissement en utilisant le modèle Barré de Saint Venant	8-13
8.3.1. Choix de la pluie et des caractéristiques générales de la simulation	8-13
8.3.2. Déplacement éventuel de la pluie 3D	8-13
8.3.3. Conservation des résultats	8-14
8.3.4. Paramétrage du modèle Barré de Saint Venant	8-15
8.3.4.1. Paramètres de simulation	8-15
8.3.4.1.1. Pas d'espace	8-15
8.3.4.1.2. Pas de temps de simulation	8-15
8.3.4.1.3. Périodicité de stockage des résultats	8-16
8.3.4.1.4. Type de message à afficher	8-16
8.3.4.1.5. Débits minimum	8-16
8.3.4.1.6. Utilisateurs avancés	8-17
8.3.4.2. Conditions initiales	8-17
8.3.4.3. Définition des paramètres régulateurs	8-18
8.3.4.3.1. Saisie ou mise à jour des paramètres de régulation	8-19
8.3.4.3.2. Saisie ou mise à jour des consignes	8-20
8.3.4.3.3. Editer une consigne	8-21
8.3.5. Lancement de la simulation	8-23
8.3.6. Exploitation des résultats	8-23
8.4. Simuler la production et le transfert de polluant dans le système d'assainissement	8-24
8.4.1. Choix de la pluie et des caractéristiques générales de la simulation	8-24
8.4.2. Déplacement éventuel de la pluie 3D	8-24
8.4.3. Paramétrage du modèle qualité	8-25
8.4.3.1. Définition des produits et des classes	8-25
8.4.3.1.1. Construction de la liste des produits à simuler	8-25
8.4.3.1.2. Définition des classes de vitesse de chute	8-26
8.4.3.2. Répartition des produits par classe	8-26
8.4.3.3. Choix du modèle de production et définition de ses paramètres	8-27
8.4.3.3.1. Concentration eau unitaire constante	8-28
8.4.3.3.2. Concentration eau unitaire variable d'une pluie à une autre	8-29
8.4.3.3.3. Mélange eau usée-eau pluviale	8-30
8.4.3.3.4. Calcul des coefficients de la loi d'ajustement des concentrations	8-32
8.4.3.4. Paramètres des bassins de retenue	8-34
8.4.3.5. Transfert des débits et des flux polluants	8-35
8.4.3.5.1. Transport par loi de transfert simple	8-36
8.4.3.5.2. Transport par convection seule	8-36
8.4.3.5.3. Transport par convection plus dépôt sans gestion du stock	8-37
8.4.3.5.4. Transport par convection plus dépôt avec gestion du stock	8-38
8.4.3.5.5. Prise en compte de réactions supplémentaires	8-38
8.4.3.6. Définition des conditions initiales	8-39

8.4.3.7.	Mode de stockage et utilisation des résultats	8-39
8.4.3.7.1.	Utilisation des résultats	8-41
8.4.4.	Paramétrage du module hydraulique	8-42
8.4.5.	Lancement de la simulation	8-42
8.4.6.	Exploitation des résultats	8-42
8.5.	Précautions à prendre lors d'une simulation	8-43
8.5.1.	Contrôles automatiques effectués par le logiciel	8-43
8.5.2.	Anomalies possibles	8-43
8.6.	Affecter manuellement des conditions aux limites	8-44
8.6.1.	Affecter un histogramme à un exutoire	8-44
8.6.2.	Affecter un hydrogramme	8-44
8.6.2.1.	Associer un nouvel hydrogramme à un nœud	8-44
8.6.2.2.	Enlever un hydrogramme de la liste des hydrogrammes à injecter à un nœud	8-44
8.6.2.3.	Visualiser les hydrogrammes	8-45
8.6.2.4.	Valider la liste des hydrogrammes à injecter	8-45
8.6.2.5.	Injection des hydrogrammes lors d'une simulation	8-45
8.7.	Simulation des eaux parasites	8-46
8.7.1.	Principes	8-46
8.7.1.1.	Les différents types de production	8-46
8.7.1.2.	Simulation selon le type d'apport	8-46
8.7.2.	Principes de calcul du débit d'eau parasite d'infiltration des bassins versants	8-47
8.7.2.1.	Composante saisonnière	8-47
8.7.2.2.	Composante événementielle	8-47
8.7.3.	Saisie des données pour la prise en compte des eaux parasites	8-49
8.7.3.1.	Saisie de la constante de retour à la valeur minimum du débit d'infiltration	8-49
8.7.3.2.	Saisie des valeurs liées à chaque bassin versant	8-49
8.7.3.2.1.	Données nécessaires pour la composante événementielle	8-49
8.7.3.2.2.	Données nécessaires pour la composante saisonnière	8-49
8.7.3.3.	Injection des histogrammes d'eau parasite	8-49
8.7.4.	Prise en compte des eaux parasites lors des simulations	8-49
8.7.4.1.	Simulation de type " <i>Aucune pluie, pluie ponctuelle ou pluie 3D</i> "	8-50
8.7.4.2.	Simulation de chronique de type non continu de pluies ponctuelles ou 3D	8-50
8.7.4.3.	Simulation de chronique de type continu de pluies ponctuelles ou 3D	8-50
8.7.5.	Résultats	8-51
8.7.5.1.	Résultats de type eau totale	8-51
8.7.5.2.	Résultats de type eau usée	8-51
8.7.5.3.	Résultats de type eau parasite	8-51
8.7.5.4.	Résultats de type eau pluviale	8-51
9.	Exploiter les résultats d'une simulation	9-1
9.1.	Visualiser ou exploiter des hydrogrammes ou des histogrammes	9-2
9.1.1.	Visualiser directement un histogramme à l'écran après avoir simulé une pluie isolée	9-2
9.1.1.1.	Visualiser un hydrogramme à l'exutoire d'un bassin versant	9-3
9.1.1.2.	Visualiser un histogramme en un point d'un tronçon	9-4
9.1.1.2.1.	Visualiser l'évolution du débit, de la hauteur ou de la vitesse	9-4
9.1.1.2.2.	Visualiser un pollutogramme	9-4
9.1.1.3.	Visualiser un histogramme dans un bassin de retenue	9-6
9.1.1.3.1.	Visualiser l'évolution du volume stocké, de la hauteur ou du débit infiltré	9-6
9.1.1.3.2.	Visualiser un histogramme sur les liaisons	9-6

9.1.1.4.	Visualiser un histogramme dans un ouvrage spécial	9-7
9.1.1.5.	Visualiser un histogramme sur un point de débordement	9-8
9.1.2.	Imprimer, sauvegarder, faire une copie EXCEL des histogrammes	9-9
9.1.3.	Superposer directement des histogrammes	9-10
9.1.3.1.	Sélection des histogrammes à superposer	9-10
9.1.3.2.	Visualisation des histogrammes	9-10
9.1.4.	Superposer des histogrammes de la base de données	9-12
9.1.5.	Comparer des hydrogrammes simulés et mesurés	9-13
9.1.6.	Visualiser un histogramme après avoir simulé une chronique non continue	9-14
9.1.7.	Visualiser les résultats après avoir simulé une chronique continue	9-14
9.1.7.1.	Résultats pour une pluie de la chronique	9-14
9.1.7.2.	Résultats journalier de temps sec	9-15
9.1.7.3.	Résultats sur une durée	9-15
9.1.8.	Exporter les résultats après avoir simulé une chronique	9-16
9.2.	Visualiser ou exploiter des résultats synthétiques sous forme de tableaux	9-18
9.2.1.	Données par bassin versant	9-18
9.2.2.	Données par tronçon	9-18
9.2.3.	Données par bassin de retenue	9-18
9.2.4.	Tableau des débordements	9-19
9.2.5.	Manipulation du tableau	9-19
9.2.6.	Exportation des données dans des fichiers ASCII	9-19
9.3.	Visualiser ou exploiter des représentations vues en plan	9-20
9.3.1.	Visualiser un bilan de fonctionnement sur un plan	9-20
9.3.2.	Visualiser des informations relatives au fonctionnement sur le tracé en plan	9-21
9.3.2.1.	Définir tronçon par tronçon les informations à afficher	9-21
9.3.2.2.	Pour obtenir le dessin	9-21
9.3.3.	Visualiser sur un plan l'évolution du fonctionnement pendant la pluie	9-22
9.3.4.	Visualiser les débordements sur un plan	9-24
9.4.	Visualiser ou exploiter des lignes d'eau	9-25
9.4.1.	Définir un nouveau parcours	9-25
9.4.2.	Mettre à jour ou effacer un parcours	9-26
9.4.3.	Visualiser les grandeurs hydrauliques le long d'un parcours	9-26
9.4.4.	Imprimer ou exporter une ligne d'eau au format Excel	9-27
9.5.	Visualiser ou exploiter statistiquement les résultats de la simulation d'une chronique de pluies	9-28
9.5.1.	Bilans par évènement ou par tronçon	9-28
9.5.1.1.	Afficher un tableau récapitulatif par tronçon	9-28
9.5.1.2.	Afficher un tableau récapitulatif par événement	9-29
9.5.1.3.	Faire un ajustement statistique et tracer la loi d'ajustement	9-30
9.5.1.4.	Calculer la période de retour d'une valeur particulière de la grandeur étudiée	9-31
9.5.1.5.	Calculer la valeur de la grandeur correspondant à une période de retour donnée	9-32
9.5.1.6.	Editer un tableau récapitulatif indiquant les valeurs des différentes grandeurs correspondant à différentes périodes de retour	9-34
9.5.2.	Bilans annuels	9-35
9.6.	Visualiser ou exploiter statistiquement les résultats par jour de la	9-35
9.6.1.	Afficher un tableau récapitulatif par tronçon	9-35
9.6.2.	Afficher un tableau récapitulatif par jour	9-37
9.6.3.	Faire un ajustement statistique et tracer la loi d'ajustement	9-38
9.6.4.	Calculer la période de retour d'une valeur particulière de la grandeur étudiée	9-39

9.6.5.	Calculer la valeur de la grandeur correspondant à une période de retour donnée	9-40
9.6.6.	Editer un tableau récapitulatif indiquant les valeurs des différentes grandeurs correspondant à différentes périodes de retour	9-42
9.7.	Autres résultats possibles	9-44
9.7.1.	Etudier l'effet de premier flot	9-44
9.7.2.	Etudier le risque d'envasement	9-45
9.7.3.	Etudier les variations d'une grandeur en fonction d'une autre	9-46
9.7.4.	Etudier le fonctionnement des régulateurs	9-47
10.	Calage	10-1
10.1.	Outils de calage	10-1
10.2.	Saisie d'une mesure	10-2
10.2.1.	Première fenêtre	10-2
10.2.2.	Deuxième fenêtre :	10-2
10.2.2.1.	Cas du temps de pluie	10-2
10.2.2.1.1.	Sélection des histogrammes	10-3
10.2.2.1.2.	Interface graphique :	10-3
10.2.2.2.	Cas du temps sec	10-4
10.3.	Comparaison et analyse statistique	10-4
10.3.1.	Cas d'une pluie unique	10-4
10.3.2.	Cas d'une chronique de pluies	10-5
10.3.2.1.	Comparaison histogramme	10-5
10.3.2.2.	Analyse statistique des écarts	10-5
10.4.	Calage automatique	10-6
11.	Risque de déclassement de rivières	11-1
11.1.	Principes	11-1
11.2.	Saisie des données	11-1
11.2.1.	Définition des tronçons rivière et des classes de qualité	11-1
11.2.1.1.	En création	11-1
11.2.1.2.	En sélection	11-2
11.2.2.	Définition des valeurs des débits et des concentrations de la rivière	11-2
11.2.2.1.	Simulation d'une seule pluie	11-2
11.2.2.2.	Analyse après la simulation d'une chronique de pluies	11-3
11.3.	Analyse des risques de déclassement	11-4
11.3.1.	Pour une pluie seule:	11-4
11.3.2.	Pour une chronique de pluies :	11-4
12.	Module « Envasement »	12-4
12.1.	Objectif	12-4
12.2.	Présentation générale de la méthode utilisée	12-5
12.3.	Utiliser le module envasement	12-5
12.3.1.	Démarche à suivre	12-5
12.3.2.	Adapter la bibliothèque de conduites	12-6
12.3.3.	Importer ou saisir les données structurelles nécessaires, définir les capacités d'interception des ouvrages de décantation	12-7
12.3.4.	Lancer les calculs préliminaires à la prévision du risque d'envasement	12-7
12.3.5.	Estimer la vulnérabilité des tronçons à l'envasement	12-7

12.3.6.	Saisir les données complémentaires nécessaires à l'évaluation de l'aléa envasement	12-7
12.3.6.1.	Différents aléas pris en compte	12-7
12.3.6.1.1.	Zone inondable	12-8
12.3.6.1.2.	Problème de surface	12-8
12.3.6.1.3.	Obstacles	12-8
12.3.6.1.4.	Etat de santé	12-8
12.3.6.2.	Marche à suivre	12-8
12.3.6.2.1.	Constitution de la liste	12-9
12.3.6.2.2.	Affectation d'un aléa	12-9
12.3.6.3.	Affichage des aléas	12-9
12.3.7.	Estimer le risque d'envasement des tronçons	12-10
12.3.8.	Exploiter les résultats des études d'envasement	12-10
13.	Aide au projet	13-1
13.1.	Principes généraux	13-1
13.1.1.	Objectifs de l'applicatif	13-1
13.1.2.	Description du menu :	13-1
13.1.3.	Description des icônes	13-2
13.2.	Edition	13-4
13.3.	Actions groupées	13-4
13.4.	Saisie et renseignement d'un parcours	13-5
13.4.1.	Principe	13-5
13.4.2.	Sélectionner parcours	13-5
13.4.3.	Renseigner un parcours	13-5
13.4.4.	Construire les tronçons d'un parcours	13-7
13.4.5.	Effacement tronçons	13-7
13.4.6.	Effacer les cotes radier du parcours	13-7
13.4.7.	Paramètres du profil en long	13-7
13.4.8.	Tracé du profil en long	13-8
13.4.9.	Exporter le profil en long vers un fichier DXF	13-8
13.4.10.	Sauvegarde d'un parcours	13-8
13.5.	Outils de l'applicatif aide au projet	13-9
13.5.1.	Prédimensionnement	13-9
13.5.2.	Vérification	13-9
13.5.3.	Optimisation	13-9
13.5.3.1.	Contrôle	13-10
13.5.3.2.	Construction du faisceau	13-10
13.5.3.3.	Discrétisation du faisceau	13-10
13.5.3.4.	Optimisation	13-10
13.5.3.5.	Affinage	13-11
13.5.3.6.	Stockage des résultats	13-11
13.5.4.	Vérifier la bibliothèque de conduites	13-11
13.5.5.	Quantitatif	13-12
13.5.5.1.	Principes	13-12
13.5.5.2.	Evaluation du mètre pour un tronçon	13-12
13.5.5.2.1.	Définitions	13-12
13.5.5.2.2.	Cas des tronçons pourvus d'une conduite préfabriquée	13-12
13.5.5.2.3.	Cas des tronçons pourvus d'un autre type de conduite(conduites coulées sur place)	13-12

13.5.5.2.4.	Règles de calcul du nombre de regards	13-13
13.5.5.2.5.	Coût d'une cheminée	13-13
13.5.6.	Estimatif	13-14
13.5.7.	Catalogue des prix	13-15
13.5.7.1.	Coût unitaire de terrassement :	13-15
13.5.7.2.	Coût unitaire de blindage :	13-15
13.5.7.3.	Coût unitaire de remblaiement :	13-15
13.5.7.4.	Coût unitaire de compactage :	13-15
13.5.7.5.	Coût unitaire de démolition-réfection de chaussées :	13-15
13.5.7.6.	Coût d'une cheminée de référence :	13-15
13.5.7.7.	Plus value pour surprofondeur :	13-15
13.5.8.	Coefficients multiplicateurs	13-15
13.6.	Démarche d'étude à suivre	13-16
13.6.1.	Préparation des données	13-16
13.6.2.	Saisie des nœuds	13-16
13.6.3.		13-17
13.6.4.	Saisie des bassins versants	13-17
13.6.5.	Saisie éventuelle des tronçons existants	13-18
13.6.6.	Recherche et sélection du tracé en plan	13-18
13.6.7.	Prédimensionnement du réseau	13-18
13.6.7.1.	Comparaison avec la méthode de Caquot	13-19
13.6.7.2.	Choix des entrées pluvieuses.	13-19
13.6.7.3.	Calcul des débits	13-19
13.6.7.4.	Prédimensionnement des conduites	13-20
13.6.7.5.	Choix des périodes de retour	13-20
13.6.8.	Optimisation du réseau	13-20
13.6.9.	Vérification du fonctionnement du réseau	13-21
13.6.10.	Production des documents	13-21
14.	Installation	14-1
14.1.	Matériel nécessaire	14-1
14.1.1.	Logiciel	14-1
14.1.1.1.	Système d'exploitation	14-1
14.1.1.2.	Taille des fichiers utilisés par CANOE	14-1
14.2.	Installation	14-2
14.2.1.	Pour les utilisateurs de Windows NT :	14-2
14.2.2.	Pour les utilisateurs de Windows 3.1, Windows 3.11, Windows NT 3.5 :	14-2
14.2.3.	Options d'installation	14-2
14.2.3.1.	Installation des fichiers programmes :	14-2
14.2.3.2.	Remplacer les drivers de table à digitaliser :	14-2
14.2.3.3.	Installation des fichiers <i>System</i> sous CANOE :	14-2
14.2.3.4.	Installation des fichiers <i>System</i> sous SYSTEM	14-2
14.2.3.5.	Pas d'installation system	14-2
14.3.	Configuration imprimante	14-4
14.4.	Configuration table à digitaliser	14-4
14.4.1.	Paramètres de communication avec la table à digitaliser	14-4
14.4.1.1.	Protocole de transmission :	14-4
14.4.1.2.	Caractères d'initialisation :	14-4
14.4.1.3.	COM :	14-4
14.4.1.4.	Format :	14-4

14.4.1.5.	Code du flag (drapeau) :	14-4
14.4.1.6.	Code du signe négatif :	14-4
14.4.1.7.	Mode continu :	14-4
14.4.1.8.	Format de transmission :	14-4
14.4.1.9.	Curseur CANOE :	14-5
14.4.1.10.	Autres paramètres :	14-5
14.4.2.	Problèmes de fonctionnement	14-5
14.4.3.	Utilisation d'une table à digitaliser dans CANOE	14-5
14.4.4.	Liste des objets pouvant être saisis à l'aide d'une table à digitaliser.	14-5
14.5.	Clé électronique de protection	14-6
14.6.	Problèmes d'installation	14-6
15.	Aide	15-1
15.1.	Aide en ligne	15-1
15.2.	Encyclopédie	15-1
15.3.	A propos de...	15-1
16.	ANNEXE SPECIFIQUE utilisateurs avancés	17-1
16.1.	Nombre maximum d'itérations par cycle de calcul	17-1
16.2.	Coefficient du terme d'inertie de l'équation dynamique	17-1
16.3.	Coefficient de pondération spatiale	17-1
16.4.	Coefficient de pondération temporelle :	17-1
16.5.	Débit de fuite des marches	17-2
16.6.	Débit injecté minimum	17-2
16.7.	Conditions initiales - Utilisations avancées	17-2
16.7.1.	Pas de temps de stabilisation	17-2
16.7.2.	Gestion des valeurs de la gravité	17-2
17.	Exemples de fichiers ASCII pour importation de données dans CANOE	18-1
17.1.	Deux enregistrements nœud du fichier NŒUD.CAN :	18-1
17.2.	Deux enregistrements tronçon du fichier TRONCON.CAN :	18-1
17.3.	Deux enregistrements bassin versant du fichier BV.CAN:	18-2
17.4.	Deux enregistrements histogramme du fichier HISTO.CAN :	18-4
17.5.	Deux enregistrements pluie du fichier PLUIE.CAN :	18-6
17.6.	Deux enregistrements conduite du fichier COND.CAN:	18-8
17.7.	Deux enregistrements mesure du fichier mesure.CAN:	18-14
18.	Annexe simulation continue d'une chronique	19-1
18.1.	Calcul de l'infiltration après une durée de temps sec	19-1
19.	Importation dans EXCEL des fichiers ASCII créés par CANOE	20-1

Coordinateur : Bernard Chocat