

...

Modèle hydrologique

CEQU*eau*

Guy MORIN  
Pierre PAQUET

**INRS-ETE**

## ***Restrictions d'utilisation***

Le modèle hydrologique CEQUEAU est fourni avec les restrictions suivantes:

- citer l'origine du modèle dans toutes les publications où le modèle CEQUEAU aura été employé;
- ne pas redistribuer les programmes;
- les programmes sont fournis sans engagement ni responsabilité de l'INRS-ETE.

### ***Information et support***

M. Guy MORIN  
INRS-ETE  
490, de la Couronne  
Québec, (Québec)  
G1K 9A9

Tel.: (418) 654-2547  
Fax: (418) 654-2600  
e-mail: [guy\\_morin@ete.inrs.ca](mailto:guy_morin@ete.inrs.ca)

## ***Référence à citer***

Morin, G., Paquet, P. (2007). Modèle hydrologique CEQUEAU, INRS-ETE, rapport de recherche no R000926, 458p.

---

ISBN 978-2-89146-538-0

Tous droits de traduction, de reproduction et d'adaptation réservés

© 2007 - Institut national de la recherche scientifique

# TABLE DES MATIÈRES

Note .....	vii
INTRODUCTION .....	1
1 GUIDE DE L'UTILISATEUR .....	3
1.1 L'installation de CEQUEAU .....	3
1.2 Structure général de CEQUEAU .....	4
1.2.1 Les modules de traitement .....	4
1.2.2 Les fichiers de données .....	6
1.2.3 Organisation de l'information dans les fichiers .....	9
1.3 L'environnement CEQUEAU .....	11
1.4 Le projet CEQUEAU .....	13
1.4.1 Les fichiers de données physiographiques .....	15
1.4.2 Les fichiers des données hydro-météorologiques et de qualité ...	16
1.4.3 Les essais de simulation .....	20
1.5 Le menu projet .....	21
1.5.1 Projet - Nouveau .....	22
1.5.2 Projet - Ouvrir .....	23
1.5.3 Projet - Fermer .....	23
1.5.4 Projet - Enregistrer .....	23
1.5.5 Projet - Enregistrer sous .....	24
1.5.6 Projet - Ajouter bassin ... ..	24
1.5.7 Projet - Renommer bassin... ..	25
1.5.8 Projet - Supprimer bassin ... ..	25
1.5.9 Projet - Supprimer essai ... ..	26
1.5.10 Projet - A propos de ... ..	27
1.5.11 Projet - Préférences .....	18
1.5.12 Projet - Quitter .....	35
1.6 Le menu Données .....	35
1.6.1 Édition des données .....	35
1.6.2 Données - schéma de production .....	36
1.6.3 Menu Données - Imprimer .....	37
1.6.4 Menu Données - Fermer .....	37
1.7 L'éditeur de données .....	37
1.7.1 L'option Corriger .....	40
1.7.2 L'option Enlever .....	40
1.7.3 L'option Ajouter .....	40
1.7.4 L'option Déplacer .....	41
1.7.5 L'option Vérifier .....	41
1.7.6 L'option Enregistrer .....	42
1.7.7 L'option Imprimer .....	42
1.7.8 L'option Terminer .....	42
1.8 La création d'un nouveau fichiers de paramètres .....	43

1.9	La modification d'un fichier de paramètres	44
1.10	Le menu préparation	44
1.11	Le menu simulation	49
1.12	Le menu Outils	56
1.13	Le menu Visualisation	59
1.14	Le menu Graphiques	63
1.15	Le menu Fenêtre	88
2	PRÉPARATION DES DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES	91
2.1	Données générales des carreaux - Utilisation des cartes topographiques	92
2.2	Données du bassin versant	100
2.3	Les données des rivières	103
2.4	Le traitement de préparation des données physiographiques	104
2.5	Les données physiographiques préparées	108
3	PRÉPARATION DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES - MÉTÉOROLOGIQUES	117
3.1	Le fichier des stations hydrométriques et météorologiques	118
3.2	La base de données hydrométriques et météorologiques	119
3.3	Le traitement des données hydrométriques et météorologiques	121
3.4	Les données hydrométriques et météorologiques préparées	122
3.5	Exemples de données météorologiques et hydrométriques préparées	123
3.6	Autres fichiers de données météorologiques	127
4	PRÉPARATION DES DONNÉES DE QUALITÉ	133
4.1	Le fichier des stations de qualité	134
4.2	La base de données de la qualité de l'eau	134
4.3	Le traitement des données de qualité	135
4.4	Les données de qualité préparées	135
4.5	Exemples de données qualité préparées	137
5	SIMULATION DE QUANTITÉ	139
5.1	Les données météorologiques	140
5.2	Fonction de production	144
5.3	Fonction de transfert	161
5.4	Opération avec barrage	166
5.5	Prévision en temps réel	174
5.6	Simulations diverses	180
5.7	Les paramètres du modèle	180
5.8	Les messages d'avertissement et d'erreur	187
5.9	Ajustement des paramètres du modèle	200
5.10	Optimisation des paramètres	203
5.11	Résultats du programme	212
5.12	Exemple d'utilisation	219
6	LA SIMULATION DE QUALITÉ	241
6.1	Introduction	241
6.2	Modélisation de la température de l'eau en rivière	241
6.3	Modélisation des solides en suspension	248

6.4	Modélisation de l'oxygène dissous et la demande biochimique d'oxygène .....	259
6.5	Modélisation des solides dissous .....	269
6.6	Les paramètres du modèle .....	274
6.7	Les messages d'erreur .....	278
6.8	Résultats du programme .....	281
6.9	Exemple d'utilisation .....	285
6.10	Références .....	288
A	DONNÉES GÉNÉRALES DES CARREAUX .....	293
B	DONNÉES DU BASSIN VERSANT .....	297
C	DONNÉES DES RIVIÈRES .....	301
D	DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES PRÉPARÉES .....	305
E	DONNÉES DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES .	311
F	DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES PRÉPARÉES ...	321
G	DONNÉES DE QUALITÉ .....	331
H	DONNÉES DE QUALITÉ PRÉPARÉES .....	337
I	PARAMÈTRES DE SIMULATION QUANTITÉ .....	341
J	PARAMÈTRES DE SIMULATION DE QUALITÉ .....	417
K	PARAMÈTRES DES DONNÉES DE BARRAGE .....	439
L	FEUILLES DE CODIFICATION DES DONNÉES .....	445



## NOTE

L'Institut national de la recherche scientifique - Eau, Terre et Environnement (ci-après nommé INRS-ETE) exclu toute garantie explicite ou implicite relativement à la qualité du logiciel CEQUEAU, de sa documentation ou à tout autre matériel qui l'accompagne notamment concernant sa performance et son adéquation à un usage particulier. L'utilisateur de ce logiciel en assume l'entière responsabilité quant à sa qualité et sa performance. L'INRS-ETE se réserve le droit de modifier les spécifications et la documentation de ce logiciel sans obligation d'aviser qui que ce soit ni quelque organisme que ce soit de ces modifications.

Compte tenu de la complexité de ce logiciel et du fait qu'il peut contenir des erreurs, il est recommandé à l'utilisateur d'en vérifier les résultats. L'INRS-ETE ou toute autre partie impliquée dans la production ou la distribution de ce logiciel ne pourra être tenue responsable en aucune circonstance de tous dommages directs ou indirects découlant de l'utilisation ou de l'impossibilité d'utilisation de ce logiciel ou de sa documentation et ce même s'ils ont été avisés de l'éventualité de tels dommages. Plus particulièrement mais ne s'y limitant pas, l'INRS-ETE n'assume aucune responsabilité quant aux programmes ou aux données entreposées ou utilisées par ce logiciel, incluant le coût de tels programmes ou données.

Bien que ce manuel ait été rédigé avec le plus grand soin, des erreurs ou des omissions peuvent y être présentes. Il serait apprécié que les lecteurs qui rencontrent de telles erreurs ou omissions en fassent part à l'INRS-ETE.

Le logiciel et sa documentation ne peuvent être copiés, loués, sous-licenciés, modifiés, adaptés, décompilés ou désassemblés, ni subir d'ingénierie à rebours sans l'autorisation explicite de l'INRS-ETE. La traduction du manuel en d'autres langues est permise à condition que le traducteur obtienne au préalable l'autorisation de l'INRS-ETE et qu'il fasse parvenir une copie de sa traduction à l'INRS-ETE. L'INRS-ETE peut reproduire les documents ainsi traduits et les distribuer. Cependant, l'INRS-ETE n'assume aucune responsabilité quant à la qualité et l'exactitude des documents traduits.



# INTRODUCTION

---

Le modèle hydrologique CEQUEAU version 4.0 est un modèle déterministe qui permet de simuler la quantité et la qualité de l'eau en rivière au pas de temps 1, 2, 4,, 6, 8,12 heures ou journalier. C'est un modèle à bilan qui permet de prendre en compte les caractéristiques physiques d'un bassin versant et leurs variations dans l'espace et dans le temps. Ceci est rendu possible par le découpage du bassin versant en éléments carrés, eux-mêmes subdivisés par les lignes de partage des eaux. Le modèle permet de simuler les débits et cinq paramètres de qualité de l'eau en rivière aussi bien aux points de jaugeage qu'en n'importe quel autre point du bassin versant. Il offre de plus la possibilité de simuler l'existence de réservoirs artificiels réels ou fictifs ainsi que leur exploitation.

Le logiciel inclut également un éditeur développé spécialement pour l'édition des fichiers de données utilisées par le modèle. Le logiciel permet la préparation des banques de données physiographiques et de drainage, des données hydro-météorologique et de la qualité de l'eau en rivière. Le logiciel CEQUEAU fonctionne sous l' environnement WINDOWS.

Ce **manuel de référence** est destiné à des hydrologues plutôt qu'à des informaticiens. Cependant, les informations nécessaires à la compréhension des manipulations informatiques sont données.

L'installation de CEQUEAU est expliquée au début du chapitre 1. Ce chapitre montre la structure générale de CEQUEAU, constituée de modules de traitement qui font appel à des données sur fichiers ou sur une base de données. Ce chapitre décrit également le fonctionnement du modèle de simulation de quantité et de qualité CEQUEAU sous l'environnement WINDOWS. Il traite des principes de base qui vous permettront de contrôler efficacement CEQUEAU. Il comprend l'information concernant la gestion d'un projet de simulation et la description de chacune des options de l'environnement CEQUEAU

Le chapitre 2 explique la préparation des banques de données physiographiques nécessaires aux programmes de simulation hydrologique et de qualité de l'eau en rivière. Un exemple complet de préparation d'un bassin versant y est montré.

Les chapitres 3 et 4 expliquent respectivement la préparation des banques de données météorologiques et hydrométriques et des banques de données de qualité de l'eau en rivières.

Le chapitre 5 présente les équations de base du modèle hydrologique et explique en détails les options et les paramètres du modèle. Pour illustrer les entrées et les sorties du modèle, des exemples d'applications sur trois bassins versants sont utilisés. Les données de ces bassins versants sont fournies avec le logiciel.

Le chapitre 6 présente les équations de base du modèle de qualité de l'eau en rivière et explique les paramètres du modèle. Pour illustrer les entrées et les sorties du modèle, un exemple fictive d'applications sur un petit bassin versant est montré. Les données fictives utilisées sont fournies avec le logiciel.

Finalement, les annexes donnent la liste et le format des données utilisées pour la préparation des données pour les simulations hydrologique et de qualité de l'eau.

Les principales modifications apportées à la version 4.0 du modèle CEQUEAU sont:

- C modifications des vecteurs et matrices pour permettre l'usage de:
  - 1 000 carreaux entiers
  - 2 500 carreaux partiels
  - 50 stations hydrométriques réelles, avec ou sans barrage
  - 100 stations hydrométriques fictives avec ou sans barrage fictif
  - 100 stations météorologiques;
  
- C possibilité d'introduire la spatialisation des principaux paramètres de la fonction de production soit STRNE, TFC, TFD, TSC, TSD, TTS pour les paramètres liés à la fonte de neige, CIN, CVNB, CVNH, CVSI et HINF, HINT, HNAP, HRIMP, HSOL et HRIMP pour les coefficients et les hauteurs de vidange des réservoirs. Les paramètres TRI, pourcentage de surface imperméable et HPOT hauteur d'eau nécessaire dans le réservoir SOL pour permettre l'évapotranspiration à taux potentiel, peuvent également être variable sur le bassin versant;
  
- C permettre la prise en compte de l'évaporation des réservoirs réels et fictifs et des rivières en estimant la surface d'eau en fonction du volume d'eau dans les réservoirs et des débits dans les rivières;
  
- C permettre le retrait de l'eau des retenues pour l'approvisionnement en eau potable et pour l'irrigation en fonction de niveaux-seuils;
  
- C permettre les retours en rivière d'une fraction des prélèvements.
  
- C simulation possible avec des pas de temps de: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 or 24 heures.
  
- C le logiciel offre la possibilité de choisir le langage pour les fenêtres à l'écran et pour l'impression des graphiques. Les langues présentement disponible sont: l'Anglais, l'Espagnol, le Français, le Polonais et le Portugais.
  
- C la version 4.0 du modèle CEQUEAU permet la prévision des débits à court et à moyen terme avec différentes méthodes de mise à jour
  
- C dans la fenêtre Projet le menu Outils a été introduit pour permettre d'estimer les coefficients de la formule de Thornthwaite ou de lancer le programme d'optimisation des paramètres.

# 1

## GUIDE DE L'UTILISATEUR

---

Ce chapitre décrit le fonctionnement du modèle de simulation de quantité et de qualité CEQUEAU sous l'environnement WINDOWS. Il traite des principes de base qui vous permettront de contrôler efficacement CEQUEAU. Il comprend l'information concernant la gestion d'un projet de simulation et la description de chacune des options de l'environnement CEQUEAU

### 1.1 L'installation de CEQUEAU

CEQUEAU pour Windows doit être installé sur un disque rigide qui dispose d'au moins 12 MO d'espace libre, sans compter l'espace qui sera nécessaire aux projets de simulation.

Pour installer le programme CEQUEAU, ou pour faire une mise à jour, lancez le programme d'installation SETUP.EXE qui se trouve sur le disque d'installation de CEQUEAU et suivez les instructions. Par défaut l'installation est faite dans le dossier C:\CEQWIN.

L'installation créera également trois sous dossiers contenant les fichiers des données pour les rivières Eaton, Mistassibi et Chicoutimi Aux Sables. Les sous dossiers créés sont par défaut: C:\CEQWIN\EATON, C:\CEQWIN\MISBI et C:\CEQWIN\KENOGAMI.

Si une installation de CEQUEAU a déjà été effectuée dans le dossier d'installation que vous choisissez, la version antérieure sera remplacée.

Consultez également les recommandations les plus récentes sur CEQUEAU qui sont fournies, s'il y a lieu, dans le fichier LISEZMOI.TXT.

## 1.2 Structure général de CEQUEAU

La Figure 1.1 montre la structure générale de CEQUEAU, constituée de modules de traitement qui font appel à des données sur fichiers et sur une base de données (la base de données peut être remplacée par des fichiers).

### 1.2.1 Les modules de traitement

Les modules de traitements se divisent en deux groupes; les modules de préparation des données et les modules de simulation:

#### 1) modules de préparation des données

- **Données physiographiques**  
Ce module sert à la préparation des données physiographiques nécessaires aux modules de simulation. Ce traitement est détaillé au Chapitre 2.
- **Données hydrométriques et météorologiques**  
Ce module sert à la préparation des données hydrométriques et météorologiques nécessaires aux modules de simulation. Il permet également le calcul des moyennes mensuelles de ces mêmes données. Ce traitement est détaillé au Chapitre 3.
- **Données de qualité**  
Ce module sert à la préparation des données de qualité de l'eau en rivière nécessaire au module de simulation quantité-qualité. Ce traitement est détaillé au Chapitre 4.

#### 2) modules de simulation

- **Simulation de la quantité**  
Ce module exécute la simulation de la quantité à partir du modèle hydrologique CEQUEAU. Ce traitement est détaillé au Chapitre 5.
- **Simulation de la quantité et de la qualité**  
Ce module exécute la simulation de la quantité et de la qualité à partir du modèle hydrologique quantité-qualité CEQUEAU. Ce traitement est détaillé au Chapitre 6.

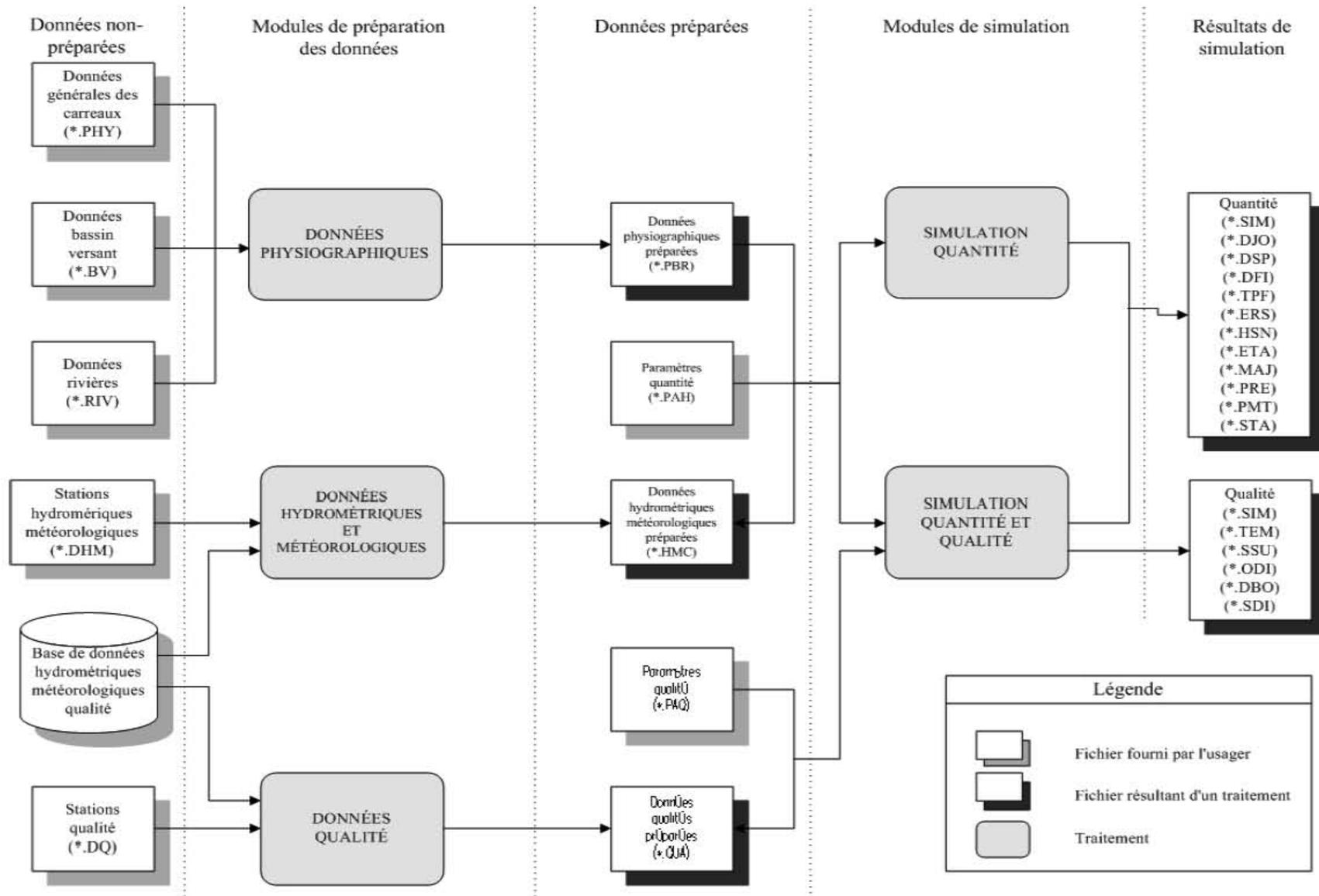


Figure 1.1 Structure général de CEQUEAU

## 1.2.2 Les fichiers de données

Les modules décrits précédemment tirent leur information de fichiers de données qui peuvent être de trois types; les fichiers de données non préparées, les fichiers de données préparées et les fichiers de résultats. Les fichiers de données non préparées sont structurés de manière à être facilement exploitables par l'utilisateur. L'ordre de présentation de l'information y est souvent peu rigoureux et la redondance de l'information ou les données manquantes y sont tolérées à plusieurs endroits.

Les modules de simulation exigent, quant à eux, des données dans un ordre très précis, selon un format très rigoureux, sans aucune donnée manquante. Ce sont les données préparées qui peuvent être produites à partir des fichiers de données non-préparées par l'entremise des trois modules de préparation de données décrits précédemment. Seuls deux fichiers de données préparées ne résultent pas d'un traitement de préparation, soient les fichiers des paramètres de quantité (extension PAH) et celui des paramètres de qualité (extension PAQ). Ces fichiers doivent être générés directement par l'utilisateur en utilisant l'éditeur de données de CEQUEAU. Pour la prévision des débits en temps réel le modèle exige en plus quelques fichiers de données qui seront détaillés au chapitre 5.

Les trois types de données sont:

### 1) Les données non-préparées

#### a) Données physiographiques

- **Données générales des carreaux**

Les données générales des carreaux sont utilisées pour déterminer les constantes physiques du modèle et pour schématiser l'écoulement de l'eau sur le bassin versant. Ce fichier doit contenir les données physiographiques de tous les carreaux entiers constituant le bassin versant. Ces données ont des valeurs fixes et proviennent généralement des cartes topographiques du bassin versant.

Ce fichier porte normalement le nom du bassin suivi de l'extension *PHY*.

- **Données du bassin versant**

Les données du bassin versant sont utilisées pour produire le bassin versant à étudier à partir des données générales des carreaux du fichier cité plus haut.

Ce fichier porte normalement le nom du bassin suivi de l'extension *BV*.

- **Données des rivières**

Les données des rivières fournissent l'information relative aux rivières du bassin versant à étudier. Ce fichier est optionnel. Si aucun fichier de rivières n'est spécifié lors de la préparation des données physiographiques, les données relatives aux rivières seront calculées.

---

Ce fichier porte normalement le nom du bassin suivi de l'extension *RIV*.

## b) Données hydrométéorologiques et de qualité

### ● Données périodes et stations - quantité

Ce fichier contient les numéros des stations météorologiques et hydrométriques dont les données doivent être obtenues de fichiers ou de la base de données ainsi que la période pour laquelle ces données sont requises.

Les données météorologiques qui seront soutirées de la base de données sont des données d'entrée du modèle tandis que les données hydrométriques ne sont utilisées que pour la vérification ultérieure des débits simulés, lors de l'ajustement des paramètres du modèle. Ces informations serviront à préparer le fichier de données utilisé pour la simulation de quantité et de qualité. Le pas de temps de ces données est de 1, 2, 4, 6, 8, 12 ou 24 heures.

Ce fichier porte normalement le nom du bassin suivi de l'extension *DHM*.

### ● Données période et stations - qualité

Ce fichier contient les numéros des stations nécessaire à l'obtention des données de qualité à partir de fichiers ou d'une base de données ainsi que la période pour laquelle ces données sont requises. Ces informations serviront à préparer le fichier de données utilisé pour la simulation de la qualité de l'eau en rivière. Le pas de temps de ces données est la journée.

Ce fichier porte normalement le nom du bassin suivi de l'extension *DQ*.

## 2) Données préparées

### a) Données physiographiques préparées

Ce fichier est obtenu de la préparation des données physiographiques. Il servira aux simulations de quantité et de qualité.

Ce fichier porte normalement le nom du bassin suivi de l'extension *PBR*.

### b) Données hydrométriques et météorologiques préparées

Ce fichier est obtenu de la préparation des données hydrométriques et météorologiques. Il servira aux simulations de quantité et de qualité.

Ce fichier porte normalement le nom du bassin suivi de l'extension *HMC*.

### c) Données de qualité préparées

Ce fichier est obtenu de la préparation des données de qualité. Il servira aux simulations de qualité.

Ce fichier porte normalement le nom du bassin suivi de l'extension *QUA*.

**d) Paramètres et options du modèle**● **Modèle de quantité**

Ce fichier contient les paramètres et options qui seront utilisés pour les simulations de quantité. Les valeurs de ces paramètres peuvent varier d'un essai de simulation à l'autre.

Ce fichier porte normalement le nom de l'essai suivi de l'extension *PAH*.

● **Modèle de qualité**

Ce fichier contient les paramètres et options qui seront utilisés pour les simulations de qualité. Les valeurs de ces paramètres peuvent varier d'un essai de simulation à l'autre.

Ce fichier porte normalement le nom de l'essai suivi de l'extension *PAQ*.

**3) Résultats de simulation****a) Résultats de simulation de quantité**

Ces fichiers seront créés afin de recevoir les résultats des simulations de quantité. Ils portent normalement un nom qui identifie bien à quel bassin et essai ils appartiennent et qui laisse également la place à plusieurs fichiers de résultats de simulation. Par exemple, dans le cas d'une simulation sur la rivière Eaton, on pourra nommer les fichiers des résultats *EATON1* pour la première simulation, *EATON2* pour la deuxième simulation, etc. On peut ainsi conserver tous les résultats de simulations qui nous intéressent. Si vous spécifiez un nom de fichier déjà existant, vous serez prévenu avant que ce fichier ne soit écrasé.

Chaque fichier créé porte une extension qui identifie le contenu du fichier. Pour les simulations de quantité on retrouve les fichiers:

- .SIM Fichier des résultats généraux
- .DJO Fichier des débits ou niveaux observés et calculés aux stations réelles
- .DSP Fichier des données spatiales
- .DFI Fichier des débits ou niveaux calculés aux stations fictives (optionnel)
- .TPF Fichier des températures, pluie et fonte sur les bassins versants
- .ERS Fichier des erreurs. Existe seulement si il y a des erreurs de simulation
- .HSN Fichier des niveaux d'eau dans les réservoirs SOL et NAPPE
- .ETA Fichier des variables d'état du modèle pour la mise à jour manuelle (optionnel)
- .MAJ Fichier des mises à jour manuelles (optionnel)
- .PRE Fichier des débits prévus à court terme (optionnel)
- .PMT Fichier des débits prévus à moyen terme (optionnel).
- .PMR Fichier des débits prévus à moyen terme aux stations réelles (optionnel).
- .PMF Fichier des débits prévus à moyen terme aux stations fictives (optionnel).
- .STA Fichier des statistiques des débits observés et simulés aux stations

**b) Résultats de simulation de qualité**

Pour les simulations de qualité on retrouve les fichiers des résultats généraux, des erreurs et des paramètres de qualité de l'eau que l'on a simulé. Ces fichiers sont:

- .SIM Fichier des résultats généraux
- .ERS Fichier des erreurs. Existe seulement si il y a des erreurs de simulation
- .TEC Fichier des températures de l'eau observées et calculées
- .SSC Fichier des solides en suspension observées et calculées
- .ODC Fichier de l'oxygène dissous observées et calculées
- .DBC Fichier de la demande biochimique en oxygène observées et calculées
- .SDC Fichier des solides dissous observées et calculées

**1.2.3 Organisation de l'information dans les fichiers**

L'information contenue dans les fichiers fournis par l'usager ( fichiers PHY, BV, RIV, DHM, DQ, PAH, PAQ) est organisée sous forme de lignes de données appelées *vecteurs*. Chaque vecteur contient l'information relative à un sujet en particulier et débute par un mot-clé de dix caractères au maximum. Le mot-clé occupe les dix premières colonnes du vecteur et réfère au sujet qui relie les données occupant les colonnes qui suivent.

Chaque donnée constituant un vecteur est contenue dans un *champ* lui-même identifié par une variable unique. Voici un exemple de vecteur contenant six données:

Vecteur STAPRIN donnant les informations de la station réelle ou fictive de l'exutoire d'un bassin versant.

1	11	14	17	19	20	22
STAPRIN	I	J	B	C1	B	NOSTA
AI0	I3	I3	A2	A1	A2	I7

Variable	Colonnes	Signification
I	11-13	Abscisse du carreau entier de la station réelle ou fictive de l'exutoire.
J	14-16	Ordonné du carreau entier de la station réelle ou fictive de l'exutoire.
B	17-18	Blanc
C1	19	Code de la parcelle de la station réelle ou fictive de l'exutoire.
B	20-21	Blanc
NOSTA	22-28	Numéro de station.

Comme on le voit dans l'exemple, chaque champ (première ligne du tableau de description du vecteur) est associé à un format précis (deuxième ligne) auquel doit se conformer la donnée qu'il contient.

Les formats suivants peuvent définir un champ.

- **Format I**

Le format I est associé à la lecture d'un entier. La lecture d'un entier en format I demande de toujours justifier le nombre à droite.

- **Format F**

Le format F est associé à la lecture d'un nombre réel. La justification n'est pas nécessaire pour un nombre réel (format F), à condition d'inclure le point décimal. Ainsi, les deux représentations suivantes du nombre 1.23 sont équivalentes:

T T T 1 T . T 2 T 3 T T	T T T T T T 1 T . T 2 T 3
F10.3	F10.3

Il est également possible de fournir dans un format F (réel) un nombre sous forme E (semi-exponentiel). Les deux présentations suivantes sont équivalentes:

T 0 T . T 0 T 0 T 0 T 0 T 5 T 4 T 3	T T 5 T . T 4 T 3 T E T - T 5
F10.3	F10.3

Par contre, il est nécessaire de justifier l'exposant à droite. Ainsi:

T T 5 T . T 4 T 3 T 0 T E T - T 5
F10.3

signifie  $5.43 \cdot 10^{-50}$ .

- **Format A**

Le format A est associé à la lecture sous format alphanumérique. L'information doit être justifiée à gauche.

---

Les vecteurs de données peuvent se répartir en trois groupes:

- **Les vecteurs obligatoires**  
Les vecteurs obligatoires doivent toujours faire partie du fichier de données et leur ordre ne doit pas être modifié.
- **Les vecteurs facultatifs**  
Ces vecteurs permettent de fournir de l'information optionnelle aux modules de préparation de données ou de traitement. Il peuvent ou non être présents.
- **Les vecteurs induits**  
Les paramètres des vecteurs obligatoires ou facultatifs imposent quelquefois la lecture de nouveaux vecteurs appelés induits. Ces derniers doivent être insérés à un endroit précis dans l'ordre des vecteurs d'un fichier.

L'éditeur de données de CEQUEAU (Section 1.7) permet de gérer facilement les vecteurs constituant les différents fichiers.

## 1.3 L'environnement CEQUEAU

L'environnement CEQUEAU (Figure 1.2) est constitué des barres de titre, de menu, de boutons, d'état et d'une zone client où viendront se loger les fenêtres de projet et de graphiques.

La barre de menu offre l'accès à la plupart des fonctions du logiciel par l'entremise de sept menus accessibles en cliquant à l'aide de la souris. Les items constituant un menu peuvent être suivis d'un signe donnant un indice du développement qui en découle: trois points (...) indiquent l'ouverture d'une boîte de dialogue, un pointeur de menu (O) indique l'ouverture d'un menu en cascade. Une absence de signe indique une action.

Chaque élément comporte également une lettre mnémorique (soulignée) qui offre accès à un menu ou à ses items à partir du clavier, la touche *ALT* donnant accès à la barre de menu.

Le menu Projet (Section 1.5) concerne la gestion des fichiers du projet et des paramètres d'environnement du logiciel.

Le menu Données (Section 1.6) permet l'édition des données élémentaires à partir de l'éditeur de données de CEQUEAU (Section 1.7) Il permet également la représentation des paramètres hydrologiques du modèle sous la forme du schéma de production.

Le menu Préparation (Section 1.10) donne accès aux fonctions de préparation des données pour les simulations. Le menu Simulation (Section 1.11) permet de lancer les simulations alors que le menu Outils (Section 1.12) donne accès à différents utilitaires de calcul.

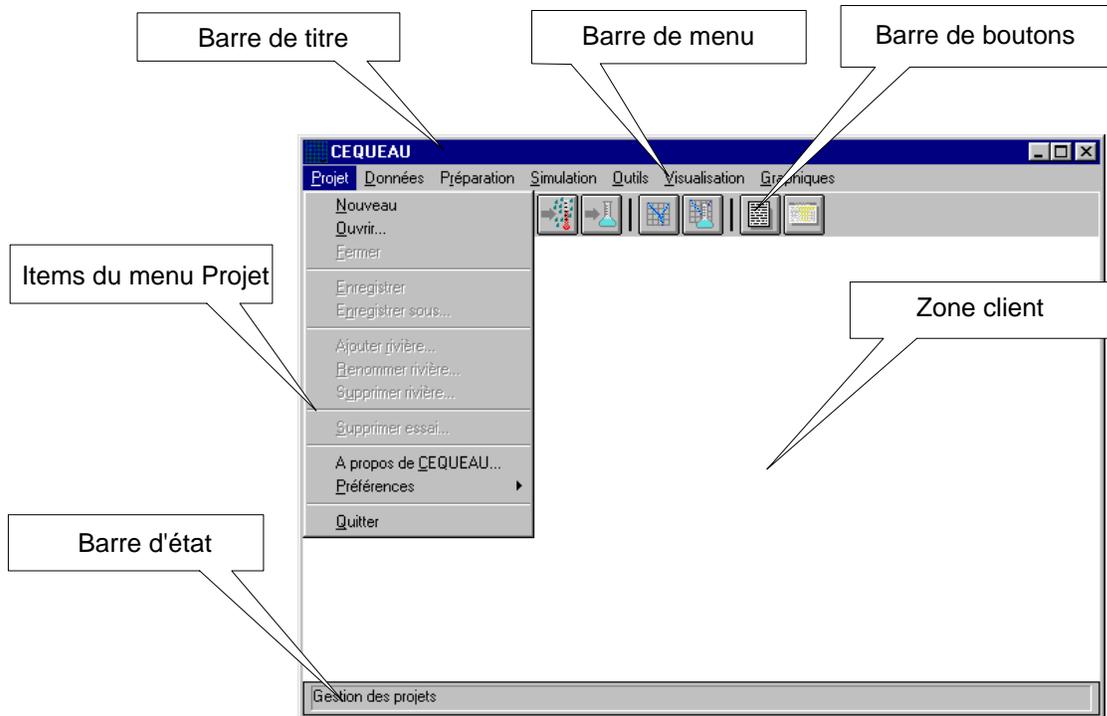


Figure 1.2 L'environnement CEQUEAU

Le menu Visualisation (Section 1.13) sert à visualiser, avec l'éditeur de votre choix, les fichiers intermédiaires créés lors de la préparation des données ainsi que les fichiers des résultats de simulation.

Finalement, le menu Graphiques (Section 1.14) vous permet de produire divers types de graphiques présentant les résultats de vos simulations.

Un huitième menu, Fenêtre, (Section 1.15) vient s'ajouter lorsque des fenêtres de projet ou de graphique sont créées.

La barre de boutons vous donne un accès rapide aux commandes, les plus utilisées, de la barre de menu. La barre d'état indique la fonction d'un bouton de la barre de boutons ou d'un item de la barre de menu sur lequel le pointeur de la souris est positionné.

## 1.4 Le projet CEQUEAU

Un projet CEQUEAU est constitué d'un ou plusieurs bassins. Chaque bassin correspond à un bassin versant à simuler et est définie par un ensemble de fichiers de données ainsi qu'une liste de noms d'essais correspondant aux simulations effectuées.

La Figure 1.3 montre la fenêtre de projet CEQUEAU, contenant les bassins Eaton et Mistassibi (nommé Misbi). Les bassins sont regroupées dans un projet sous la forme de pages, chacune contenant les informations relatives à chaque bassin. Dans cet exemple, les bassins Eaton et Misbi font partie du projet Exemple.

Vous pouvez passer d'une bassin à l'autre en cliquant sur les onglets affichant le nom des bassins. On regroupe habituellement les bassins d'une même région à l'intérieur du même projet. Un tel regroupement des bassins, en plus d'offrir une gestion plus structurée des données reliées aux bassins versants d'une région, offre la possibilité de lancer des traitements de préparation de données ou de simulation sur plusieurs bassins à la fois, en une seule opération.

La gestion des projets et des bassins est décrite à la Section 1.5.

Chaque bassin est constitué des quatre éléments suivants :

- Le texte de description
- Les nom des fichiers des données physiographiques
- Les nom des fichiers des données hydrométéorologiques et de qualité
- Les nom des essais de simulations

Le champ Description vous offre la possibilité de conserver un texte concernant le bassin. Par exemple, ce champs constitue un endroit approprié pour conserver des notes concernant les divers essais de simulation appartenant au bassin. La longueur de ce champ est limitée à 1000 caractères.

Les noms des fichiers des groupes des données physiographiques et hydrométéorologiques et de qualité sont définis dans les champs de saisi "Nom de fichier". Pour entrer un nom dans ces champs, vous devez activer ce champ en cliquant avec la souris ou en utilisant les touches TAB ou SHIFT-TAB. Tous les noms de fichiers que vous spécifiez dans les champs de saisie doivent inclure le dossier si ce dernier est différent de celui spécifié dans les préférences pour le bassin en cours (Section 1.5.11).

Les fonctions du presse-papiers (copier et coller) sont accessibles à partir du clavier dans tous les champs de la fenêtre de projet. Il est possible, par exemple, de copier le texte d'un champ vers un autre à l'aide des touches CTRL INS et SHIFT INS. Si vous n'êtes pas familier avec les fonctions du presse-papiers, consultez l'aide de Windows.

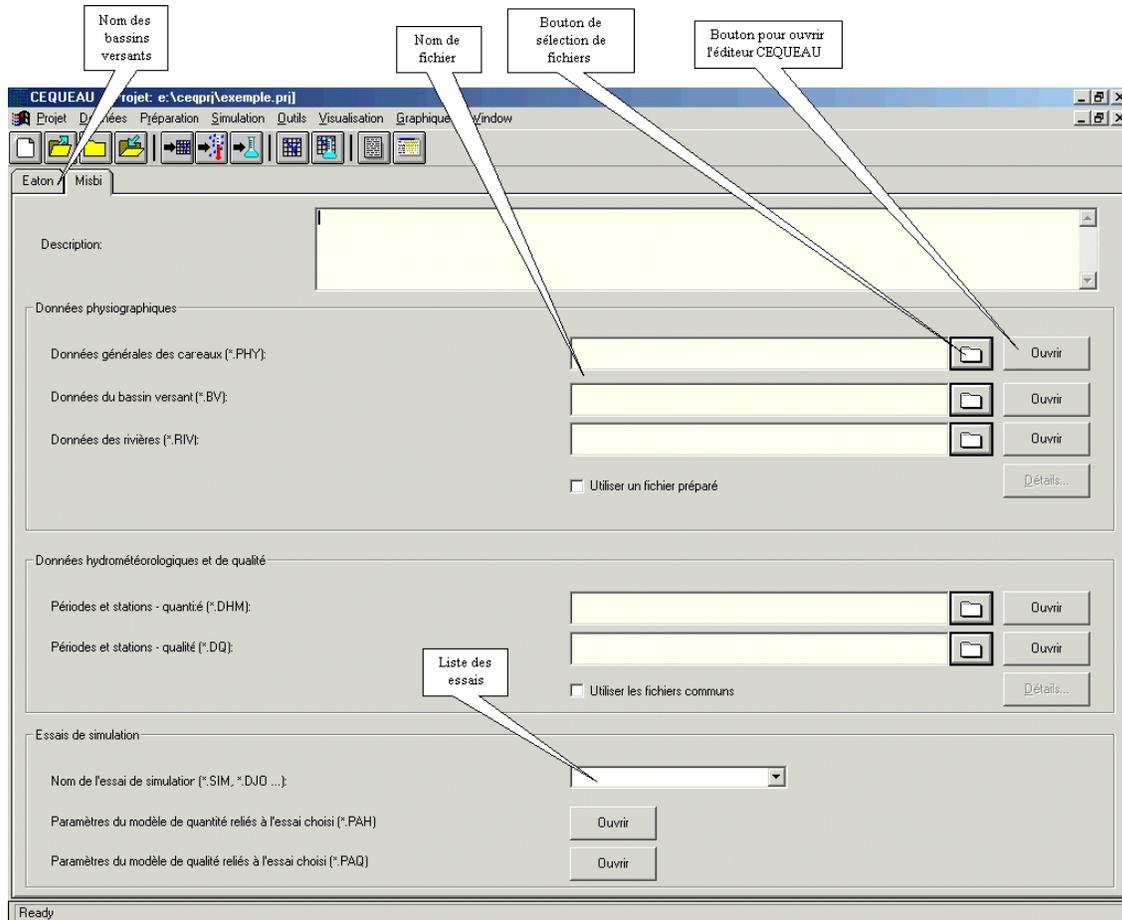


Figure 1.3 La fenêtre de projet CEQUEAU

Vous pouvez éviter de taper le nom du fichier en utilisant le bouton de sélection de fichier situé à droite de chacun des champs de saisi. Ce bouton amène la boîte de dialogue de sélection de fichiers qui permet de choisir facilement le fichier voulu (Figure 1.4).

Pour spécifier un nom de fichier à l'aide du bouton de sélection:

- 1 Cliquez sur le bouton de sélection de fichier du champ approprié.
- 2 Utilisez la zone Fichiers pour trouver et sélectionner le fichier voulu.
- 3 Choisissez Ouvrir.



**Figure 1.4 La fenêtre de dialogue de sélection de fichiers**

Les boutons d'ouverture de l'éditeur CEQUEAU, permettent d'éditer les fichiers de données d'entrée du modèle à l'aide de l'éditeur de données de CEQUEAU. Pour plus de détails sur l'éditeur de données, consultez la Section 1.7.

Vous pouvez ouvrir ou créer un nouveau projet à partir du menu Projet. Cependant, dès qu'un nouveau projet est appelé et qu'un projet est en cours, ce dernier est automatiquement fermé.

Les champs inclus dans les trois groupes suivant servent à nommer les différents fichiers constituant un projet.

### 1.4.1 Les fichiers de données physiographiques

Le groupe des fichiers "Données physiographiques" contient les noms des fichiers qui seront utilisés pour préparer le fichier des données physiographiques et de drainage du bassin versant. Les trois fichiers sont:

#### **Données générales des carreaux**

Les données générales des carreaux sont utilisées pour déterminer les caractéristiques physiques du bassin versant et en schématiser l'écoulement de l'eau. Ce fichier contient les données physiographiques de tous les carreaux entiers constituant le bassin versant. Ces données ont des valeurs fixes et proviennent généralement des cartes topographiques du bassin versant. Pour plus de détails, consulter le chapitre 2.

Ce fichier porte habituellement le nom du bassin suivi de l'extension PHY.

#### **Données du bassin versant**

Les données du bassin versant sont utilisées pour produire le bassin versant à étudier à partir des données générales des carreaux contenues dans le fichier cité plus haut. Pour plus de détails, voir le chapitre 2.

Ce fichier porte habituellement le nom du bassin suivi de l'extension BV.

#### **Données des rivières**

Dans ce fichier on introduit les données relatives aux rivières du bassin versant à étudier. Ce fichier est optionnel. Si aucun fichier de rivières n'est spécifié lors de la préparation des données physiographiques, les données relatives aux rivières seront calculées. Pour plus de détails, voir le chapitre 2.

Ce fichier porte habituellement le nom du bassin suivi de l'extension RIV.

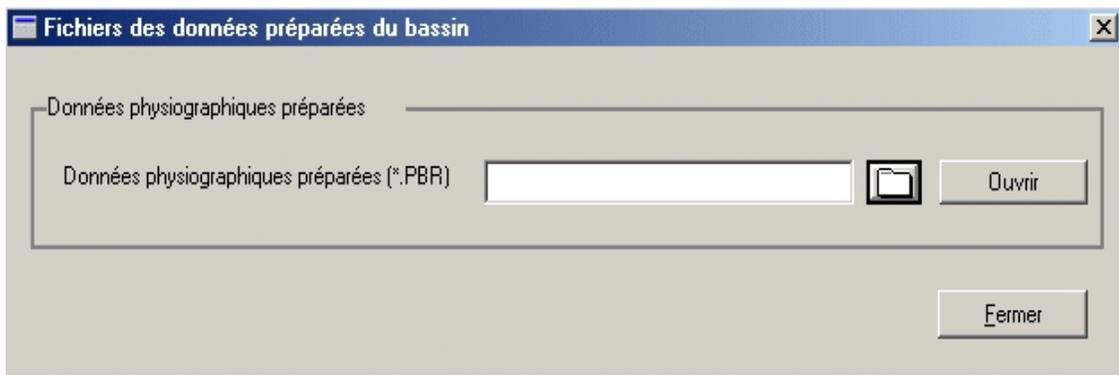
### **1.4.1.1 L'utilisation d'un fichier des données physiographiques préparées**

Dans certains cas, il peut s'avérer avantageux d'utiliser un fichier des données physiographiques préparées déjà disponible, sans passer par le traitement de préparation des données physiographiques

La case à cocher **Utiliser un fichiers préparé** contenu dans le groupe "Données physiographiques" de chaque bassin permet de spécifier que vous désirez utiliser un fichier pour les données physiographiques préparées différent de celui normalement associé au bassin. Le bouton **Détails** fait apparaître la boîte de dialogue (Figure 1.5) qui permet de spécifier le nom de ce fichier. L'utilisation des champs de saisie dans cette boîte de dialogue est semblable à celle des champs contenues dans la fenêtre Projet d'un Bassin.

### **1.4.2 Les fichiers de données hydrométéorologiques et de qualité**

Le groupe des fichiers "Données hydrométéorologiques et de qualité" contient les noms des fichiers qui seront utilisés pour préparer le fichier des données hydrométéorologiques et le fichier des données de qualité de l'eau en rivière. Les deux fichiers sont:



**Figure 1.5 La Fenêtre de dialogue de sélection du fichier des données physiographiques préparées**

#### **Périodes et stations - quantité**

Ce fichier contient les numéros des stations météorologiques et hydrométriques dont les données doivent être obtenues à partir de fichiers ainsi que la période pour laquelle ces données sont requises. Ces informations serviront à préparer le fichier de données hydrométéorologiques préparées utilisé pour les simulations de quantité et de qualité.

Les données météorologiques qui seront tirées des fichiers constituent des données d'entrée du modèle alors que les données hydrométriques seront utilisées pour l'ajustement des paramètres du modèle et pour la vérification des résultats. Pour plus de détails, voir le chapitre 3.

Ce fichier porte habituellement le nom du bassin suivi de l'extension DHM.

#### **Périodes et stations - qualité**

Ce fichier contient les numéros des stations de qualité de l'eau en rivière dont les données doivent être obtenues à partir de fichiers ainsi que la période pour laquelle ces données sont requises. Ces informations serviront à préparer le fichier de données utilisées pour la simulation de qualité. Pour plus de détails, voir le chapitre 4.

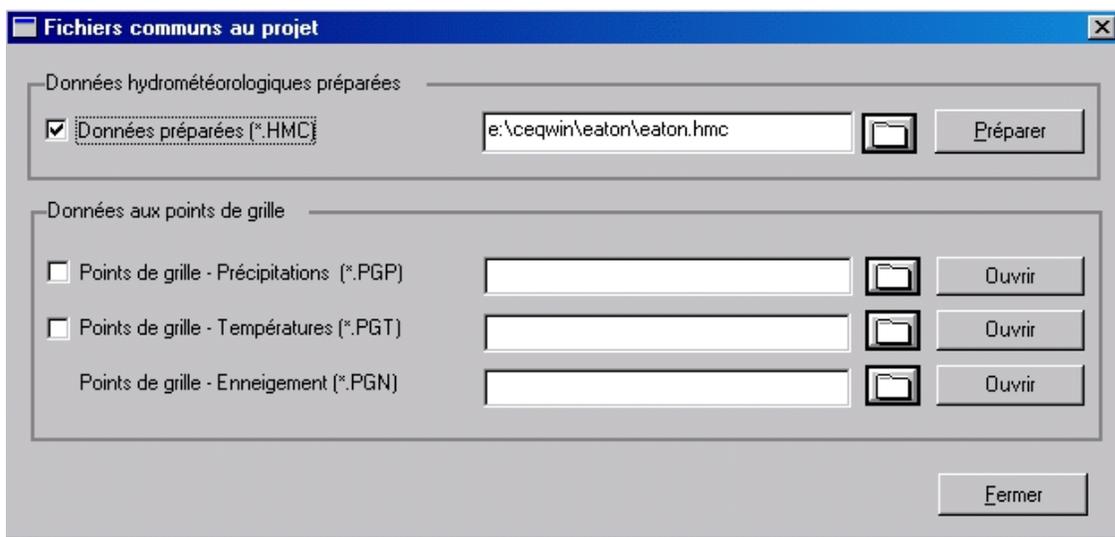
Ce fichier porte habituellement le nom du bassin suivi de l'extension DQ.

#### **1.4.2.1 Les champs de saisie des fichiers hydrométéorologiques communs**

Dans le cas où plusieurs bassins d'une même région composent un même projet, il est souvent avantageux d'utiliser des fichiers des données hydrométéorologiques communs.

Ces fichiers contiennent habituellement l'information relative à l'ensemble des bassins qui sont contenues dans le projet.

La case à cocher **Utiliser les fichiers communs** contenu dans chaque bassin permet, une fois cochée, de spécifier, pour le bassin en cours, que l'on désire utiliser un ou plusieurs fichiers communs au projet. Le bouton **Détails** fait apparaître la boîte de dialogue des fichiers communs (Figure 1.6). L'utilisation des champs de saisie dans cette boîte de dialogue est semblable à celle des champs contenues dans la fenêtre Projet d'un bassin.



**Figure 1.6 La boîte de dialogue des fichiers communs**

Les noms de fichiers contenus dans les champs de saisie des fichiers communs font partie du projet en cours. La boîte de dialogue affiche donc les mêmes noms de fichiers, peu importe le bassin à partir de laquelle vous l'appellez. Cependant, vous devez spécifier les fichiers communs que vous désirez utiliser pour le bassin en cours en activant les cases à cocher situées à gauche de chaque champ de saisie commun. L'utilisation des fichiers communs, définie par les cases à cocher, est donc spécifique à chaque bassin.

Les champs inclus dans les deux groupes suivants servent à nommer les différents fichiers communs à un projet:

### 1.4.2.1.1 Les fichiers communs des données hydrométéorologiques préparées

#### Données préparées (\*.HMC)

Le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées, correspond au fichier qui découle du traitement de préparation des données hydrométéorologiques (Section 1.10.2). Lorsque ce fichier est sélectionné, il remplace le fichier des données hydrométéorologiques préparées associé au bassin.

Ce fichier peut être préparé à partir de la boîte de dialogue des fichiers communs en appuyant sur le bouton Préparer. La fenêtre qui en découle (Figure 1.7) permet de spécifier le fichier des périodes et stations (extension DHM) et le nom du fichier des données préparées (extension HMC).

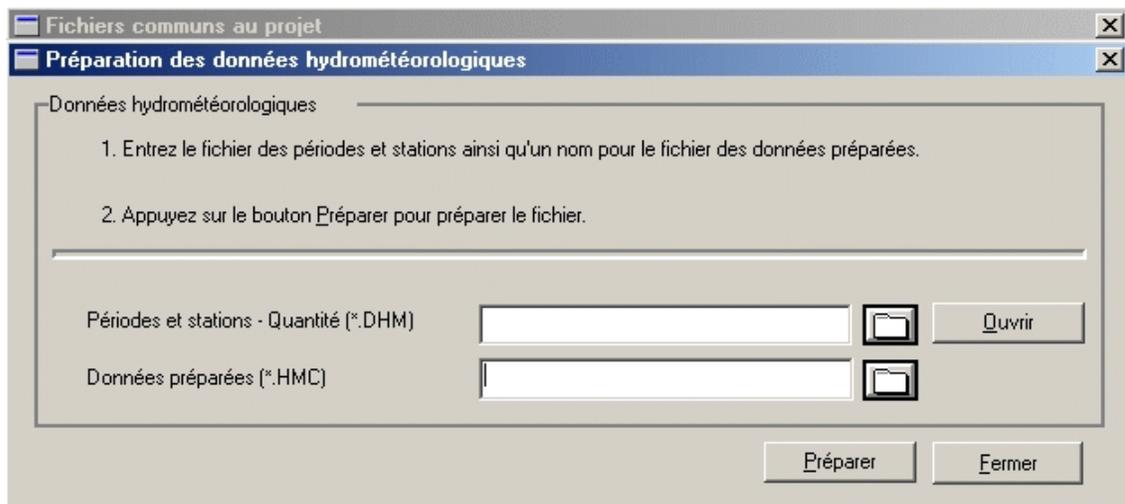


Figure 1.7 La boîte de dialogue de la préparation des données hydrométéorologiques des fichiers communs

### 1.4.2.1.2 Fichiers des données aux points de grille

#### Données des précipitations

Ce fichier utilisé pour la prévision des débits, fournit les données de prévisions des précipitations à certains endroits où les prévisions sont disponibles. Ces endroits sont appelés points de grille. Le fichier des données de précipitations aux points de grille contient les coordonnées I-J des points en fonction du découpage du bassin versant

défini dans le fichier des données générales des carreaux (extension PHY). Ces coordonnées sont suivies des valeurs des précipitations pour chaque pas de temps de prévision, et ce pour chaque point de grille.

Ce fichier porte habituellement le nom du bassin suivi de l'extension PGP.

#### **Données des températures**

Ce fichier utilisé pour la prévision des débits, fournit les données de prévision des températures de l'air à certain endroit où des prévisions sont disponibles. Ces endroits sont appelés points de grille. Le fichier des données de températures aux points de grille contient les coordonnées I-J des points en fonction du découpage du bassin versant défini dans le fichier des données générales des carreaux (extension PHY). Ces coordonnées sont suivies des valeurs des températures maximum et minimum pour chaque pas de temps de prévision, et ce pour chaque point de grille. Son format est le même que celui du fichier des données des précipitations. Le nombre de points de grille avec des données de températures de l'air peut cependant être différent de celui des précipitations.

Ce fichier porte habituellement le nom du bassin suivi de l'extension PGT.

#### **Données de l'enneigement**

Ce fichier est utilisé pour la comparaison du manteau nival calculé par le modèle et les données provenant des satellites. Le fichier d'enneigement sur les carreaux entiers contient les coordonnées I-J des carreaux en fonction du découpage du bassin versant défini dans le fichier des données générales des carreaux (extension PHY). Ces coordonnées sont suivies du pourcentage de couverture de neige pour chaque carreau entier, estimé à l'aide des données de satellite pour différentes dates.

Ce fichier porte habituellement le nom du bassin suivi de l'extension PGN.

### **1.4.3 Les essais de simulation**

Le groupe, "Essais de simulation", contient le champ "Nom de l'essai de simulation" qui permet à l'utilisateur de nommer les fichiers qui résultent d'une simulation ainsi que les fichiers des paramètres utilisés par cette simulation.

#### **Nom de l'essai de simulation**

Les fichiers des paramètres du modèle ainsi que les fichiers créés lors des simulations de quantité ou de quantité et qualité porteront le nom indiqué dans ce champ, suivi des extensions déterminées par CEQUEAU. Ils seront générés dans le dossier spécifié

dans les préférences du bassin en cours (Section 1.5.11.1). Ainsi, vous pouvez lancer une nouvelle simulation, tout en conservant les paramètres et les résultats des simulations précédentes, simplement en écrivant un nouveau nom dans ce champ. C'est également ce champ qui permet à CEQUEAU d'identifier l'essai auquel sera relié un graphique appelé à partir du menu Graphique (Section 1.14).

On utilise normalement un nom qui identifie bien le projet auquel l'essai appartient, tout en laissant la place à plusieurs résultats de simulation. Par exemple, dans le cas d'une simulation sur la rivière Eaton, on nommera l'essai de simulation EATON1 pour la première simulation. En renommant les simulations suivantes EATON2, EATON3, etc, on peut conserver tous les résultats. Si vous spécifiez un nom d'essai déjà existant, vous serez prévenu avant que les fichiers correspondants ne soient écrasés par une nouvelle simulation. La longueur du champ pour le nom de l'essai est limitée à huit caractères.

Il est également possible de spécifier rapidement le nom d'un essai pour lequel une simulation a déjà été effectuée en utilisant la liste des essais. Pour ce faire, appuyez sur le bouton à droite du champ. Vous pouvez alors sélectionner l'essai de votre choix dans la liste qui apparaît. Cette liste montre tous les essais contenus dans le dossier du bassin en cours.

#### **Paramètres du modèle de quantité reliés à l'essai choisi**

Cet item réfère aux paramètres et options nécessaires à la simulation de quantité qui sont associés à l'essai de simulation choisi. Pour plus de détails, voir la section 5.4.

#### **Paramètres du modèle de qualité reliés à l'essai choisi**

Cet item réfère aux paramètres et options nécessaires à la simulation de quantité et qualité qui sont associés à l'essai de simulation choisi. Pour plus de détails, voir le chapitre 6.

Pour plus de détails concernant la création et la modification des fichiers de paramètres, consultez les Sections 1.7, 1.8 et 1.9.

## **1.5 Le menu Projet**

Le menu **P**rojet (Figure 1.8) vous donne accès à tous les items reliés à la gestion d'un projet de simulation. C'est également à partir de ce menu que vous pourrez changer les préférences de CEQUEAU.

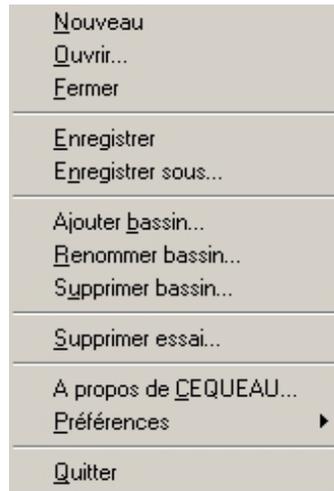


Figure 1.8 Le menu **Projet**

### 1.5.1 **Projet - Nouveau**

L'option **N**ouveau du menu **P**rojet permet de créer un nouveau projet de simulation. Puisqu'un projet doit être composé d'au moins un bassin versant, tout nouveau projet entraînera l'ajout d'un bassin versant que vous devrez nommer. Il est important d'utiliser un nom représentatif du bassin à simuler. Tous les fichiers issus des traitements de préparation de données porteront le nom de ce bassin versant.

Vous devrez ensuite spécifier un dossier où tous les fichiers reliés à ce bassin versant seront regroupés. Ce dossier doit être créé sur votre disque avant de lancer la fonction **N**ouveau ou avant d'ajouter un nouveau bassin versant à un projet.

Par défaut le nouveau projet portera le nom *sansnom.prj*. CEQUEAU vous proposera de le renommer lorsque vous tenterez de l'enregistrer. Il est recommandé de conserver l'extension *PRJ* qui identifie les fichiers comme étant des fichiers de projet CEQUEAU. Pour ouvrir une nouvelle fenêtre de projet :

**1** Choisissez **N**ouveau sous **P**rojet.

CEQUEAU ferme tout projet existant, ouvre un nouveau projet et y ajoute un premier bassin versant.

**2** Indiquez le nom du nouveau bassin versant et choisissez Ok. (Les noms des bassins versants ne peuvent comprendre plus de huit caractères).

3 Indiquez le dossier par défaut pour le nouveau bassin versant et choisissez Ok.

### 1.5.2 Projet - Ouvrir...

L'option **O**uvrir... du menu **P**rojet vous permet d'ouvrir un projet existant. Cette commande amène la boîte de dialogue de sélection de fichier qui vous permet de choisir le nom de fichier de projet à ouvrir.

Si un projet est déjà ouvert, il sera automatiquement fermé pour être remplacé par le projet que vous ouvrez. Si des modifications ont été apportées aux bassins versants contenus dans le projet en cours depuis sa dernière sauvegarde, il vous sera proposé de l'enregistrer avant sa fermeture. Il en va de même pour un nouveau projet qui n'a pas été renommé.

Pour ouvrir un projet existant:

- 1 Choisissez **O**uvrir... sous **P**rojet.
- 2 Utilisez la zone Fichiers pour trouver et sélectionner le fichier voulu  
ou  
tapez le nom du fichier de votre choix dans la zone de texte prévue à cet effet.
- 3 Choisissez Ouvrir.

### 1.5.3 Projet - Fermer

L'option **F**ermer permet de fermer le projet en cours. Si des modifications ont été apportées aux bassins versants contenus dans le projet depuis la dernière sauvegarde, il vous sera proposé d'enregistrer le projet avant sa fermeture. Il en va de même pour un nouveau projet qui n'a pas été nommé.

Pour fermer le projet en cours:

- 1 Choisissez **F**ermer sous **P**rojet.

### 1.5.4 Projet - Enregistrer

L'option **E**nregistrer permet d'enregistrer le projet en cours sans en changer le nom. Si un

fichier portant le même nom est présent sur le disque, il est automatiquement écrasé. A moins que vous ne le renommez, vous ne conservez donc que la dernière version d'un projet. Cependant, dans le cas d'un nouveau projet portant le nom *sansnom.prj*, l'option **E**nregistrer vous proposera d'en changer le nom, comme le fait l'option **E**nregistrer sous. Pour enregistrer le projet en cours:

- 1 Choisissez **E**nregistrer sous **P**rojet.

### 1.5.5 Projet - Enregistrer sous...

L'option **E**nregistrer sous... permet de sauvegarder le projet en cours sous un autre nom. Cette fonction amène une boîte de dialogue qui vous offre la possibilité de choisir un nouveau nom pour le projet en cours. Vous pouvez choisir, pour ce projet, le nom d'un fichier existant ou simplement taper un nouveau nom dans le champ Nom de fichier. Si vous proposez comme nouveau nom celui d'un fichier existant, un message vous prévient que le fichier existant sera écrasé. Il est alors toujours temps d'annuler la fonction et de choisir un autre nom.

Pour enregistrer le projet en cours sous un autre nom:

- 1 Choisissez **E**nregistrer sous... sous **P**rojet.
- 2 Utilisez la zone Fichiers pour trouver et sélectionner le nom de fichier voulu

ou

tapez le nom du fichier de votre choix dans la zone de texte prévue à cet effet. (Les noms de fichiers ne peuvent comprendre plus de huit caractères).

- 3 Choisissez Enregistrer.

### 1.5.6 Projet – Ajouter bassin...

L'option **A**jouter bassin... permet d'ajouter un bassin versant au projet en cours. Le nouveau bassin versant s'ajoutera dans le projet en cours à droite du bassin sélectionné. CEQUEAU vous proposera ensuite de nommer Le nouveau bassin versant. Il est important d'utiliser un nom représentatif du bassin versant à simuler. Tous les fichiers issus des traitements de préparation de données porteront le nom de ce bassin.

Vous devrez ensuite spécifier un dossier par défaut où tous les fichiers reliés à ce bassin

---

seront regroupés. Ce dossier doit être créé avant de lancer la fonction Ajouter bassin....

Pour ajouter un nouveau bassin versant dans le projet :

- 1 Choisissez Ajouter bassin... sous **P**rojet.
- 2 Indiquez le nom du nouveau bassin versant et choisissez Ok. (Les noms de bassins ne peuvent comprendre plus de huit caractères).
- 3 Indiquez le dossier par défaut pour le nouveau bassin et choisissez Ok.

### 1.5.7 Projet – Renommer bassin...

L'option Renommer bassin... du menu **P**rojet permet de renommer le bassin sélectionné. Un message vous prévient que toutes les données préparées reliées à ce nom de bassin ne seront plus accessibles. Il est alors toujours temps d'annuler la fonction. Si vous changé le nom du bassin, vous devez refaire la préparations des données physiographiques et des données hydro-météorologiques.

Pour renommer un bassin dans le projet :

- 1 Choisissez **R**enommer bassin... sous **P**rojet.
- 2 Indiquez le nouveau nom du bassin versant et choisissez Ok. (Les noms de bassins ne peuvent comprendre plus de huit caractères).

### 1.5.8 Projet – Supprimer bassin...

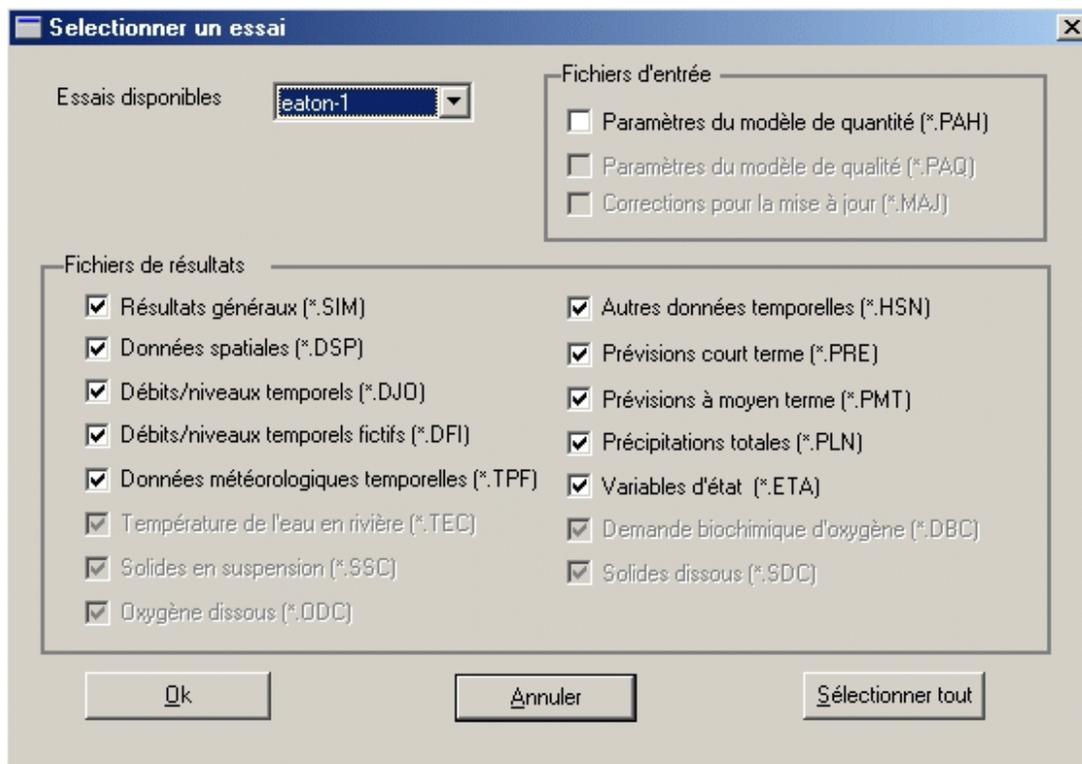
L'option Supprimer bassin... du menu **P**rojet permet de supprimer le bassin sélectionné du projet en cours. Cette opération ne supprime cependant pas les fichiers associés au bassin. Les résultats des simulations effectuées pour ce bassin, les fichiers des données préparées et les fichiers de données d'entrées demeureront donc dans le dossier du bassin supprimé.

Pour supprimer un bassin actif dans un projet:

- 1 Choisissez **S**upprimer bassin... sous **P**rojet.

### 1.5.9 Projet - Supprimer essai...

Cette option permet de supprimer les fichiers d'entrées et les fichiers résultant d'un essai de simulation. Cette fonction amène une boîte de dialogue (Figure 1.9) qui permet de sélectionner l'essai et les fichiers à supprimer. Par défaut, seuls les fichiers de sortie sont sélectionnés. Si vous ne supprimez que ces fichiers, il vous sera possible de produire à nouveau tous les fichiers de l'essai en utilisant les fichiers d'entrées pour relancer la simulation.



**Figure 1.9** La boîte de dialogue de suppression des fichiers reliés à un essai

**ATTENTION** : Si vous supprimez les fichiers d'entrée reliés à un essai, il ne sera plus possible de reproduire les résultats de cette simulation.

Le bouton **Sélectionner tout** permet de sélectionner tous les fichiers reliés à un essai.

Pour supprimer un essai:

- 1 Choisissez l'option **Supprimer essai...** du menu **Projet**.

- 2 Sélectionnez l'essai dont vous souhaitez supprimer les fichiers. Le bouton portant la flèche permet d'accéder à la liste des essais contenus dans le dossier du bassin versant en cours.
- 3 Sélectionnez les fichiers à supprimer.
- 4 Cliquez sur OK.

Un message vous prévient que les fichiers sélectionnés relié à l'essai seront supprimés. Il est alors toujours temps d'annuler la fonction.

### **1.5.10 Projet - A propos de...**

Cette option fournit de l'information sur la version de CEQUEAU que vous utilisez.

### **1.5.11 Projet - Préférences**

L'option **P**références du menu **P**rojet (Figure 1.10) vous permet de configurer l'environnement CEQUEAU en ce qui a trait aux dossiers par défaut, au choix de l'éditeur pour la visualisation des fichiers et à la langue d'affichage des fenêtres et des graphiques imprimer. Il permet également d'accéder aux options de l'imprimante et aux paramètres d'impression et de présentation des graphiques.

#### **1.5.11.1 Projet - Préférences – Dossier bassin actif**

Cette option vous permet de spécifier le dossier pour le bassin actif à partir de la boîte de dialogue de sélection de dossier (Figure 1.11). Tous les fichiers intermédiaires seront créés dans ce dossier. Il en est de même pour les fichiers des résultats ainsi que ceux contenant l'information pour les graphiques relatifs à ce projet. Cette option est active seulement si un projet est ouvert.

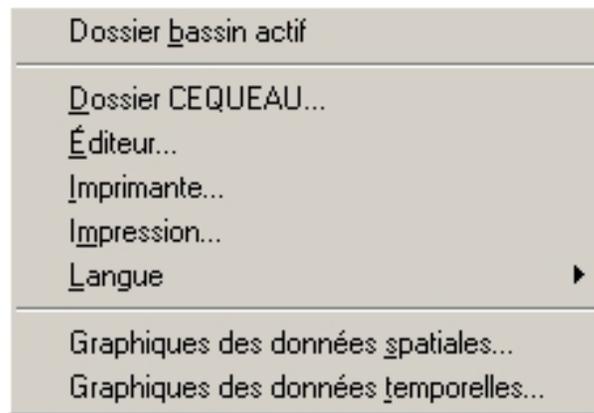


Figure 1.10 La boîte de dialogue du choix des préférences de CEQUEAU



Figure 1.11 La boîte de dialogue de sélection du dossier pour le bassin sélectionné

Le dossier que vous spécifiez ici n'agit que pour le bassin actif et est enregistré avec le projet. Tous les nouveaux projets que vous créez par la suite ne sont pas affectés par cette modification. Il est recommandé de créer un dossier spécifique pour chaque bassin versant.

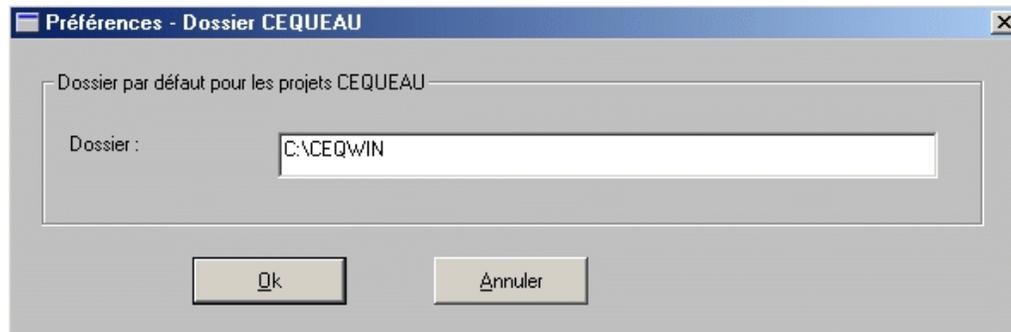
Pour modifier le dossier d'un bassin:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez Dossier bassin actif.
- 3 Modifiez le dossier et choisissez Ok.

Vous devez enregistrer le projet pour conserver ce changement.

### 1.5.11.2 Projet - Préférences - Dossier CEQUEAU...

Cette option fait apparaître la boîte de dialogue de sélection de dossiers (Figure 1.12) à partir de laquelle vous pouvez spécifier le dossier par défaut qui sera proposé lors de la création de nouveau projet. C'est également ce dossier qui sera proposé lors de l'utilisation de l'option Ouvrir du menu **P**rojet.



**Figure 1.12** La boîte de dialogue de sélection du dossier pour CEQUEAU

Cette option n'affecte pas les projets déjà créés qui conservent leur propre dossier par défaut. Le changement de dossier pour les nouveaux projets est immédiatement enregistré dans la configuration du logiciel et demeure actif pour toutes les sessions de travail qui suivront.

Pour changer le dossier des nouveaux projets:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez Dossier CEQUEAU.
- 3 Changez le dossier et choisissez Ok.

Le nouveau dossier est automatiquement enregistré dans la configuration de CEQUEAU.

### 1.5.11.3 Projet - Préférences - Éditeur...

Vous devez choisir un éditeur pour la visualisation des fichiers intermédiaires et de résultats générés par CEQUEAU. Par défaut, CEQUEAU utilise l'éditeur "Notepad" faisant partie de l'environnement Windows. Cependant, la taille maximale du fichier que cet éditeur peut contenir est souvent insuffisante pour effectuer la visualisation des fichiers

des résultats. Dans ce cas, l'utilisation d'un éditeur plus performant est nécessaire. Cette option amène la boîte de dialogue de sélection d'éditeur (Figure 1.13).

Pour sélectionner un éditeur pour la visualisation des fichiers:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez **É**diteur...
- 3 Tapez le nom de l'éditeur puis choisissez Ok. Vous devez également inclure le chemin complet si cet éditeur n'est pas dans un dossier système de Windows.

ou

Cliquez sur le bouton de sélection pour accéder à la boîte de dialogue de sélection de fichier.

- 4 Choisissez Ok.

Le nom du nouvel éditeur est automatiquement enregistré dans la configuration de CEQUEAU.

Certains éditeurs, tel que "WordPad" de Windows, utilisent par défaut une police d'affichage proportionnelle. Il est recommandé d'utiliser une police conventionnelle afin de respecter l'alignement des colonnes. Dans le cas de "WordPad", la police *Ligne Printer* est suggérée.

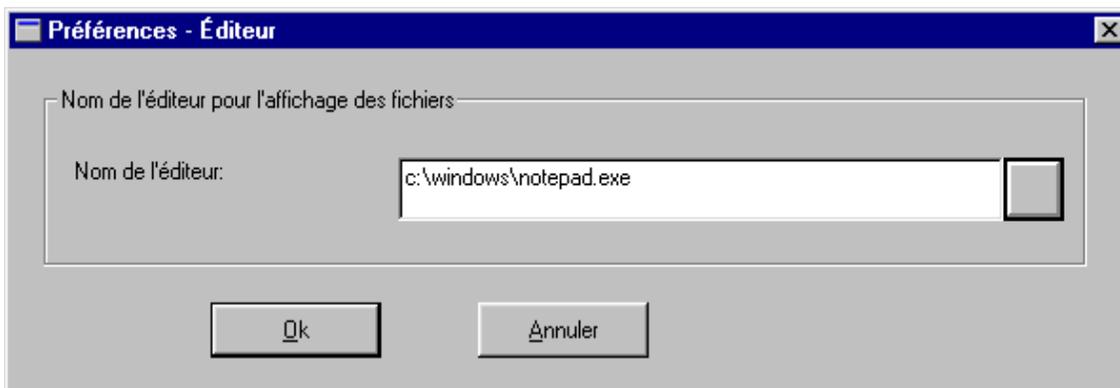


Figure 1.13 La boîte de dialogue de sélection de l'éditeur

#### 1.5.11.4 Projet - Préférences - Imprimante...

Cette option vous permet de changer les options d'impression de l'imprimante sélectionnée dans l'environnement Windows. La boîte de dialogue qui apparaît diffère selon l'imprimante. On y modifiera, par exemple, le format de papier afin d'utiliser le format paysage (landscape) qui est plus approprié à l'impression de la plupart des graphiques. Les changements demeurent actifs pour la durée de votre session de travail avec CEQUEAU.

Pour changer les préférences de l'imprimante en cours:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez **I**mprimante...
- 3 Modifiez les préférences.
- 4 Choisissez Ok.

#### 1.5.11.5 Projet - Préférences - Impression...

Cette option permet de changer l'apparence des graphiques imprimés. La boîte de dialogue des options d'impression montre les options disponibles pour la présentation des graphiques (Figure 1.14).

L'option **Marges** permet de modifier les marges gauches, droites, hautes et basses de l'imprimante. L'option **Titre** permet d'activer ou non l'impression du titre. Il en est de même pour l'option **Cadre** qui entraîne l'impression d'une ligne épaisse autour du graphique. L'option **Type d'impression** permet d'adapter la présentation des graphiques au type d'imprimante. Dans le cas d'une imprimante couleur, on choisira Couleur afin de produire des graphiques aux teintes identiques à celles apparaissant à l'écran. Il est recommandé d'utiliser le choix Noir et blanc dans le cas d'une imprimante monochrome.

Pour modifier les préférences de l'impression des graphiques:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez **I**mpression...
- 3 Modifiez les préférences.

#### 4 Choisissez Ok.

Cette modification aux préférences est automatiquement enregistrée dans la configuration de CEQUEAU.

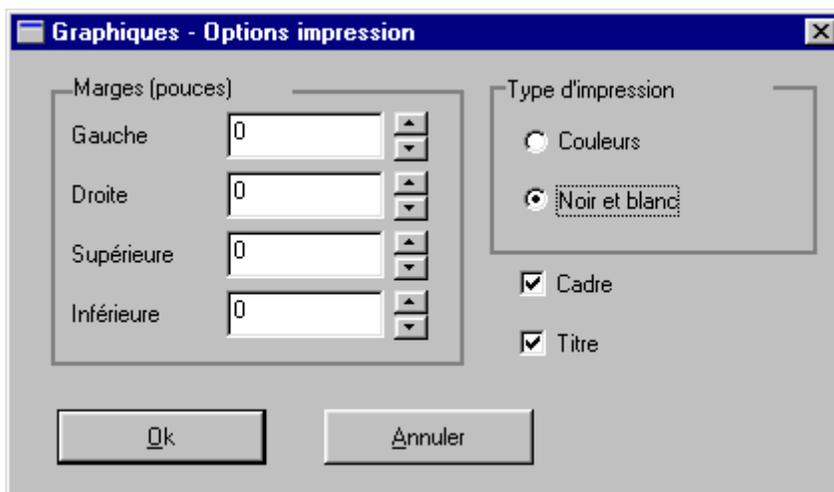


Figure 1.14 La boîte de dialogue des options d'impression

#### 1.5.11.6 Projet - Préférences - Langue

Cette option (figure 1.15) permet de modifier la langue utilisée par CEQUEAU pour les boîtes de dialogue et pour les graphiques à l'écran et à l'impression. Avant d'utiliser une langue disponible dans CEQUEAU, vous devez vous assurer que votre environnement Windows possède le jeu de caractères nécessaire. Pour plus d'information concernant les jeux de caractères, consultez l'aide de Windows. Après un changement de langue un message vous avertit que pour que la modification soit prise en compte, vous devez fermer CEQUEAU et redémarrer le programme.



Figure 1.15 La boîte de dialogue du choix de langue

Pour modifier les préférences de langue:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez Langue.
- 3 Choisissez la langue désirée.

Un message vous avertit que pour que la modification soit prise en compte, vous devez fermer CEQUEAU et redémarrer le programme. Fermer le programme CEQUEAU et redémarrer pour obtenir la langue choisie .

### 1.5.11.7 Projet - Préférences - Graphiques des données spatiale

Cette option (Figure 1.16) vous permet de changer l'apparence des nouveaux graphiques des données spatiales. Elle n'affecte en rien les graphiques déjà affichés; les modifications apportées ici agiront sur les nouveaux graphiques. Pour plus de détails concernant les options des graphiques des données spatiales, consultez les Sections 1.14.1.1.2 et 1.14.1.1.3.

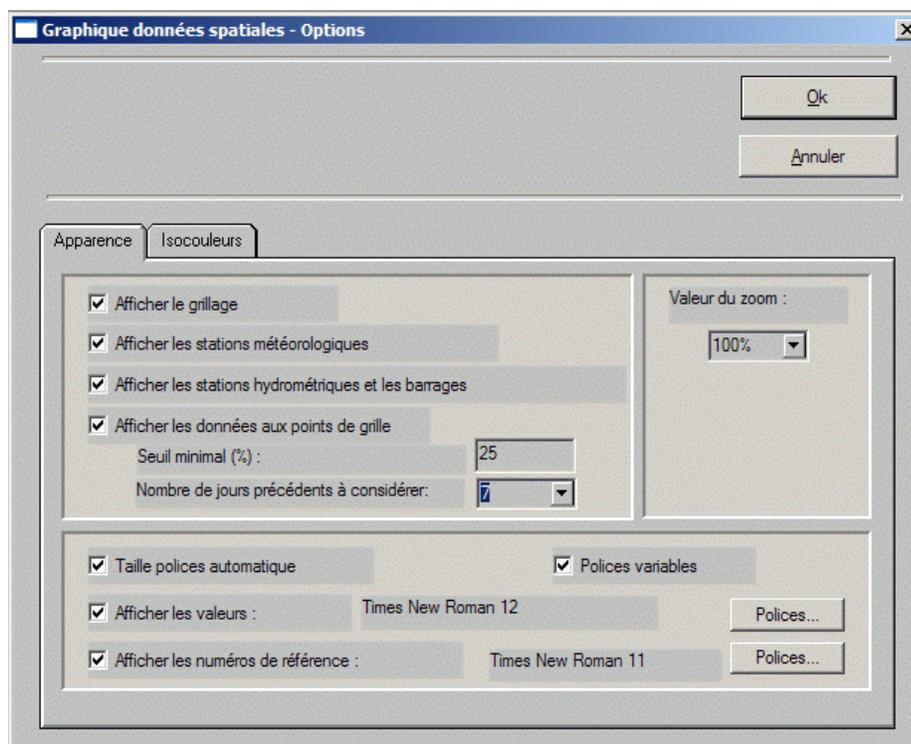


Figure 1.16 La boîte de dialogue du choix des options des graphiques spatiaux

Pour changer les préférences des nouveaux graphiques spatiaux:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez **G**raphiques des données **s**patiaux.
- 3 Choisissez la page **A**pparence ou **I**socouleurs.
- 4 Modifiez les préférences.
- 5 Choisissez Ok.

Les préférences sont automatiquement enregistrées dans la configuration de CEQUEAU.

### 1.5.11.8 Projet - Préférences - Graphiques des données temporelles

Cette option vous permet de changer l'apparence des nouveaux graphiques temporels (Figure 1.17). Elle n'affecte en rien les graphiques déjà affichés; les modifications apportées ici agiront sur les nouveaux graphiques. Pour plus de détails concernant les options des graphiques des données temporelles, consultez la Sections 1.14.2.1.4.

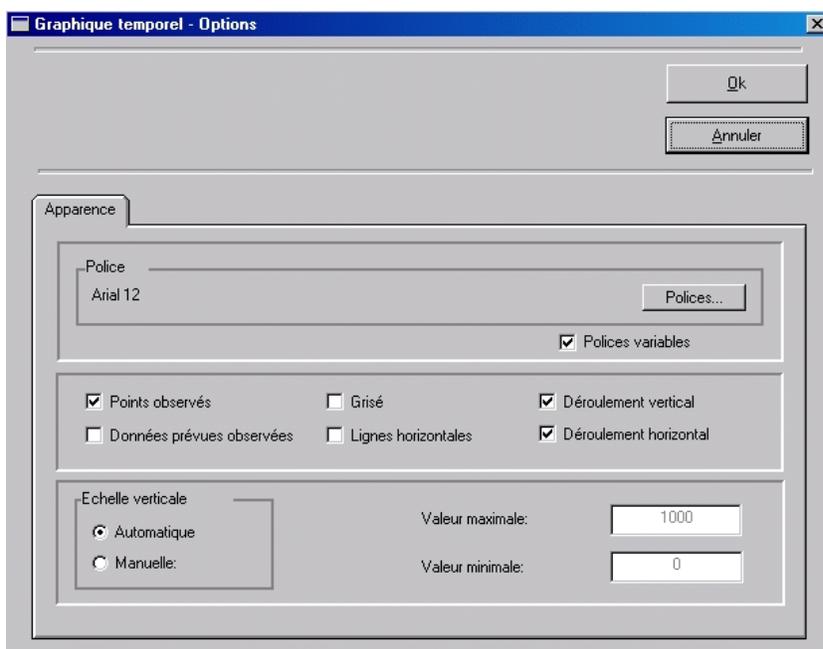


Figure 1.17 La boîte de dialogue du choix des options des graphiques temporels

---

Pour changer les préférences des nouveaux graphiques temporels:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez **G**raphiques temporels
- 3 Modifiez les préférences.
- 4 Choisissez Ok.

Les préférences sont automatiquement enregistrées dans la configuration de CEQUEAU.

### 1.5.12 Projet - Quitter

Cette commande permet de quitter CEQUEAU. Si un projet est ouvert, il sera automatiquement fermé. Si des modifications ont été apportées au projet depuis sa dernière sauvegarde, il vous sera proposé de l'enregistrer avant sa fermeture. Il en va de même pour un nouveau projet qui n'a pas été renommé.

Pour fermer le projet en cours:

- 1 Sélectionnez **Q**uitter sous **P**rojet.

## 1.6 Le menu Données

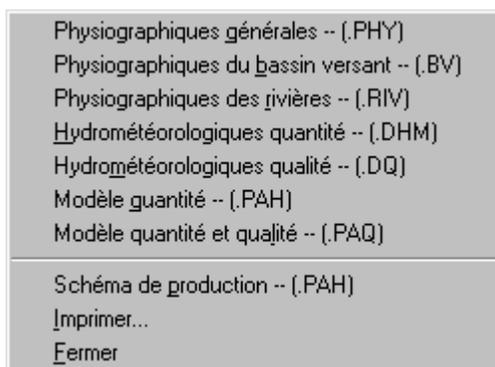
Le menu **D**onnées (Figure 1.18) permet d'éditer, à l'aide de l'éditeur de données de CEQUEAU, les fichiers de données élémentaires. C'est également à partir de ce menu que l'on peut obtenir la représentation des paramètres hydrologiques du modèle sous la forme d'un schéma de production.

### 1.6.1 Édition des données

La première section du menu **D**onnées permet d'éditer les données élémentaires constituant le bassin versant à l'aide de l'éditeur de données de CEQUEAU (Section 1.7). Pour plus de détail sur ces fichiers, consultez les chapitres suivants.

Pour éditer un fichier de données élémentaires:

- 1 Choisissez **D**onnées.



**Figure 1.18 Le menu Données**

**2 Choisissez le nom du fichier à éditer parmi:**

- Données physiographiques générales - (.PHY)
- Données physiographiques du bassin versant - (.BV)
- Données physiographiques des rivières - (.RIV)
- Données hydrométéorologiques du modèle de quantité - (.DHM)
- Données du modèle de qualité - (.DQ)
- Paramètres du modèle de quantité - (.PAH)
- Paramètres du modèle de qualité - (.PAQ)

### **1.6.2 Données - schéma de production**

Cette commande permet d'obtenir la représentation du schéma de production (Figure 1.19), défini par les valeurs contenues dans le fichier des paramètres du modèle de quantité pour l'essai de simulation en cours. Pour plus de détails sur le schéma de production, consultez la Section 5.2.

Pour afficher le schéma de production relié au fichier des paramètres hydrologiques de l'essai en cours:

- 1** Choisissez Schéma de production sous **D**onnées.

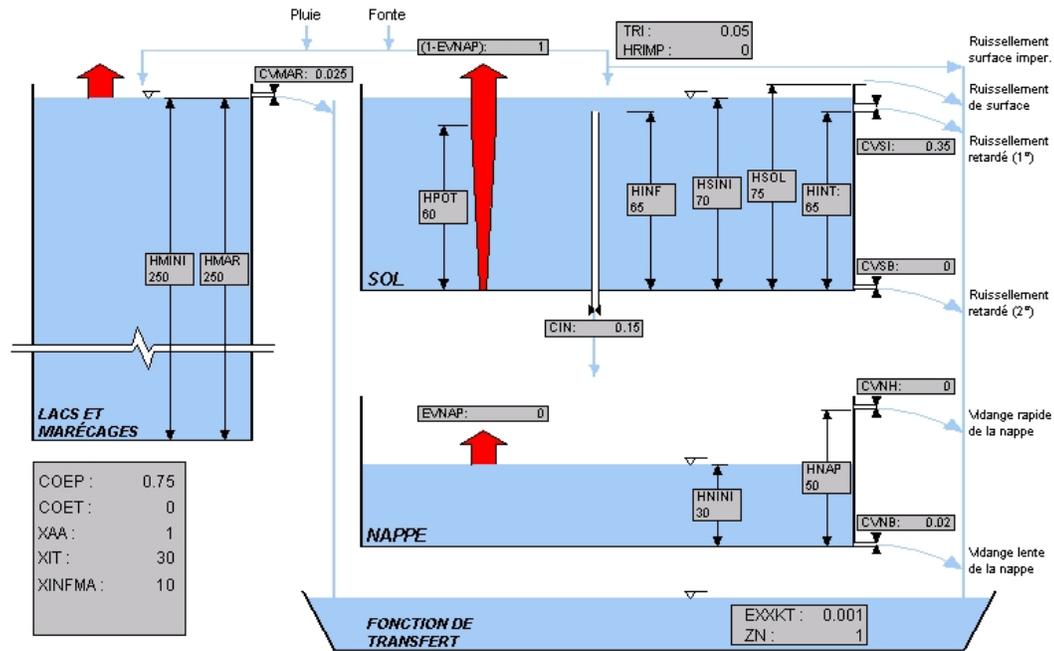


Figure 1.19 Le schéma de production de l'essai en cours

### 1.6.3 Menu Données - Imprimer

Cette fonction permet d'imprimer le schéma de production. Elle est disponible seulement lorsqu'une fenêtre de schéma de production est présente.

### 1.6.4 Menu Données - Fermer

Cette fonction permet de fermer la fenêtre du schéma de production en cours. Elle est disponible seulement lorsqu'une fenêtre de schéma de production est présente.

## 1.7 L'éditeur de données

Tous les fichiers de données présents dans la fenêtre de projet ou dans le menu Données peuvent être créés ou édités à l'aide de l'éditeur de données de CEQUEAU. Cet éditeur est accessible à partir du menu Données ou directement à partir des boutons Ouvrir, situés à l'extrême droite des champs de saisie de la fenêtre de projet. Si le fichier spécifié dans le champ de saisie correspondant existe, l'éditeur vous permettra de modifier le contenu de ce fichier. Si ce fichier n'existe pas, il sera créé puis sera ouvert pour l'édition.

L'éditeur de données permet de créer ou de modifier facilement les fichiers de données. Chaque fichier est organisé sous la forme d'un ensemble de lignes contenant chacune une série de variables. Ces lignes sont appelées vecteurs et sont constitués de champs permettant d'allouer des données aux variables. L'éditeur est conçu de façon à assurer la conformité du format des données pour chaque variable avec celui requis par les traitements de préparation des données et de simulation. Il permet également de mettre en ordre les vecteurs de données, de vérifier les erreurs dues aux vecteurs manquants ou en trop et offre en permanence des commentaires sur la variable associée au champ actif.

Pour lancer l'éditeur de données:

Le nom de fichier doit apparaître dans le champ de saisi approprié.

- 1 Appuyez sur le bouton d'ouverture de fichier situé à l'extrême droite du champ.

Si le fichier existe, il sera automatiquement chargé par l'éditeur, sinon il sera créé. L'éditeur prépare les nouveaux fichiers en introduisant les vecteurs de données obligatoires.

L'éditeur de données de CEQUEAU (Figure 1.20) est constitué de quatre éléments; la barre de menu, la fenêtre d'édition, la fenêtre de description du vecteur pointé et la fenêtre de commentaires du vecteur.

Pour accéder aux items de la barre de menu, vous devez annuler toute fonction en cours, y compris celle d'édition dans laquelle vous trouvez au lancement de l'éditeur. Pour annuler une fonction, appuyez sur la touche *ESC*

Pour sélectionner un item du menu, positionnez le curseur sur l'option désirée à l'aide des touches de déplacement du clavier et appuyez sur la touche *ENTRÉE*. Il est également possible d'activer la fonction voulue en appuyant sur la lettre mnémonique (en rouge) de l'option désirée.

**La souris n'est pas active dans l'éditeur de données. Les déplacements du curseur doivent se faire à l'aide des touches de déplacement du clavier. Ceci est valide tant pour la fenêtre d'édition que pour les menus ou les boîtes de dialogue de l'éditeur.**

La session de l'éditeur doit être fermée avant de lancer toute autre fonction de CEQUEAU. On doit notamment éviter de lancer plus d'une session de l'éditeur à la fois. La barre de tâche de Windows permet d'identifier toute session de l'éditeur encore active.

Par défaut, l'éditeur de données apparaît sous la forme d'une session DOS en mode fenêtre. Il est possible de commuter la session DOS de l'éditeur vers le mode pleine page en utilisant les touches *ALT ENTRÉE*. Il en est de même pour revenir au mode fenêtre. Si vous préférez le mode pleine page au mode fenêtre, vous pouvez modifier la configuration de façon à ce que CEQUEAU lance l'éditeur en pleine page. Pour ce faire, vous devez modifier les propriétés du raccourci pour le programme EPAR contenu dans le dossier principal de CEQUEAU.

Paramètres de quantité

eaton1.pah

Corriger Enlever Ajouter Déplacer Vérifier Enreg. Imp. Terminer

SIMULATION	19720101	19751231	365	0101	0803	10	28	1	1	1
NEIGE	-1.	3.5	4.0	-1.0	-3.0	0.70	1.0			
OPTION	80	80	0	0	0	0	0	3	3	0 24 1 1
SOL1	0.15	0.025	0.020	0.	0.	0.35	10.			
SOL2	65.	65.	250.	50.	60.	75.	0.			
SOL3	.75	0.	.05	1.	30.	4530.	0.			
SOLINITIAL	70.	30.	250.	5.663	+14.	0.0				
TRANSFERT	0.001	1.00	1							
POSTEMETEO COOKSHIRE			7021918	11	16	1138.68	213			
POSTEMETEOEATON SC B			7022306	15	11	1188.72	488			
POSTEMETEO IS BROOK			7023312	14	15	1149.86	346			
POSTEMETEO LAWRENCE			7024263	15	15	1273.56	442			
POSTEMETEO MPL LEAF			7024623	14	13	1052.07	363			

Description du vecteur pointé

	JDEB	NBJRAN	JF1	NCP1	IMACP
SIMULATION	JFIN	JDI	NF1	IMACE	IQNU

Commentaire du vecteur

Vecteur obligatoire à insérer avant tout les autres vecteurs. Il permet de spécifier les dates des périodes de simulation et les paramètres d'impression.

**Figure 1.20 L'éditeur de données de CEQUEAU**

Pour changer l'apparence de l'éditeur de données sous Windows 95/98/NT/Me/XP:

- 1 À partir de l'explorateur Windows, sélectionnez le raccourci pour le programme EPAR contenu dans le dossier où est installé CEQUEAU.
- 2 Dans le menu Fichier, cliquez sur Propriétés.
- 3 Pour spécifier si l'éditeur CEQUEAU doit démarrer en mode plein écran ou fenêtre, modifiez la propriété Utilisation sous l'onglet Écran.
- 4 Choisissez Ok.

Consultez l'aide de Windows pour plus d'information concernant les propriétés des sessions DOS.

### 1.7.1 L'option Corriger

L'option Corriger donne accès à la fenêtre d'édition. Elle permet de sélectionner un vecteur de données et de le corriger champ par champ. Cette option est active dès que l'éditeur est lancé.

Lorsque le curseur est positionné sur le nom d'un vecteur, la fenêtre de description montre le nom suivi de celui de chacun des champs composant le vecteur. La fenêtre de commentaire offre une description générale du vecteur.

Lorsque le curseur est déplacé sur un champ de données, le nom de ce champ ainsi que le format de la variable concernée sont affichés sur la barre d'entête de la fenêtre " Nom des variables". La fenêtre de commentaires donne une description du champ.

Si les commentaires excèdent les trois lignes qui apparaissent dans la fenêtre commentaires du champ la fin de la troisième ligne affiche ... dans ce cas vous n'avez qu'à utiliser les touches *PgUp* et *PgDn* pour accéder au texte précédent ou suivant.

Chaque champ de saisi peut adopter trois formats: caractères, entier ou réel. Le format de chacun des champs sont affichés sur la barre d'entête de la fenêtre " Nom des variables". Le format caractères est représenté par des 'A' et le format entier par des '9'. Le format réel est composé d'une première série de '9' représentant la partie entière, suivi d'une autre série de '9' représentant la partie décimale, le tout séparé par un point. La quantité de '9' ou de 'A' indique le nombre maximum de caractères que la donnée peut comporter.

Lorsqu'une donnée est entrée, sa conformité avec le format de son champ est vérifiée. S'il y a erreur, un message apparaît sur la barre de titre de la fenêtre de description du vecteur.

### 1.7.2 L'option Enlever

Cette option vous permet d'enlever un vecteur de données. Choisissez l'option Enlever puis placez le curseur sur le vecteur à supprimer et appuyez sur la touche *ENTRÉE*. Le vecteur sera enlevé si possible, sinon un avertissement sera donné.

### 1.7.3 L'option Ajouter

Cette option vous permet d'ajouter un vecteur de données. L'éditeur offre alors la liste des vecteurs pouvant être ajoutés. Vous devez spécifier le nombre de vecteurs que vous voulez introduire et pour certains vecteurs, vous devez ensuite préciser si le vecteur à ajouter fait ou non partie d'une simulation discontinue.

Dans le cas d'une simulation discontinue, vous devez indiquer l'endroit où vous voulez insérer ce vecteur. Cette position doit être après le vecteur EXECUTION. Le vecteur sera placé immédiatement sous le vecteur que vous spécifiez à l'aide du curseur.

Lorsque la simulation n'est pas discontinue, l'éditeur place automatiquement le vecteur au bon endroit.

### 1.7.4 L'option Déplacer

L'option Déplacer permet de déplacer des vecteurs de données. La nouvelle position doit être valide pour le type de vecteur que vous déplacez. Lorsqu'un vecteur est déplacé à une position qui n'est pas valide, l'éditeur mettra automatiquement en ordre les vecteurs.

### 1.7.5 L'option Vérifier

L'option Vérifier permet de vérifier la conformité des vecteurs aux règles de format régissant le type de fichier en cours d'édition. L'éditeur affichera selon le cas les avertissements ou erreurs.

Habituellement, un avertissement n'entraîne pas d'erreur lors de simulations ou de préparations des données mais risque de compromettre l'exactitude des résultats de simulation. Les avertissements pouvant découler d'une vérification sont:

**Avvertissement: vecteur obligatoire *NOMVECTEUR* créé mais pas corrigé.**

Cet avertissement survient lorsque les valeurs par défauts générées pour les nouveaux vecteurs n'ont pas été corrigées. S'il y a lieu, corrigez les vecteurs mentionnés.

**Avvertissement: bien vérifier l'ordre des vecteurs induits.**

Cet avertissement apparaît lorsqu'il y a des vecteurs induits qui peuvent être positionnés à plus d'un endroit.

Les erreurs pouvant découler d'une vérification sont:

**Erreur: le vecteur obligatoire *NOMVECTEUR* est manquant.**

Ajoutez ce vecteur à votre liste de vecteurs.

**Erreur: il y a *n* vecteur(s) *NOMVECTEUR* de trop.**

Enlevez les vecteurs mentionnés.

**Erreur: il manque au moins un vecteur induit *NOMVECTEUR*.**

Ajoutez le vecteur induit mentionné.

**Erreur: vecteur *NOMVECTEUR* invalide.**

Le vecteur ne trouve pas de correspondance dans les vecteurs valides pour ce type de fichier. Enlevez ce vecteur ou corrigez son nom.

**Erreur: il manque un vecteur sentinelle *NOMVECTEUR*.**

Ajoutez le vecteur sentinelle. Pour ajouter un vecteur sentinelle, ajoutez un vecteur avec les valeurs par défaut et le vecteur sentinelle sera créé. Enlevez ensuite le vecteur non désiré pour ne conserver que le vecteur sentinelle.

## 1.7.6 L'option Enregistrer

L'option Enregistrer vous permet de sauvegarder les modifications que vous avez apportées au fichier de données. Une boîte de dialogue est alors appelée, offrant la possibilité de renommer le fichier. Si vous proposez comme nouveau nom celui d'un fichier existant, un message vous prévient que le fichier existant sera écrasé. Il est alors toujours temps d'annuler la fonction et de choisir un autre nom.

Lorsque vous enregistrez un fichier que vous avez modifié, la version originale sur disque est renommée *nomdefichier.bak*, *nomdefichier* correspondant au nom du fichier. Si vous voulez revenir à la version originale, vous n'avez qu'à récupérer le fichier *nomdefichier.bak* à l'aide de l'éditeur de données et le renommer avec l'extension appropriée à son type de données. Prenez garde cependant au fait que, normalement, tous les fichiers de données d'un même projet portent un nom identique, associé à l'extension correspondante. Ainsi, un seul fichier *nomdefichier.bak* existera sur le disque et correspondra à la version originale du dernier fichier de données que vous avez modifié. Il n'y aura donc qu'un fichier de sauvegarde de l'original par projet et non un par type de fichier de données.

## 1.7.7 L'option Imprimer

L'option Imprimer vous permet d'imprimer le fichier. Un message vous demande de confirmer l'impression il est alors toujours temps d'annuler la fonction d'impression et de revenir à l'environnement CEQUEAU.

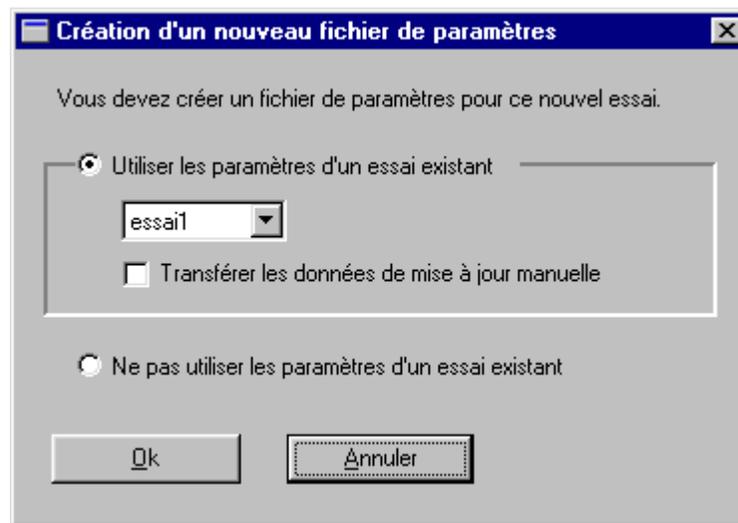
## 1.7.8 L'option Terminer

L'option Terminer vous permet de quitter l'éditeur afin de revenir à l'environnement CEQUEAU. Vous pouvez également quitter l'éditeur en appuyant deux fois sur la touche *ESC*. Un message vous demande de confirmer sinon il est alors toujours temps d'annuler la fonction. Si des modifications ont été apportées depuis la dernière sauvegarde, il vous sera proposé d'enregistrer le fichier avant de quitter l'éditeur.

Il est important de quitter l'éditeur avant de lancer toute autre fonction de CEQUEAU.

## 1.8 La création d'un nouveau fichier de paramètres

Pour créer un nouveau fichier de paramètres, tapez un nouveau nom d'essai dans la liste des essais et appuyez sur le bouton Ouvrir correspondant au fichier de paramètres à créer (PAH ou PAQ). La boîte de dialogue de création d'un nouveau fichier de paramètres apparaît (Figure 1.21).



**Figure 1.21** La boîte de dialogue de création d'un nouveau fichier de paramètres

L'option **Utiliser les paramètres d'un essai existant** permet de créer un nouveau fichier de paramètres à partir d'un fichier de paramètres de même type, associé à un essai existant que vous choisissez dans la liste des essais de simulation. Le nouveau fichier ainsi créé constitue donc une copie du fichier de paramètres associé à l'essai existant que vous avez choisi.

Si l'essai existant choisi a un fichier correspondant avec des corrections de mise à jour manuelle vous pouvez introduire ce fichier avec votre nouveau fichier de paramètres en utilisant l'option **Transférer les données de mise à jour manuelle**.

L'option **Ne pas utiliser les paramètres d'un essai existant** permet de créer un nouveau fichier de paramètres de simulation indépendant des simulations existantes. Dans ce cas seul les vecteurs obligatoires seront introduits dans le fichier et vous devez introduire les valeurs de toutes les variables de chaque vecteurs.

En appuyant sur Ok l'éditeur de données CEQUEAU sera ouvert et vous devez faire les corrections désirées. Pour plus de détails sur l'éditeur de données, consultez la Section 1.7.

## 1.9 La modification d'un fichier de paramètres

Pour modifier un fichier de paramètres relié à un essai existant, sélectionnez l'essai dans la liste des essais et appuyez sur le bouton Ouvrir correspondant au fichier de paramètres à modifier (PAH ou PAQ), l'éditeur de données CEQUEAU est ouvert avec tous les vecteurs utilisés pour l'essai choisi, vous devez alors faire les corrections désirées. Pour plus de détails sur l'éditeur de données, consultez la Section 1.7.

## 1.10 Le menu Préparation

Le menu Préparation (Figure 1.22) présente toutes les commandes relatives à la préparation des données nécessaires à la simulation. En général, cette opération ne se fait qu'une fois. Il est inutile de refaire la préparation des données entre chaque essai de simulation, même si vous quittez CEQUEAU entre les simulations.

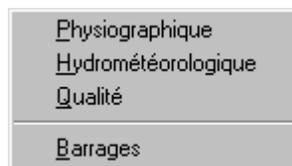


Figure 1.22 Le menu préparation

### 1.10.1 Préparation - Physiographiques

Cette commande permet de préparer le fichier des données physiographiques qui sera utilisé pour les simulations de quantité et de qualité.

Afin de pouvoir lancer ce traitement, les fichiers suivants sont requis:

- le fichier de données physiographiques (extension PHY)
- le fichier de données relatives au bassin versant (extension BV)

Le fichier suivant est optionnel au traitement des données physiographiques:

- le fichier de données relatives aux rivières (extension RIV)

Lorsque ce dernier fichier n'est pas présent, les données relatives aux rivières seront estimées à l'aide d'équations mathématiques.

Suite à ce traitement, les fichiers suivants sont produits:

- le fichier de données physiographiques du bassin versant (nom du bassin et l'extension PBR)
- le fichier des précisions du bassin versant calculé (nom du bassin et l'extension EBV)

Un fichier portant le nom du bassin et l'extension ERP est également produit si il y a des erreurs. Ce fichier contient un compte rendu de l'exécution de la préparation des données. En cas d'erreur, vous devez consulter ce fichier à l'aide de l'option **V**isualisation (Section 1.13).

Suite à l'exécution de la préparation des données, un message vous informe du résultat du traitement. Si les données physiographiques sont incorrectes vous devez consulter le fichier des erreurs (.ERP), corriger les erreurs et relancer le programme.

Si la préparation des données physiographiques est réussie le message vous demande si vous voulez consulter le fichier des précisions des surfaces (.EBV). Normalement il faut s'assurer que les superficies calculées par le modèle pour le bassin versant principal et tous les sous-bassins sont acceptables par rapport aux superficies réelles des bassins versant. Pour plus de détails sur la préparation des données physiographiques, consultez le chapitre 2.

Pour lancer la préparation des données physiographiques:

- 1 Choisissez **P**hysiographiques sous **P**réparation.

### 1.10.2 Préparation - Hydrométéorologiques

Cette commande permet de préparer le fichier des données hydrométriques et météorologiques qui sera utilisé pour les simulations de quantité et de qualité pour le bassin versant en cours.

Afin de pouvoir lancer ce traitement, les fichiers suivants sont requis:

- le fichier de périodes et stations hydrométriques et météorologiques - quantité (extension DHM).

- les fichiers contenant les banques de données hydrométriques et météorologiques énumérées dans le fichier précédent.

Suite à ce traitement, les fichiers suivants sont produits:

- le fichier de données hydrométriques et météorologiques avec données manquantes comblées (nom du bassin et l'extension HMC).
- le fichier donnant le nombre d'observations disponibles pour chaque station (nom du bassin et l'extension HMN).
- le fichier des moyennes mensuelles et annuelles pour chaque station (nom du bassin et l'extension HMM).

Un fichier portant le nom du bassin et ERH est également produit si il y a des erreurs. Ce fichier contient un compte rendu de l'exécution de la préparation des données. En cas d'erreur, vous pouvez consulter ce fichier à l'aide de l'option **V**isualisation (Section 1.13).

Suite à l'exécution de la préparation des données, un message vous informe du résultat du traitement. La présence d'erreurs vous y sera alors signalée, s'il y a lieu. Pour plus de détails la préparations des données hydrométéorologiques, consultez le chapitre 3.

Pour lancer la préparation des données hydrométriques et météorologiques:

- 1 Choisissez **H**ydrométéorologiques sous **P**réparation.

### 1.10.3 Préparation - Qualité

Cette commande permet de préparer le fichier des données pour la simulation de qualité.

Afin de pouvoir lancer ce traitement, les fichiers suivants sont requis:

- le fichier de périodes et stations - qualité (extension DQ)
- les fichiers contenant les données de qualité énumérées dans le fichier de données précédent.

Suite à ce traitement, le fichier suivant est produit:

- le fichier de données de qualité (nom du bassin et l'extension QUA).

Un fichier portant le nom du bassin et l'extension ERQ est également produit si il y a des erreurs. Ce fichier contient un compte rendu de l'exécution de la préparation des données.

---

En cas d'erreur, vous pouvez consulter ce fichier à l'aide de l'option **V**isualisation (Section 1.13).

Suite à l'exécution de la préparation des données, un message vous informe du résultat du traitement. La présence d'erreurs vous y sera alors signalée, s'il y a lieu. Pour plus de détails la préparations des données de qualité, consultez le chapitre 4.

Pour lancer la préparation des données de qualité:

- 1 Choisissez **Q**ualité sous **P**réparation.

#### 1.10.4 Préparation - Barrages

Cette commande permet de préparer les données pour les barrages à partir de la boîte de dialogue de préparation des données pour les barrages ( Figure 1.23 ).

Afin de pouvoir lancer ce traitement, les informations suivantes sont requises:

- le nom du fichier des données pour les barrages (extension BAR). Pour plus de détails sur ce fichier, consultez la section 5.4.3
- le nom de l'essai pour les données préparées (l'extension DNV sera ajouté)

Suite à ce traitement, les fichiers suivants sont produits:

- le fichier des données préparées (nom de l'essai de préparation suivi de l'extension DNV) contenant les équations calculés que l'on doit introduire dans le fichier des paramètres de simulation de quantité (.PAH) et pour fins de comparaison les données du barrages introduites et calculées par les équations.

Un fichier portant le nom OUTILS.ERB est également produit. Ce fichier contient un compte rendu de l'exécution de la préparation des données pour les barrages. En cas d'erreur, vous pouvez consulter ce fichier à l'aide de l'éditeur choisi à la section 1.5.11.3.

Suite à l'exécution de la préparation des données, un message vous informe du résultat du traitement et vous propose de consulter le fichier des résultats (\*.DNV) ou le fichier d'erreurs (OUTILS.ERB), s'il y a lieu.



**Figure 1.23** La boîte de dialogue de préparation des données pour les barrages

Cette boîte de dialogue contient les champs suivants:

- **Nom du fichier des données pour les barrages**  
Ce champs permet de spécifier le nom du fichier des données pour les barrages (extension BAR).
- **Nom de l'essai de préparation des données pour les barrages**  
Ce champ permet de spécifier le nom de l'essai des données préparées (nom sans extension). Le fichier créés lors du traitement portera le nom indiqué dans ce champ, suivi de l'extension DNV. Ils sera généré dans le dossier spécifié dans les préférences du bassin actif (Section 1.5.11.1). Ainsi, une nouvelle préparation peut être lancée, tout en conservant les résultats de la précédente, simplement en écrivant un nouveau nom dans ce champ. Si vous spécifiez un nom d'essai déjà existant, vous serez prévenu avant que le fichier des résultats ne soient écrasés. Pour plus de détails sur ce fichier, consultez la section 5.4.3.

La longueur du champ pour le nom de l'essai est limitée à huit caractères.

Le bouton de sélection de fichiers ainsi que le bouton ouvrir ont les même fonctionnalité que ceux contenus dans la fenêtre de projet CEQUEAU (Section 1.4).

Le bouton **P**réparer permet de lancer le traitement de préparation et le bouton **V**isualiser permet d'en visualiser les résultats avec l'éditeur choisi à la section 1.5.11.3.

Pour préparer les données pour les barrages :

- 1 Choisissez **Barrages** sous **Préparation**.
- 2 Entrez le nom du fichier des données pour les barrages dans le champs approprié. Modifiez les données, si nécessaire, en cliquant sur les boutons **Ouvrir**.
- 3 Entrez un nom pour l'essai de préparation dans la liste Nom de l'essai pour les données préparées (DNV) pour créer un nouvel essai de préparation

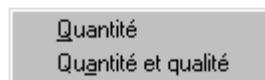
ou

Sélectionnez un essai existant dans la liste pour le remplacer.

- 5 Cliquez sur le bouton **Préparer**.

## 1.11 Le menu Simulation

Une fois les données physiographiques et hydrométéorologiques préparées, vous êtes alors en mesure de procéder aux simulations. Le menu Simulation (Figure 1.24) donne accès aux deux types de simulation disponibles: la simulation de quantité seulement et la simulation de quantité et de qualité de l'eau en rivière



**Figure 1.24 Le menu simulation**

Le traitement de simulation peut se répéter plusieurs fois, en utilisant à chaque fois de nouveaux paramètres. Tous les résultats découlant d'une simulation, ainsi que les paramètres du modèle utilisés pour cette simulation, sont associés à un nom d'*essai de simulation*. Vous pouvez conserver les résultats des simulations précédentes en utilisant un nom différent pour chaque simulation (Section 1.4.3).

Il n'est pas nécessaire de refaire la préparation des données physiographiques, hydrométéorologiques et de qualité entre chaque simulation.

### 1.11.1 Simulation - Quantité

Cette commande permet la simulation hydrologique pour un bassin versant dont les données physiographiques et hydrométéorologiques ont été préparées.

Afin de pouvoir lancer ce traitement, les fichiers suivants sont requis:

- le fichier de données physiographiques du bassin versant (nom du bassin suivi de l'extension PBR) ou un autre nom si on utilise l'option "Utiliser un fichier préparé" dans la fenêtre Projet (Figure 1.3).
- le fichier de données hydrométriques et météorologiques avec données manquantes comblées (extension HMC). Ce peut être un fichier appartenant au bassin en cours ou un fichier commun au projet.
- un fichier de paramètres de quantité associé à l'essai en cours (extension PAH).

Les fichiers de paramètres du modèle ainsi que les fichiers créés lors des simulations de quantité ou de quantité et qualité porteront le nom indiqué dans le champ "Nom de l'essai de simulation", suivi des extensions déterminées par CEQUEAU. Ils seront générés dans le dossier spécifié dans les préférences du bassin en cours (Section 1.5.11.1). Ainsi, vous pouvez lancer une nouvelle simulation, tout en conservant les paramètres et les résultats des simulations précédentes, simplement en écrivant un nouveau nom dans ce champ. C'est également ce champ qui permet à CEQUEAU d'identifier l'essai initial auquel sera relié un graphique appelé à partir du menu Graphique (Section 1.14).

On utilise normalement un nom qui identifie bien le bassin auquel l'essai appartient, tout en laissant la place à plusieurs résultats de simulation. Par exemple, dans le cas d'une simulation sur la rivière Eaton, on nommera l'essai de simulation EATON1 pour la première simulation. En renommant les simulations suivantes EATON2, EATON3, etc, on peut conserver tous les résultats. Si vous spécifiez un nom d'essai déjà existant, vous serez prévenu avant que les fichiers correspondants ne soient écrasés par une nouvelle simulation. La longueur du champ pour le nom de l'essai est limitée à huit caractères.

Il est également possible de spécifier rapidement le nom d'un essai pour lequel une simulation a déjà été effectuée en utilisant la liste des essais. Pour ce faire, appuyez sur le bouton à droite du champ. Vous pouvez alors sélectionner l'essai de votre choix dans la liste qui apparaît. Cette liste montre tous les essais contenus dans le dossier du bassin en cours.

Pour créer un nouvel essai de simulation une fois les données physiographiques, hydrométéorologiques et de qualité préparées, entrez un nouveau nom d'essai dans le champs du nom de l'essai de simulation.

Suite à ce traitement, les fichiers suivants sont produits:

- le fichier des résultats de simulation de quantité (nom de l'essai suivi de l'extension SIM).
- plusieurs fichiers de résultats de simulation de quantité pour les graphiques (nom de l'essai suivi des extensions DJO, DSP, DFI, TPF, PRE, PMT)

etc...). Ces fichiers peuvent également servir au transfert des résultats de simulation vers d'autres applications, tel un chiffrier électronique.

Suite à l'exécution de la simulation de quantité, un message vous informe du résultat du traitement. La présence d'erreurs vous y sera alors signalée, s'il y a lieu.

S'il y a des erreurs un fichier portant le nom du bassin suivi de l'extension ERS est produit. Ce fichier contient un compte rendu de l'exécution de la simulation. Vous pouvez consulter ce fichier à l'aide de l'option **V**isualisation (Section 1.13).

Pour lancer la simulation de quantité:

- 1 Choisissez un nom d'essai de simulation existant pour refaire une simulation existante

ou

tapez un nouveau nom de simulation pour créer un nouvel essai de simulation.

- 2 Choisissez **Q**uantité sous **S**imulation.

### 1.11.1.1 La simulation avec mise à jour manuelle

Dans le cas où vous relancez une simulation avec mise à jour manuelle (voir Section 5.6.3), la boîte de dialogue permettant la correction des variables d'entrées et d'état (Figure 1.25) apparaît. Au besoin vous modifiez ces variables puis vous appuyez sur Ok.

La colonne **Actif** permet d'activer ou non une correction. Un X devant une correction signifie que la correction sera effectuée. Pour rendre active ou non une correction, cliquez sur la case **Actif** correspondante.

Les colonnes **Date début** et **Date fin** permettent de spécifier les dates de début et de fin pendant laquelle la correction agira. Pour modifier ces dates, cliquez sur la case pour faire apparaître la liste des dates pour lesquelles la mise à jour peut-être effectuée.

La colonne **Paramètre** permet de spécifier la variable à corriger. Pour spécifier une variable, cliquez sur la case pour faire apparaître la liste des sept (7) variables pouvant être modifiés.

Les colonnes **Correction absolue** et **Correction relative** permettent de spécifier la correction à appliquer à la variable choisie. Une correction absolue correspond à une valeur qui sera ajoutée à la variable à corriger tandis que dans le cas d'une correction relative, la nouvelle valeur de la variable sera le produit de la valeur initiale par la correction relative. Il est recommandé d'appliquer qu'une seule correction, relative ou absolue, pour chaque

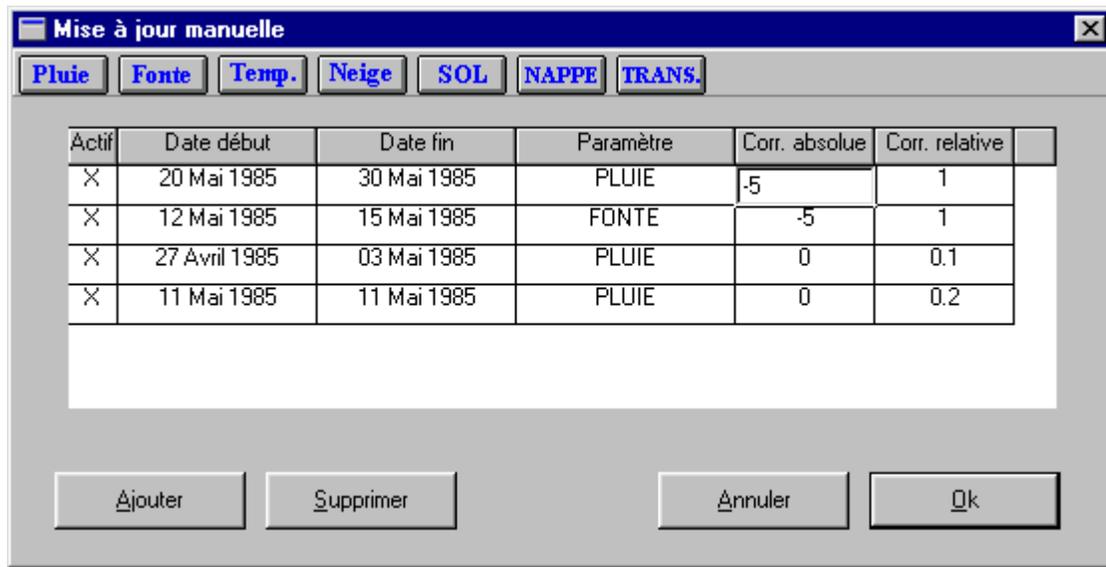


Figure 1.25 La boîte de dialogue des corrections des variables pour la mise à jour manuelle

ligne de correction. Dans le cas où des corrections absolue et relatives sont entrées, la correction absolue sera effectuée et le facteur de correction relative s'appliquera ensuite.

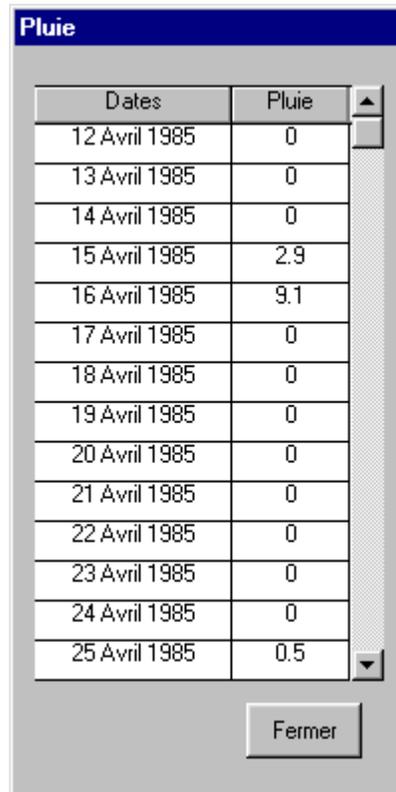
Le bouton **Ajouter** permet d'ajouter une ligne de correction au tableau des corrections. Lors de l'ajout d'une nouvelle correction, le paramètre par défaut est la PLUIE et la valeur par défaut pour la correction absolue est 0 et celle pour la correction relative est de 1, ce qui, en réalité, n'offre aucune correction.

Le bouton **Supprimer** permet de supprimer la ligne de correction active.

La barre de bouton situé dans le haut de la fenêtre "Mise à jour manuelle" permet d'afficher les valeurs des variables pour la période de mise à jour (MAJMAN) spécifiée sur le vecteur OPTION (Annexe I.1.4) du fichier de paramètres (extension PAH). Ces variables sont:

- La pluie
- La fonte
- La température
- Le stock de neige au sol
- Le niveau du réservoir SOL
- Le niveau du réservoir NAPPE
- La quantité d'eau dans le réservoir TRANSFERT

Pour afficher les valeurs d'une variable, cliquez sur le bouton correspondant. Les valeurs s'affichent dans une fenêtre (Figure 1.26). Il est possible d'afficher plus d'une fenêtre de variables à la fois.



Dates	Pluie
12 Avril 1985	0
13 Avril 1985	0
14 Avril 1985	0
15 Avril 1985	2.9
16 Avril 1985	9.1
17 Avril 1985	0
18 Avril 1985	0
19 Avril 1985	0
20 Avril 1985	0
21 Avril 1985	0
22 Avril 1985	0
23 Avril 1985	0
24 Avril 1985	0
25 Avril 1985	0.5

**Figure 1.26** La fenêtre de la variable **Pluie** pour la mise à jour manuelle

Le bouton **Annuler** permet de fermer la fenêtre "Mise à jour manuelle" et revenir à la fenêtre précédente.

Pour relancer la simulation, cliquez sur le bouton **OK**.

Une fois la simulation terminée, le graphique de la mise à jour manuelle apparaît (Figure 1.27). Pour modifier à nouveau les paramètres et relancer la simulation, cliquez sur le bouton **Mise à jour**. Le graphique se met automatiquement à jour après chaque simulation. Pour plus de détails sur les options du graphique de mise à jour manuelle voir la section 5.6.3.

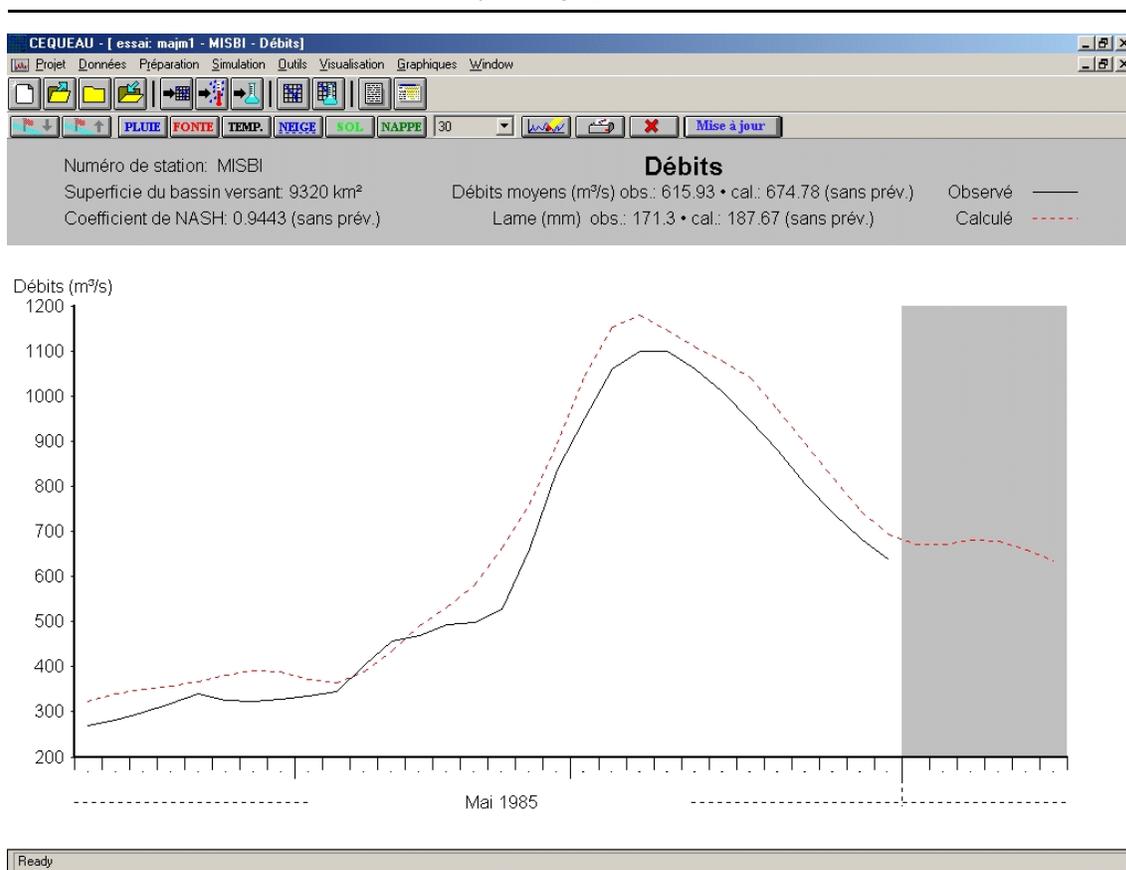


Figure 1.27 Le graphique des débits observés et calculés avec mise à jour manuelle

### 1.11.2 Simulation - Quantité et qualité

Cette commande permet la simulation hydrologique et la simulation des paramètres de qualité de l'eau en rivière pour un bassin versant dont les données physiographiques, hydrométéorologiques et de qualité ont été préparées.

Afin de pouvoir lancer ce traitement, les fichiers suivants sont requis:

- le fichier de données physiographiques du bassin versant (nom du bassin suivi de l'extension PBR) ou un autre nom si on utilise l'option "Utiliser un fichier préparé" dans la fenêtre Projet (Figure 1.3).
- le fichier de données hydrométriques et météorologiques avec données manquantes comblées. Ça peut être un fichier appartenant au bassin en cours ou un fichier commun au projet (nom suivi de l'extension HMC).

- les fichiers de paramètres de quantité et de qualité associé à l'essai en cours (extension PAH et PAQ).

Vous devez également spécifier le nom de l'essai pour les résultats de simulation. Si un essai portant le même nom existe dans le dossier pour le bassin, un message vous préviendra avant que l'essai ne soit écrasé.

Pour créer un nouvel essai de simulation une fois les données physiographiques, hydrométéorologiques et de qualité préparées, entrez un nouveau nom d'essai dans le champs du nom de l'essai de simulation.

Suite à ce traitement, les fichiers suivants sont produits:

- le fichier des résultats de simulation de quantité et de qualité (nom de l'essai de simulation suivi de l'extension SIM).
- les fichiers des résultats de simulation de qualité pour les graphiques (nom de l'essai de simulation suivi des extensions TEC, SSC, ODC, DBC, SDC). Ces fichiers peuvent également servir à la sauvegarde des données pour leur transfert vers d'autres applications.
- de façon optionnelle, les fichiers des résultats de simulation de quantité pour les graphiques (nom de l'essai de simulation suivi des extension DJO, DSP, DFI, TPF etc...). Ces fichiers peuvent également servir au transfert des résultats de simulation vers d'autres applications, tel un chiffrier électronique.

Un fichier portant le nom du bassin avec l'extension ERS est également produit si il y a des erreurs. Ce fichier contient un compte rendu de l'exécution de la simulation. En cas d'erreur, vous pouvez consulter ce fichier à l'aide de l'option Visualisation (Section 1.13).

Suite à l'exécution de la simulation de quantité et de qualité, un message vous informe du résultat du traitement. La présence d'erreurs vous y sera alors signalée, s'il y a lieu.

Pour lancer la simulation de quantité et de qualité:

- 1 Choisissez un nom d'essai de simulation existant pour refaire une simulation existante

ou

tapez un nouveau nom de simulation pour créer un nouvel essai de simulation.

- 2 Choisissez **Q**uantité et qualité sous **S**imulation.

## 1.12 Le menu Outils

Le menu Outils (Figure 1.28) donne accès à des outils facilitant la première approximation des paramètres d'évaporation ou au programme d'optimisation des paramètres hydrologiques de CEQUEAU.

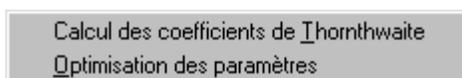


Figure 1.28 Le menu Outils

### 1.12.1 Outils – Calcul des coefficient de Thornthwaite

L'item "Calcul des coefficient de Thornthwaite" du menu **O**utils permet d'estimer les coefficients XAA et XIT de la formule d'évaporation de Thornthwaite. Cet item fait apparaître la boîte de dialogue montrée à la Figure 1.29.

Pour calculer les coefficients de Thornthwaite:

- 1 Dans le fenêtre Projet Choisissez Calcul des coefficient de Thornthwaite sous **O**utils.
- 2 Entrez les valeurs des températures de l'air( °C) moyennes pour chacun des mois (si la température moyenne est inférieure à 0 °C le programme introduit 0)
- 3 Cliquez sur le bouton **C**alculer.

Les données des températures moyennes de l'air seront gardé dans un fichier ayant pour nom, le nom de l'essai apparaissant dans la fenêtre Projet suivi de l'extension *tho*. Si on relance le calcul de coefficients de Thornthwaite avec le même nom d'essai affiché dans la fenêtre Projet la boîte de dialogue pour le calcul des coefficients affiche les températures déjà introduites.

	Temp. moyennes
Janvier	0
Février	0
Mars	0
Avril	1.2
Mai	10.9
Juin	16.7
Juillet	22.4
Août	21.3
Septembre	15.2
Octobre	10.4
Novembre	2.3
Décembre	

Exposant de la formule de Thornthwaite  
XAA = 1.0796

Valeur de l'index de Thornthwaite  
XIT = 36.776

Calculer

Fermer

Figure 1.29 La boîte de dialogue pour le calcul des coefficients de Thornthwaite

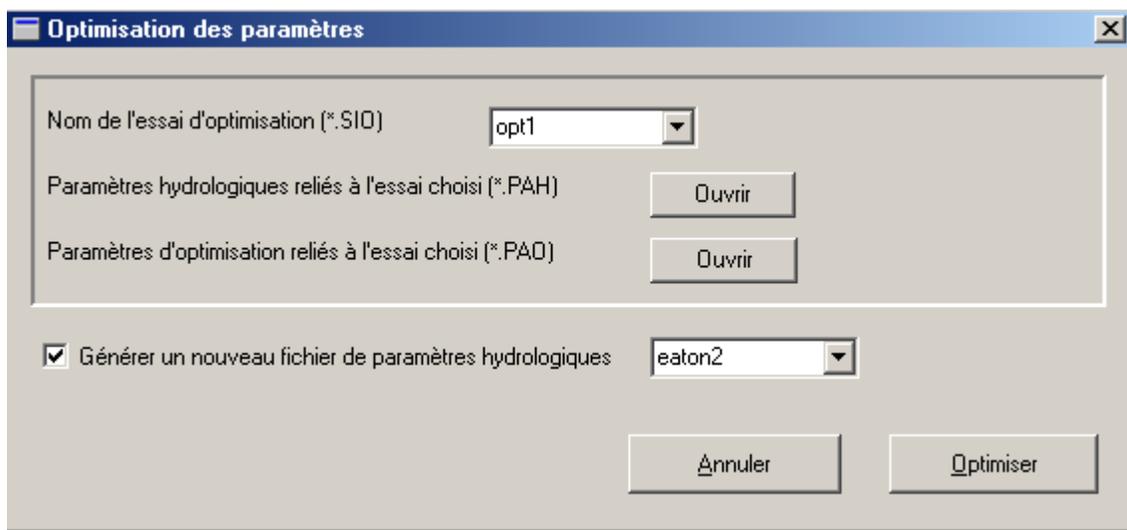
### 1.12.2 Outils – Optimisation des paramètres

L'item **Optimisation des paramètres** du menu **Outils** permet d'effectuer l'optimisation des principaux paramètres du modèle de simulation de quantité. Cet item fait apparaître la boîte de dialogue montrée à la Figure 1.30.

Cette boîte de dialogue contient les items suivants :

- **Nom de l'essai d'optimisation**

L'item "Nom de l'essai d'optimisation" permet de spécifier le nom de l'essai de simulation pour lequel vous désirez optimiser les paramètres. Les fichiers créés lors du traitement porteront le nom indiqué dans ce champ, suivi de



**Figure 1.30** La boîte de dialogue de l'optimisation des paramètres

l'extension appropriée. Ils seront générés dans le dossier spécifié dans les préférences du bassin actif (Section 1.5.11.1). Ainsi, une nouvelle optimisation peut être lancée, tout en conservant les paramètres et les résultats de la précédente, simplement en écrivant un nouveau nom dans ce champ. Si vous spécifiez un nom d'essai déjà existant, vous serez prévenu avant que le fichiers des résultats d'optimisation ne soient écrasés

La longueur du champ pour le nom de l'essai est limitée à huit caractères.

- **Paramètres hydrologiques reliés à l'essai choisi**

Cet item réfère au fichier des paramètres et options du modèle hydrologique (nom de l'essai suivi de l'extension PAH). Pour plus de détails, voir la section 5.4 et 5.8. Ce fichier de paramètres constitue un fichier d'entrée et ne sera donc pas modifié par le traitement d'optimisation.

- **Paramètres d'optimisation reliés à l'essai choisi**

Cet item réfère aux fichier des paramètres d'optimisation du modèle (nom de l'essai suivi de l'extension PAO). Pour plus de détails, voir la section 5.11. Ce fichier de paramètres constitue également un fichier d'entrée et ne sera donc pas modifié par le traitement d'optimisation.

- **Générer un nouveau fichier des paramètres**

Lorsque la case Générer un nouveau fichier des paramètres est cochée, un nouveau fichier des paramètres hydrologique (extension PAH) sera créé dans le dossier du bassin en cours. La liste à droite de cet item permet de nommer le nouveau fichier ou d'utiliser le nom d'un fichier existant. Dans ce dernier cas, le fichier sera remplacé. Ce fichier contiendra les valeurs optimisées des paramètres et pourra ensuite servir à produire un nouvel essai de simulation.

Pour optimiser les paramètres hydrologiques :

- 1 Choisissez **O**ptimisation des paramètres sous **O**utils.
- 2 Entrez un nom pour l'essai d'optimisation dans la fenêtre "Nom de l'essai d'optimisation" pour créer un nouvel essai d'optimisation

ou

Sélectionnez un essai existant dans la liste pour le remplacer.

- 3 Modifiez les paramètres hydrologiques et les paramètres d'optimisation, si nécessaire, en cliquant sur les boutons **O**uvrir.
- 4 Pour générer un nouveau fichier des paramètres contenant les valeurs optimisées des paramètres, cochez la case "**Générer un nouveau fichier de paramètres hydrologiques**" et entrez un nouveau nom d'essai dans la liste si vous désirez générer un nouveau fichier de paramètres

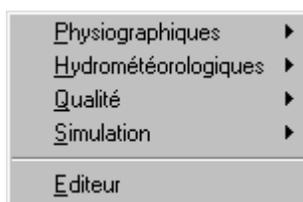
ou

sélectionnez un essai existant que vous désirez remplacer dans la liste.

- 5 Cliquez sur le bouton **O**ptimiser.

## 1.13 Le menu Visualisation

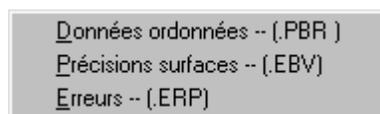
Le menu Visualisation (Figure 1.31) donne accès à l'éditeur que vous avez choisi (1.5.11.3) pour la visualisation des différents fichiers créés par CEQUEAU.



**Figure 1.31 Le menu Visualisation**

### 1.13.1 Visualisation - Physiographiques

Le sous-menu **Physiographiques** du menu **Visualisation** (Figure 1.32) donne accès aux fichiers créés lors de la préparation des données physiographiques.



**Figure 1.32 Le sous-menu Visualisation – Physiographiques**

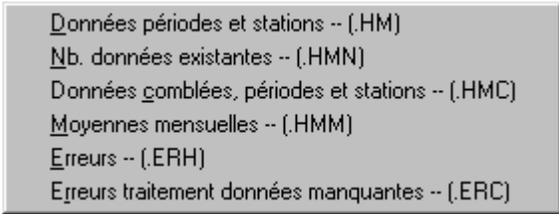
Pour visualiser un fichier résultant de la préparation des données physiographiques:

- 1 Choisissez **P**hysiographique sous **V**isualisation.
- 2 Choisissez le fichier que vous voulez visualiser parmi:
  - Données physiographiques ordonnées - (.PBR)
  - Précisions de surface - (.EBV)
  - Erreurs - (.ERP)

Le fichier des erreurs (.ERP) existe seulement si il y a eu des erreurs lors de la préparation des données physiographiques. Pour plus de détails concernant les fichiers résultant de la préparation des données physiographiques, consultez le chapitre 2.

### 1.13.2 Visualisation - Hydrométéorologiques

Le sous-menu **Hydrométéorologiques** du menu **Visualisation** (Figure 1.33) donne accès aux fichiers créés lors de la préparation des données hydrométéorologiques.



Données périodes et stations -- (.HM)  
Nb. données existantes -- (.HMN)  
Données complées, périodes et stations -- (.HMC)  
Moyennes mensuelles -- (.HMM)  
Erreurs -- (.ERH)  
Erreurs traitement données manquantes -- (.ERC)

**Figure 1.33 Le sous-menu Visualisation – Hydrométéorologiques**

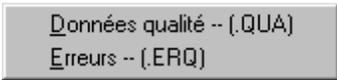
Pour visualiser un fichier résultant de la préparation des données hydrométéorologiques:

- 1 Choisissez **H**ydrométéorologiques sous **V**isualisation.
- 2 Choisissez le fichier que vous voulez visualiser parmi:
  - Données périodes et stations - (.HM)
  - Nombre de données existantes - (.HMN)
  - Données hydrométéorologiques complées - (.HMC)
  - Moyennes mensuelles - (.HMM)
  - Erreurs - (.ERH)
  - Erreurs de traitement des données manquantes - (.ERC)

Les fichiers des erreurs (.HM, .ERH et .ERC) existent seulement si il y a eu des erreurs lors de la préparation des données hydrométéorologiques. Pour plus de détails concernant les fichiers résultant de la préparation des hydrométéorologiques, consultez le chapitre 3.

### 1.13.3 Visualisation - Qualité

Le sous-menu **Qualité** du menu **Visualisation** (Figure 1.34) donne accès aux fichiers créés lors de la préparation des données de qualité.



Données qualité -- (.QUA)  
Erreurs -- (.ERQ)

**Figure 1.34 Le sous-menu Visualisation – Qualité**

Pour visualiser un fichier résultant de la préparation des données de qualité:

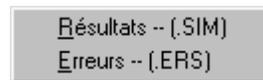
- 1 Choisissez **Q**ualité sous **V**isualisation.
- 2 Choisissez le fichier que vous voulez visualiser parmi:

- Données de qualité - (.QUA)
- Erreurs - (.ERQ)

Le fichier des erreurs (.ERQ) existe seulement si il y a eu des erreurs lors de la préparation des données de la qualité de l'eau en rivière. Pour plus de détails concernant les fichiers résultant de la préparation des données de qualité, consultez le chapitre 4.

### 1.13.4 Visualisation - Simulation

Le sous-menu **Simulation** du menu **Visualisation** (Figure 1.35) donne accès aux fichiers créés lors des traitements de simulation.



**Figure 1.35 Le sous-menu Visualisation – Simulation**

Pour visualiser un fichier résultant d'une simulation:

- 1 Choisissez **S**imulation sous **V**isualisation.
- 2 Choisissez le fichier que vous voulez visualiser parmi:
  - Résultats de simulation - (.SIM)
  - Erreurs - (.ERS)

Le fichier des erreurs de simulation (.ERS) existe seulement si il y a eu des erreurs lors de la simulation de quantité ou de qualité. Pour plus de détails concernant les fichiers résultant des simulations, consultez les chapitre 5 et 6.

### 1.13.5 Visualisation - Éditeur

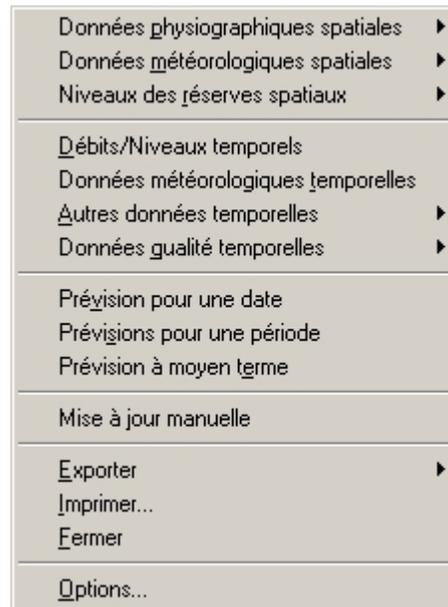
L'item **Editeur** du menu **Visualisation** lance l'éditeur choisi pour la visualisation des fichiers (1.5.11.3). Le dossier par défaut est celui du bassin actif ou le dossier de CEQUEAU dans le cas où aucun projet n'est ouvert.

Pour lancer l'éditeur:

- 1 Choisissez **E**diteur sous **V**isualisation.

## 1.14 Le menu Graphiques

Le menu **Graphiques** (Figure 1.36) offre l'accès aux différents graphiques permettant d'analyser les résultats des simulations sous la forme de graphiques.



**Figure 1.36 Le menu Graphiques**

Le menu Graphiques est divisé en six sections permettant d'accéder aux éléments suivants :

1. Les **graphiques des données spatiales** qui offrent la possibilité de représenter en plan les carreaux entiers d'un bassin versant, auxquels sont associées des valeurs physiographiques, météorologiques ou de niveaux des réserves. Les données météorologiques et les niveaux dans les réservoirs sont représentés pour des dates spécifiques.
2. Les **graphiques des données temporelles** qui montrent l'évolution de diverses valeurs en fonction du temps.
3. Les **graphiques des prévisions** qui présente trois types de graphiques des prévisions des débits.
4. Le **graphique de mise à jour manuelle** qui permet d'afficher les résultats des simulations effectuées en mode mise à jour manuelle.

5. Les choix relatifs à un graphique paraissant à l'écran. L'option **Exporter** permet d'exporter le graphique paraissant à l'écran, sous la forme d'un fichier BMP ou d'exporter les données du graphique dans un fichier texte (.TXT). L'option **Imprimer** permet de demander l'impression du graphique et l'option **Fermer** permet de fermer le graphique. Ces choix sont actifs seulement si un graphique est affiché à l'écran.
6. L'item **options** fait afficher la boîte de dialogue des options pour le graphique en cours.

Chaque graphique s'affiche dans sa propre fenêtre. Une barre de bouton spécifique à chaque type de graphique fait partie de la fenêtre. Cette barre permet de modifier rapidement certaines options sans passer par le menu **Graphiques - Options**. Comme dans le cas de la barre de bouton de l'environnement CEQUEAU, vous pouvez obtenir une description des fonctions sur la barre d'état en plaçant le pointeur de la souris au-dessus de chacun des boutons.

Chaque graphique est associé au bassin en cours lors de sa création et, plus spécifiquement, les données qu'il représente sont associées à l'essai qui était choisi pour ce bassin. Par la suite, on peut modifier l'essai auquel un graphique est associé en modifiant ses options.

Tous les graphiques apparaissant dans CEQUEAU sont automatiquement mis à jour à la suite d'une nouvelle simulation reliée à l'essai auquel ils sont associés. Par exemple, si deux graphiques sont affichés, associés respectivement aux essais *EATON1* et *EATON2* et que l'on relance une simulation pour l'essai *EATON1*, seul le graphique associé à ce dernier essai sera mis à jour.

## 1.14.1 Les graphiques des données spatiales

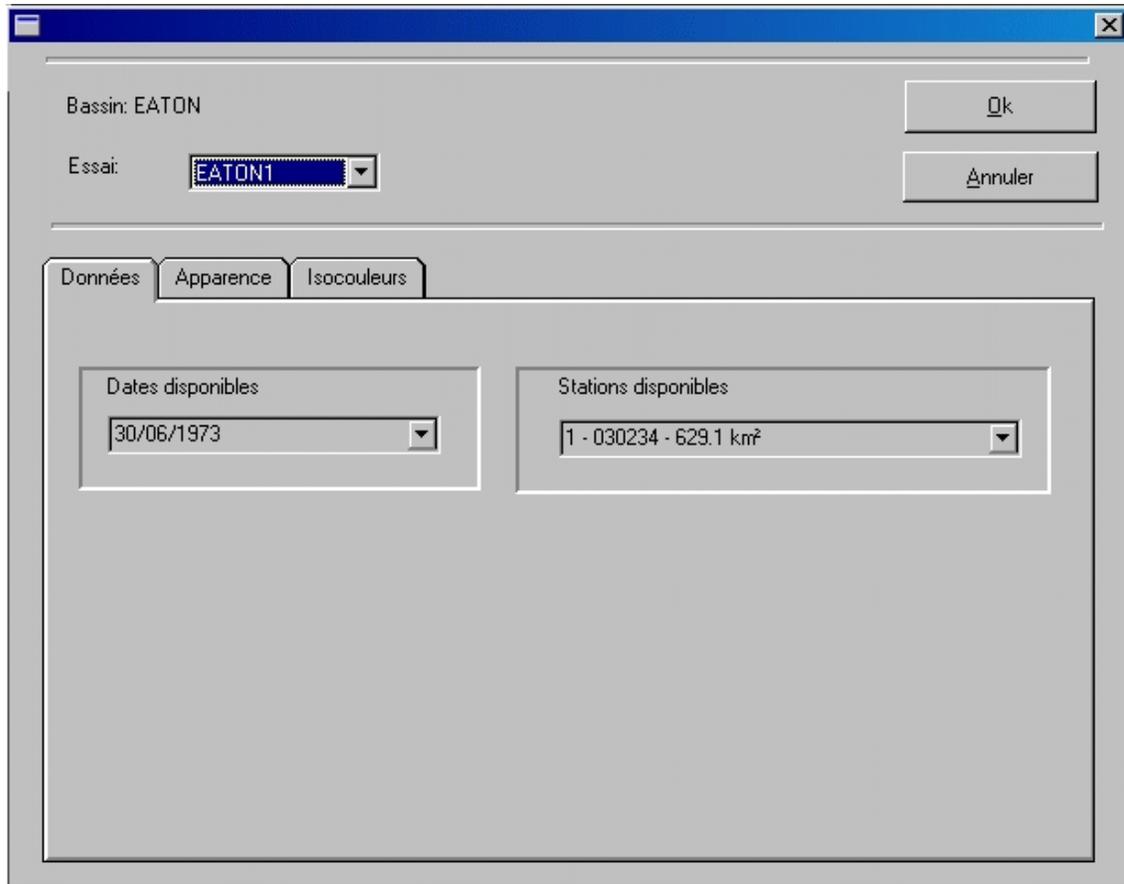
Les graphiques des données spatiales offrent la possibilité de voir la variation spatiale des données physiographiques, des données météorologique ou des niveaux d'eau dans les réservoirs.

Les données physiographiques sont toujours disponibles alors que les données météorologiques et les niveaux d'eau dans les réservoirs sont représentés pour des dates spécifiques. Les dates et le type de données, météorologiques ou de niveaux d'eau désirées, sont spécifiés sur des vecteurs du fichier de paramètres (.PAH) du modèle (voir section 5.8)

### 1.14.1.1 Les options des graphiques des données spatiales

La boîte de dialogue des options des graphiques des données spatiales (Figure 1.37) est constituée de trois pages permettant de modifier les options correspondant respectivement aux données affichées, à l'apparence et aux isocouleurs. Les items **Données**, **Apparence**

et **Isocouleurs** permettent de passer aux différentes pages qui constituent cette boîte de dialogue. Pour passer d'une page à l'autre, appuyez sur l'onglet de la page voulue.

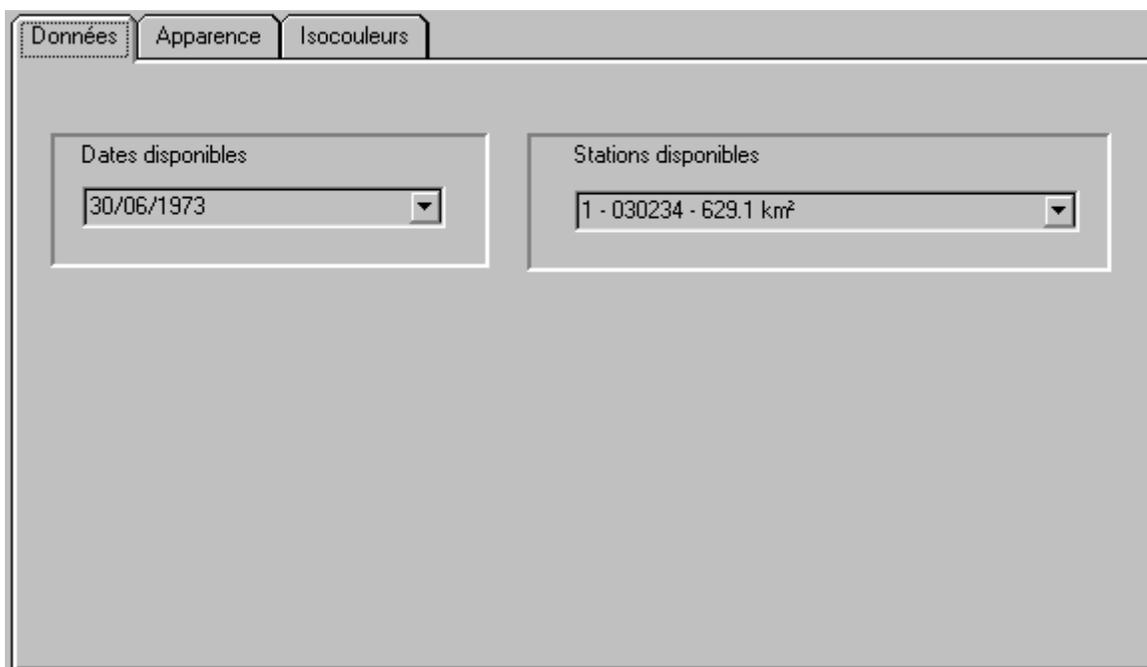


**Figure 1.37 La boîte de dialogue des options des graphiques spatiales**

La partie supérieure de la boîte affiche le nom du bassin actif et le nom de l'essai auxquels le graphique est associé. Il est possible de modifier l'essai directement à partir de la boîte de dialogue des options en choisissant parmi les essais dans la liste.

#### 1.14.1.1.1 La page Données

La figure 1.38 montre la page **Données** de la boîte de dialogue des options des graphiques des données spatiales.



**Figure 1.38** La page **Données** de la boîte de dialogue des options des graphiques spatiales

L'item **Dates disponibles** donne accès, en appuyant sur le bouton situé à droite du champ, à la liste de toutes les dates disponibles dans cette simulation, pour ce type de graphique. Cet item n'apparaît pas dans le cas des graphiques des données physiographiques spatiales, là où aucune date n'est impliquée.

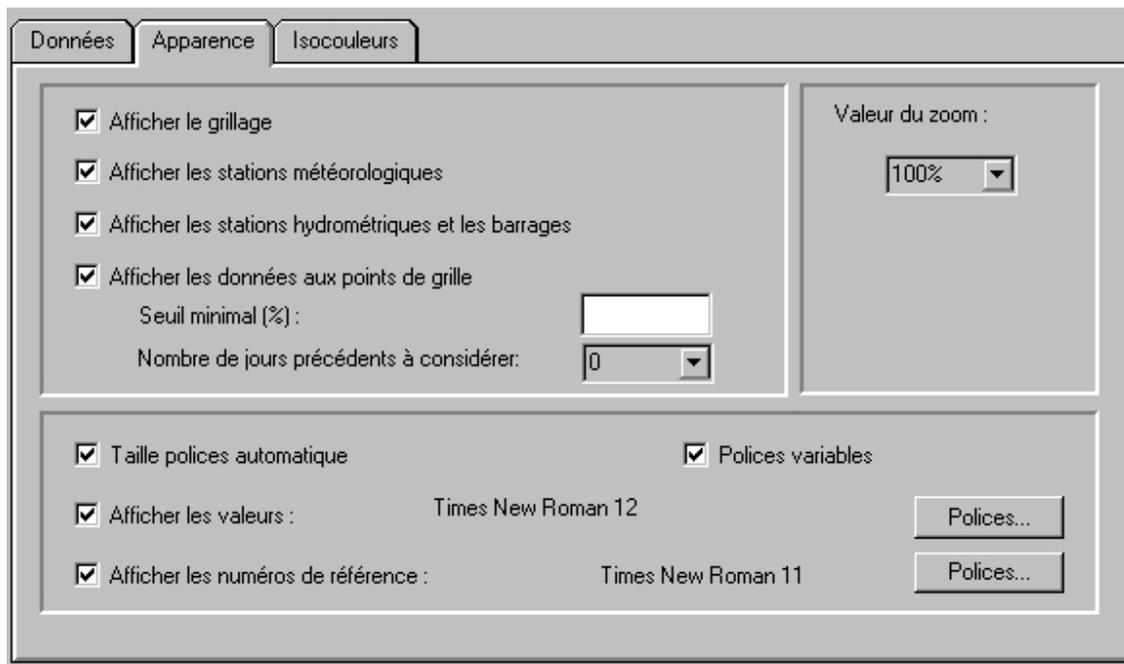
L'item **Station disponibles** donne accès à la liste de toutes les stations disponibles dans cette simulation en appuyant sur le bouton situé à droite du champ.

#### 1.14.1.1.2 La page **Apparence**

La figure 1.39 montre la page **Apparence** de la boîte de dialogue des options des graphiques des données spatiales.

L'item **Afficher le grillage** contrôle l'apparition du grillage délimitant les carreaux entiers du bassin versant. Le grillage est utile pour repérer les coordonnées des carreaux.

L'item **Afficher les stations météorologiques** permet l'affichage des symboles représentant les stations météorologiques.



**Figure 1.39** La page Apparence de la boîte de dialogue des options des graphiques spatiales

L'item **Afficher les stations hydrométriques et les barrages** permet l'affichage des symboles représentant les stations hydrométriques et les barrages.

L'item **Afficher les données aux points de grille** permet l'affichage sur les graphique de neige au sol de hachure indiquant pour chaque carreau si la neige estimé par données satellite (fichier .PGN) est supérieur ou inférieur au seuil minimal (%) fixé à la ligne suivante. Les données satellites n'étant pas disponibles à chaque jour on peut fixer le nombre de jour précédent à considérer pour que l'affichage des hachures soient faites si on a une date de relevé par satellite dans les "X" jours précédents la date d'affichage de la neige au sol.

L'item **Taille polices automatique** détermine automatiquement la taille des polices pour les valeurs ainsi que pour les numéros de référence en fonction de la dimension des carreaux dans une fenêtre de graphique en pleine page. Bien que le type de la police choisi par l'usager reste actif, sa taille n'a plus aucun effet si cette option est activée. Il est recommandé d'activer cette option.

L'item **Afficher les valeurs** contrôle l'affichage, au centre de chaque carreau entier, de la valeur qui est associée à ce carreau.

L'option **Afficher les numéros de référence** permet l'affichage des numéros de référence des carreaux entiers dans le coin supérieur gauche du carreau (1 à NBCE).

L'item **Valeur du zoom** permet de fixer la valeur initiale de la dimension du bassin versant. Il est recommandé de conserver la valeur initiale à 100%.

Les boutons **Polices...** associés aux valeurs et aux numéros de référence permettent de choisir la police associée à l'affichage de ces items. Ces boutons amènent une boîte de dialogue offrant la liste des polices disponibles dans votre environnement Windows.

L'item **Polices variable** fait varier la taille de la police choisie en fonction des dimensions de la fenêtre. Cette option n'a cependant aucun effet lors de l'impression des graphiques, où les polices sont toujours variables en s'adaptant aux dimensions du papier utilisé. Il est recommandé d'activer cette option.

### 1.14.1.1.3 La page Isocouleurs

La Figure 1.40 montre la page **Isocouleurs** de la boîte de dialogue des options des graphiques des données spatiales. isocouleurs.

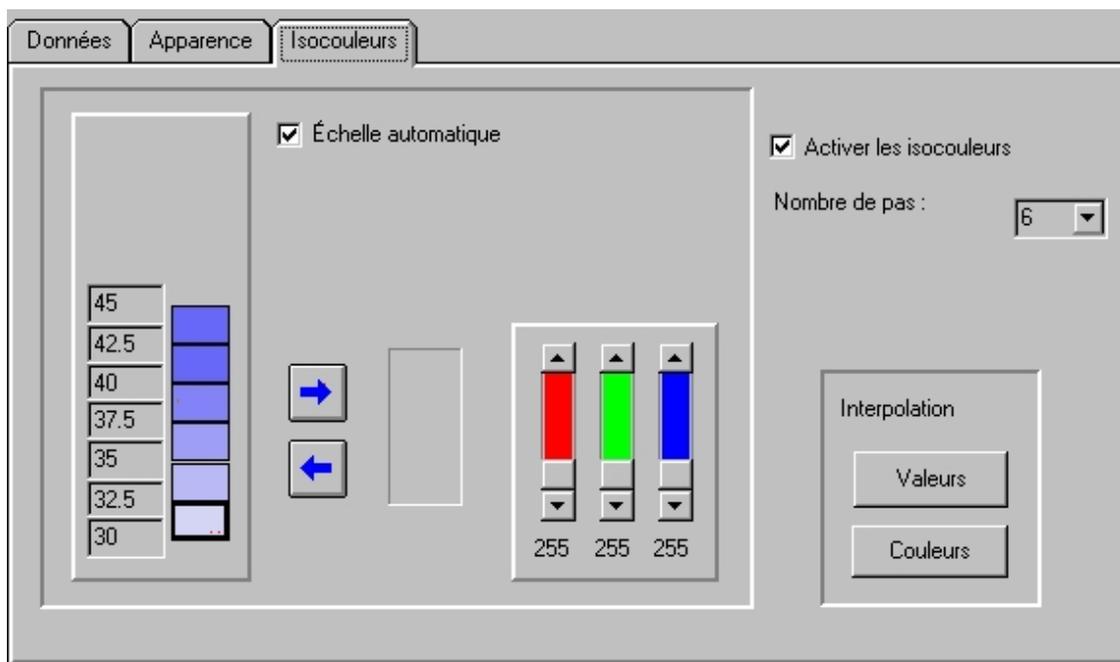


Figure 1.40 La page Isocouleurs de la boîte de dialogue des options des graphiques spatiales

L'item **Activer les isocouleurs** permet d'activer ou non la représentation des valeurs associées aux carreaux entiers sous la forme d'un dégradé de couleurs. Lorsque cette option est activée, les carreaux entiers contenus dans le bassin ou le sous-bassin représenté se voient attribuer une couleur correspondant à leur valeur selon l'échelle des isocouleurs. Lorsque cette option est désactivée, l'ensemble du bassin versant est représenté de couleur gris clair. Les sous-bassins se distinguent du reste du bassin par leur couleur grise foncée.

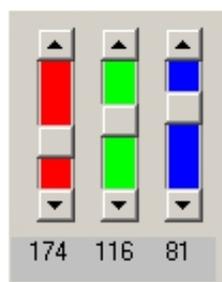
L'item **Echelle automatique** permet de déterminer automatiquement les valeurs constituant l'échelle en fonction des valeurs extrêmes. Lorsque cette option est activée, les valeurs choisies pour l'échelle n'ont aucun effet. Lorsque **Echelle automatique** est désactivée, vous pouvez modifier les valeurs de l'échelle ainsi que les couleurs leur étant associées.

L'option **Nombre de pas** permet de fixer le nombre de pas de la gamme de couleurs de l'échelle des isocouleurs. L'échelle peut compter de 1 à 10 pas.

L'option **Interpolation** permet d'interpoler les valeurs et les couleurs intermédiaires de l'échelle des isocouleurs. Les valeurs minimum et maximum ainsi que les deux couleurs leur étant associées sont conservées et servent à déterminer les valeurs et couleurs intermédiaires.

Pour associer une couleur à l'échelle, dans la page des isocouleurs:

- 1 Déterminez la couleur à l'aide des curseurs Rouge Vert et Bleu.



- 2 Sélectionnez la couleur à remplacer dans l'échelle en cliquant avec la souris.
- 3 Cliquez sur  pour affecter la couleur modifiée à l'échelle.

Pour modifier une couleur de l'échelle:

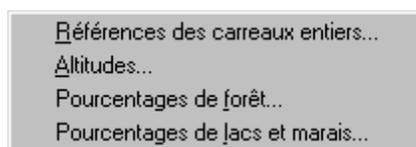
- 1 Sélectionnez la couleur à modifier dans l'échelle en cliquant avec la souris.

- 2 Cliquez sur  pour affecter la couleur à modifier aux curseurs Rouge Vert Bleu.
- 3 Modifiez la couleur à l'aide des curseurs Rouge Vert Bleu.
- 4 Sélectionnez une autre couleur dans l'échelle, si désiré.
- 5 Cliquez sur  pour affecter la couleur modifiée à celle sélectionnée dans l'échelle.

Contrairement à la fonction **Préférence** du menu **Projet**, les modifications effectuées ici ne sont pas enregistrées dans la configuration de CEQUEAU.

### 1.14.1.2 Graphiques – Données physiographiques spatiales

Le sous-menu **Données physiographiques spatiales** du menu **Graphiques** (Figure 1.41) permet d'obtenir la représentation spatiale de quatre paramètres physiographiques pour le bassin versant ainsi que pour chaque sous bassin.



**Figure 1.41** Le sous-menu **Graphiques - Données physiographiques spatiales**

Ces paramètres sont:

- les numéros de référence des carreaux entiers;
- les altitudes moyennes des carreaux entiers;
- les pourcentages de forêt sur les carreaux entiers;
- les pourcentages de lacs et marais sur les carreaux entiers.

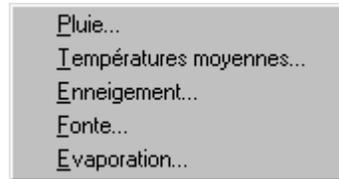
Pour afficher un graphique des **Données physiographiques spatiales**, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez **Données physiographiques spatiales** sous **G**raphiques.
- 2 Choisissez le graphique que vous désirez.

- 3 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

### 1.14.1.3 Graphiques - Données météorologiques spatiales

Le sous-menu Données météorologiques spatiales du menu Graphiques (Figure 1.42) permet d'obtenir la représentation spatiale de quatre paramètres météorologiques pour le bassin versant ainsi que pour chaque sous bassin.



**Figure 1.42 Le sous-menu Graphiques - Données météorologiques spatiales**

Ces paramètres sont:

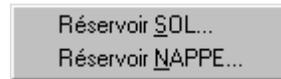
- la pluie sur les carreaux entiers;
- la température moyennes de l'air sur les carreaux entiers;
- l'enneigement sur les carreaux entiers;
- la fonte sur les carreaux entiers;
- l'évaporation sur les carreaux entiers.

Pour afficher un graphique des Données météorologiques spatiales, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez Données météorologiques spatiales sous **G**raphiques.
- 2 Choisissez le graphique que vous désirez.
- 3 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

### 1.14.1.4 Graphiques - Niveaux des réserves spatiales

Le sous-menu Niveaux des réserves spatiales du menu Graphiques (Figure 1.43) permet d'obtenir la représentation spatiale des niveaux des réserves pour le bassin versant ainsi que pour chaque sous bassin.



**Figure 1.43 Le sous-menu Graphiques – Niveaux des réserves spatiaux**

Les niveaux des réserves sont:

- les niveaux d'eau du réservoir SOL des carreaux entiers;
- les niveaux d'eau du réservoir NAPPE des carreaux entiers.

Pour afficher un graphique des Niveaux des réserves spatiales, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez Niveaux des réserves spatiales sous **G**raphiques.
- 2 Choisissez le graphique que vous désirez.
- 3 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

## **1.14.2 Les graphiques des données temporelles**

Les graphiques des données temporelles offrent la possibilité de représenter les variables observées et calculées en fonction du temps. Plusieurs de ces graphiques sont utilisés pour comparer les valeurs observées et calculées soit pour améliorer l'ajustement des paramètres soit pour la vérification de la précision des résultats pour la période de calibration. Quelques critères numériques sont également affichés sur quelques graphiques (Vois section 5.12)

### **1.14.2.1 Les options des graphiques des données temporelles**

La boîte de dialogue des options des graphiques des données temporelles (Figure 1.44) est constituée d'un maximum de quatre pages permettant de modifier les options correspondant respectivement aux données affichées, aux valeurs discontinues et concomitantes, au graphique de la météo et finalement à l'apparence. Pour passer d'une page à l'autre, appuyez sur l'onglet de la page voulue.

La partie supérieure de la boîte affiche le bassin et l'essai auxquels le graphique est associé. Il est possible de modifier l'essai directement à partir de la boîte de dialogue des options en choisissant parmi les essais dans la liste.

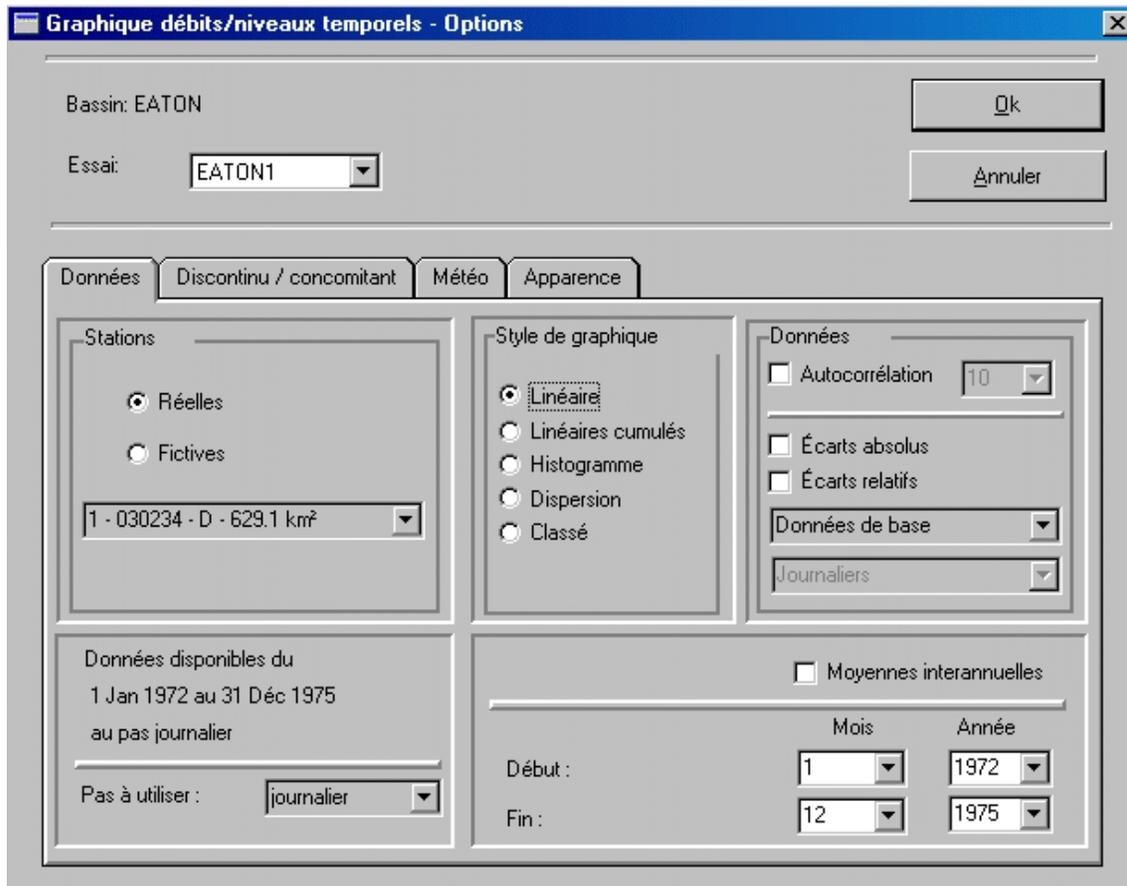


Figure 1.44 La boîte de dialogue des options des graphiques temporels

#### 1.14.2.1.1 La page Données

La figure 1.45 montre la page **Données** de la boîte de dialogue des options des graphiques des données temporelles.

L'item **Stations** permet de sélectionner le type de stations (**Réelles** ou **Fictives**) qui constitueront la liste de la ligne montrant les numéros des stations disponibles. Cette dernière permet de choisir, une station parmi toutes les stations disponibles dans cette simulation en appuyant sur le bouton situé à droite du champ.

L'item **Pas à utiliser** permet de spécifier un pas différent de celui résultant de la simulation. La liste des pas affiche tous les pas disponibles en fonction du pas des résultats de simulation. Par exemple pour une simulation journalière les pas disponibles

sont: journalier ou mensuel. Pour une simulation horaire les pas disponibles sont: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 heures et journalier ou mensuel.

**Figure 1.45** La page **Données** de la boîte de dialogue des options des graphiques des données temporelles

L'item **Style de graphique** permet de choisir le style de représentation du graphique. Puisque les styles de représentations ne s'appliquent pas à toutes les séries de données, seuls les styles disponibles pour les données choisies seront actifs.

Dans le cas du graphique des données météorologiques temporelles, cet item est remplacé par l'item **Météo** qui permet de choisir la ou les données météorologiques (**Pluie, Fonte, Température**) qui seront représentées dans le graphique. Il n'est pas possible de modifier le style d'un graphique des données météorologiques.

L'item **Autocorrélation** du groupe **Données** permet de représenter le graphique de l'autocorrélation des données pour les ordres 1 à 30, 10 est la valeur par défaut

Les item **Écart absolu** et **Écart relatif** du groupe **Données** permettent de représenter les écarts entre les valeurs observées et calculés. Dans le cas des écarts relatifs, les données observées constituent la référence. Pour obtenir l'autocorrélation des résidus on coche les items **Autocorrélation** et **Écart absolu**.

Les deux derniers items du groupe **Données** permettent d'utiliser pour le graphique les **Données de base** ou d'utiliser les **Minimum** et les **Maximum** des données. Dans ce dernier cas l'item suivant permet de choisir la base **Journalière** ou **Mensuelle**. Par

exemple, si vous choisissez maximum et journalier, et que vos données simulées correspondent à des débits aux 2 heures, vous obtiendrez un graphique représentant, pour chaque jour, le débit aux 2 heures maximum.

L'item **Moyennes inter annuelles** permet la représentation d'une année présentant les moyennes inter annuelles de la période spécifiée plus bas.

Les items **Début:** et **Fin:** permettent de choisir la période que doit représenter le graphique. On trouve à gauche des ces items la période disponible pour l'essai de simulation concerné.

#### 1.14.2.1.2 La page Discontinu / concomitant

La Figure 1.46 montre la page **Discontinu / concomitant** de la boîte de dialogue des options des graphiques des données temporelles

La case à cocher **Données concomitantes** a pour effet, lorsqu'elle est activée, de ne faire afficher que les données pour lesquelles des valeurs observées et calculées sont disponibles.

La case à cocher **Période discontinue** a pour effet, lorsqu'elle est activée, de ne faire afficher que les données comprise entre les mois de début et de fin spécifiées plus bas.

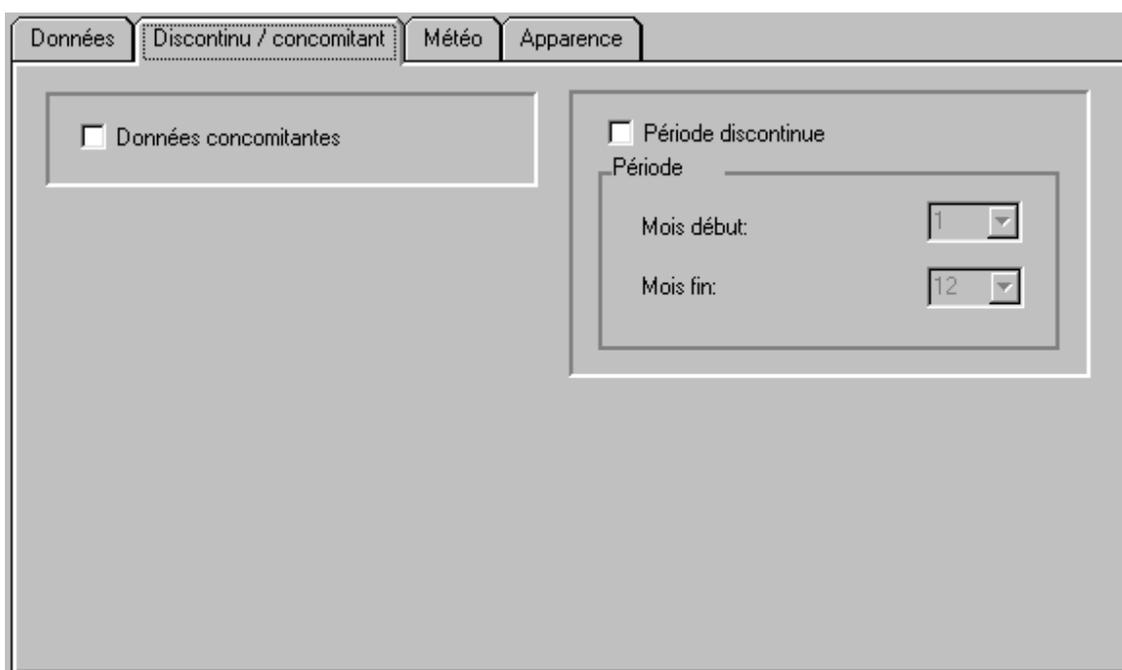
#### 1.14.2.1.3 La page Météo

La Figure 1.47 montre les items contenus dans la page **Météo** qui permet de contrôler l'affichage des graphiques représentant les données météorologiques qui s'ajoutent aux données hydrométriques temporelles.

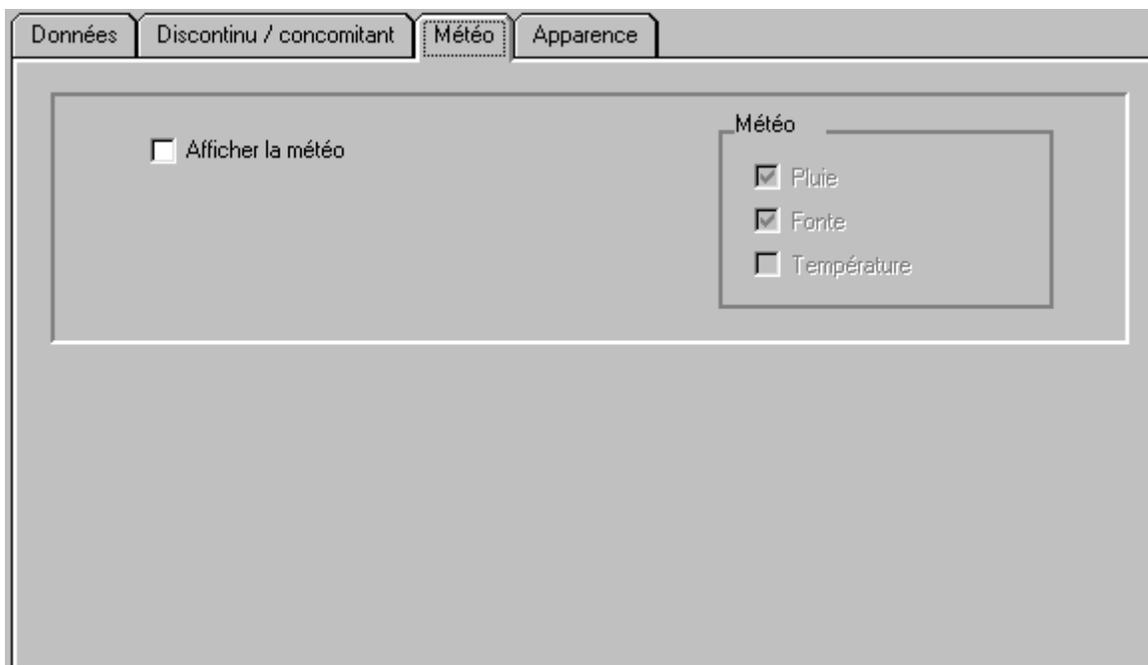
Lorsque l'item **Afficher la météo** est activé, les graphiques représentant les données spécifiées par les items **Pluie**, **Fonte** et **Température** apparaissent au-dessus du graphique de débits/niveau demandé. La pluie, la fonte et la température sont représentées sur un même graphique.

#### 1.14.2.1.4 La page Apparence

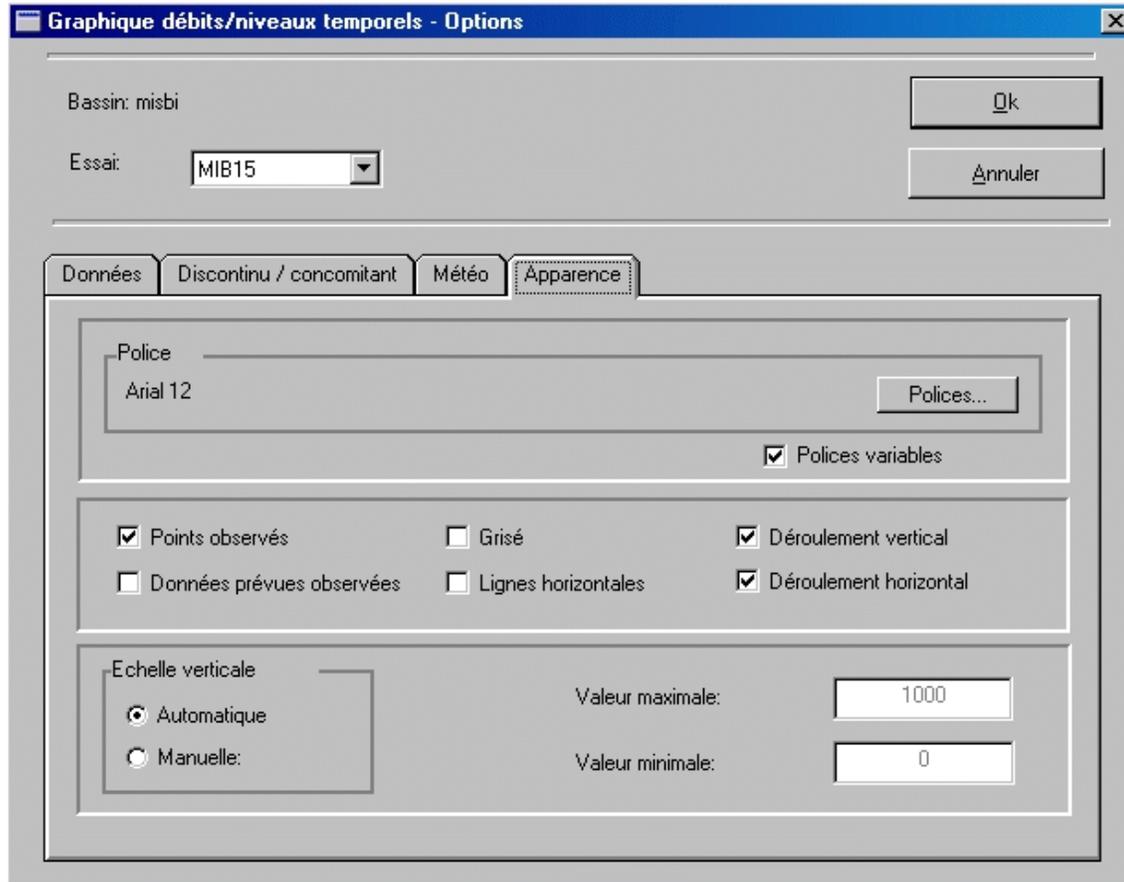
La page Apparence permet de modifier l'apparence d'un graphique. La Figure 1.48 montre les items contenus dans cette page.



**Figure 1.46** La page Discontinu / concomitant de la boîte de dialogue des options des graphiques des données temporelles



**Figure 1.47** La page Météo de la boîte de dialogue des options des graphiques des données temporelles



**Figure 1.48** La page **Apparence** de la boîte de dialogue des options des graphiques des données temporelles

L'item **Polices** permet de changer la police servant à l'écriture des étiquettes des axes. Le bouton **Polices...** amène une boîte de dialogue offrant la liste des polices disponibles dans votre environnement Windows. L'option **Polices variable** fait varier la taille de la police choisie en fonction des dimensions de la fenêtre. Cette option n'a cependant aucun effet lors de l'impression des graphiques, où les polices sont toujours variables en s'adaptant aux dimensions du papier utilisé.

L'item **Points observés** permet de représenter chaque donnée observée par un point au lieu de les relier entre elles par un trait. Cette option n'a d'effet que sur les graphiques de qualité de type linéaire, où l'on retrouve souvent peu de données observées. Cet item est utilisé pour les graphiques des paramètres de la qualité de l'eau en rivière.

L'item **Données prévues observées** contrôle l'apparition des débits observés pour la période de prévision à court terme. Cet item est utilisé pour les graphiques de prévision

seulement. Cette option n'a cependant aucun effet lorsque l'on fait la prévision en temps réel, puisque que les débits observés ne sont pas connus. Par contre si on veut analyser la précision des débits prévus après coup on utilise cet option pour observer sur le graphique les débits prévus avec les débits réellement observés.

L'item **Lignes horizontales** contrôle l'apparition de lignes horizontales facilitant le repérage des valeurs sur l'ordonnée. Cette option est utile lorsque le graphique s'étend sur plusieurs largeurs d'écran.

L'item **Grisé** permet d'obtenir des graphiques sur fond gris.

L'item **Déroulement vertical** permet de contrôler le déroulement vertical de l'affichage à l'écran, dans le cas où les graphiques de météo sont demandés avec les débits. Lorsque cet item est activé, l'écran ne montre qu'une partie du graphique, soit la partie hydrométrique soit la partie météorologique, la barre de défilement permettant d'accéder à l'un ou à l'autre. Le mode déroulement désactivé présente, quant a lui, l'affichage des débits et des données météorologique sur une seule hauteur d'écran. Cette option n'a aucun effet à l'impression.

L'item **Déroulement horizontal** permet de contrôler le déroulement de l'affichage à l'écran. Lorsqu'il est activé, l'écran montre environ une année en permettant le déroulement de l'affichage à l'aide d'une barre de défilement. Le mode déroulement désactivé force, quant a lui, l'affichage sur une seule largeur d'écran. Cette option n'a aucun effet à l'impression.

Finalement, l'item **Échelle verticale** offre la possibilité de contrôler manuellement les valeurs extrêmes de l'ordonnée. Lorsque l'option Automatique est activé le programme détermine automatiquement les valeurs minimum et maximum de l'ordonnée du graphique. Lorsque l'option Manuelle est choisie, les champs Valeur maximale et Valeur minimale deviennent actifs afin d'y modifier les valeurs.

### 1.14.2.2 Graphiques - Débits/Niveaux temporels

Le sous-menu Débits/Niveaux temporels du menu Graphiques (Figure 1.36) permet de représenter les données des débits ou des niveaux observés et calculés pour chacune des stations du bassin versant.

Pour afficher un graphique des débits ou des niveaux temporels, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez **Débits/Niveaux temporels** sous **G**raphiques.
- 2 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

### 1.14.2.3 Graphiques - Données météorologiques temporelles

Le sous-menu Données météorologiques temporelles du menu Graphiques (Figure 1.36) permet de représenter les données météorologiques moyennes sur chaque bassin versant en amont de chaque station hydrométrique.

Ces données sont:

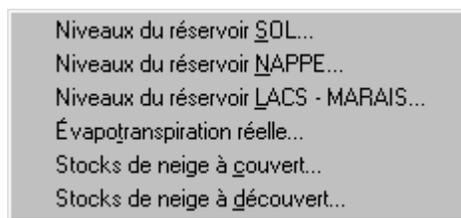
- les lames d'eau journalières provenant de la pluie et/ou de la fonte;
- les températures journalières.

Pour afficher un graphique des données météorologiques temporelles, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez Donnés météorologiques temporelles sous **G**raphiques.
- 2 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

### 1.14.2.4 Graphiques – Autres données temporelles

Le sous-menu Autres données temporelles du menu Graphiques (Figure 1.36) permet de présenter sous forme de graphique différentes variables, d'état ou météorologique, calculées par le modèle sur le bassin versant total (Figure 1.49).



**Figure 1.49** Le sous menu Autres données temporelles du menu Graphiques

Ces données sont:

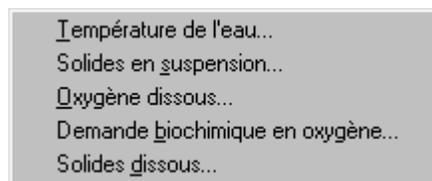
- les niveaux d'eau dans le réservoir SOL;
- les niveaux d'eau dans le réservoir NAPPE ;
- les niveaux d'eau dans le réservoir LAC - MARAIS;
- l'évapotranspiration réelle;
- les stocks de neige à couvert en équivalent d'eau;
- les stocks de neige à découvert en équivalent d'eau;

Pour afficher un graphique des données autres données temporelles, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez **A**utres donnés temporelles sous **G**raphiques.
- 2 Choisissez la variable que vous désirez.
- 3 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

#### 1.14.2.5 Graphiques - Données qualité temporelles

Le sous-menu Données qualité temporelles du menu Graphiques (Figure 1.36) permet de présenter sous forme de graphique les données de qualité de l'eau en rivière observées et calculées par le modèle (Figure 1.50).



**Figure 1.50** Le sous menu Données de qualité temporelles du menu Graphiques

Ces données sont:

- la température de l'eau en rivière;
- les solides en suspension;
- l'oxygène dissous;
- la demande biochimique en oxygène;
- les solides dissous.

Pour afficher un graphique des données de qualité temporelles, relié à l'essai en cours:

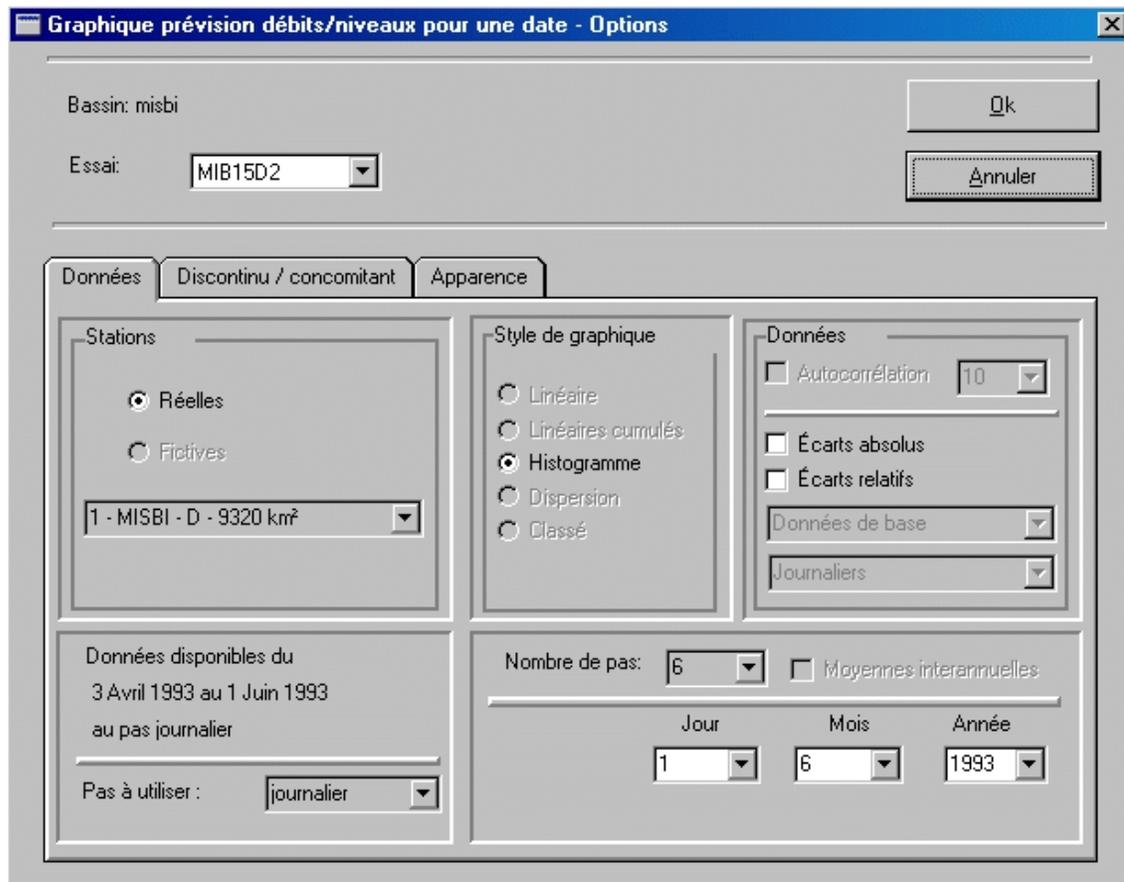
- 1 Choisissez Donnés météorologiques temporelles sous **G**raphiques.
- 2 Choisissez le variable que vous désirez.
- 3 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

#### 1.14.3 Les graphiques des prévisions

Les graphiques des prévision permettent d'analyser les deux types de prévisions offertes par CEQUEAU, soient les prévisions à court et moyen terme.

### 1.14.3.1 Les options des graphiques des prévisions

La boîte de dialogue des options des graphiques des prévisions est constituée d'un maximum de trois pages permettant de modifier les options correspondant respectivement aux données affichées, aux valeurs discontinues et concomitantes, et finalement à l'apparence. Pour passer d'une page à l'autre, appuyez sur l'onglet de la page voulue. La Figure 1.51 montre la boîte de dialogue des options des graphiques de prévision débits/niveau pour une date.



**Figure 1.51** La boîte de dialogue des options des graphiques de prévision débits/niveaux pour une date.

La partie supérieure de la boîte affiche le nom du bassin et l'essai auxquels le graphique est associé. Il est possible de modifier l'essai directement à partir de la boîte de dialogue des options en choisissant parmi les essais dans la liste.

### 1.14.3.1.1 La page Données des options pour les graphiques des prévisions à court terme

La Figure 1.52 montre les items contenus dans la page Données des graphiques des prévisions à court terme (prévision pour une date et prévision pour une période).

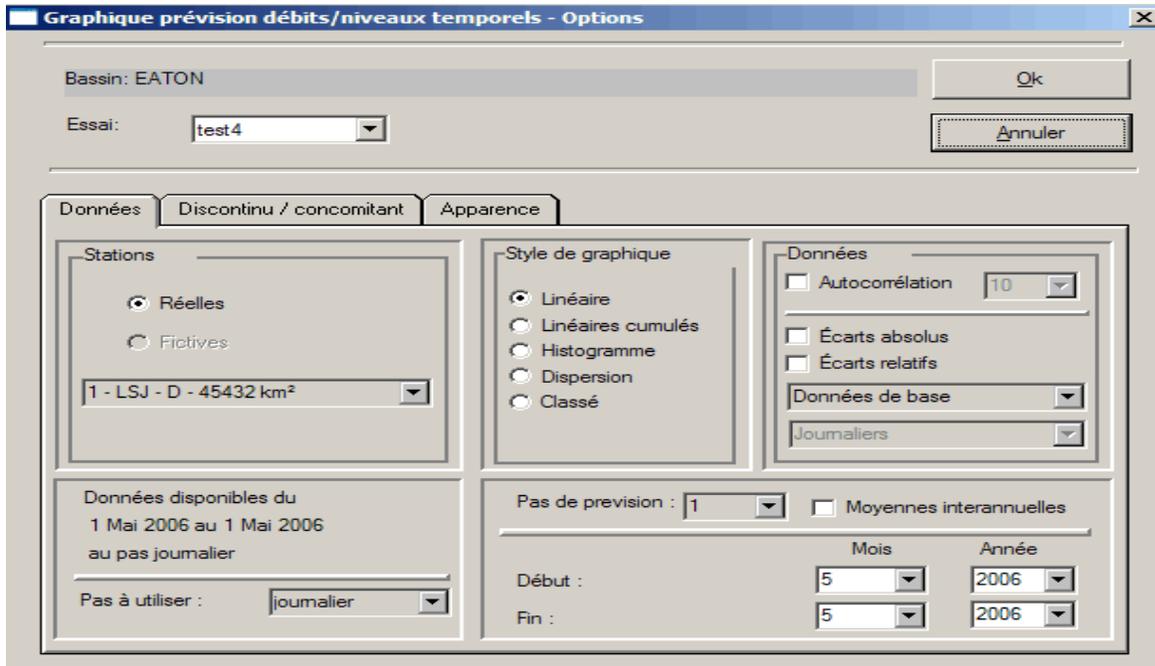


Figure 1.52 La page Données de la boîte de dialogue des options des graphiques des prévisions pour une période.

L'item **Stations** permet de sélectionner le type des stations (réelles ou fictives) qui constitueront la liste **numéro de station**. Cette dernière permet de choisir parmi toutes les stations disponibles dans cette simulation en appuyant sur le bouton situé à droite du champ.

L'item **Pas à utiliser** permet de spécifier un pas différent de celui résultant de la simulation. La liste des pas affiche tous les pas disponibles en fonction du pas des résultats de simulation.

L'item **Style de graphique** permet de choisir le style de représentation du graphique. Puisque les styles de représentations ne s'appliquent pas à toutes les séries de données, seuls les styles disponibles pour les données choisies seront actifs.

L'item **autocorrélation** du groupe **Données** permet de représenter le graphique de l'autocorrélation des données pour les ordres 1 à 30 la valeur par défaut est 10.

Les item **Écarts relatifs et Écarts absolus** du groupe **Données** permettent de représenter les écarts entres les valeurs observées et calculés. Dans le cas des écarts relatifs, les données observées constituent la référence.

Le groupe **Données** permet finalement d'afficher les **minimum** et les **maximum** des données, sur une base journalière ou mensuelle. Par exemple, si vous choisissez maximum et journalier, et que vos données simulées correspondent à des débits aux 2 heures, vous obtiendrez un graphique représentant, pour chaque jour, le débit aux 2 heures maximum.

L'item **Pas de prévision**, apparaissant dans le cas des graphiques pour une période, permet de choisir les pas pour lequel la prévision est effectué que vous désiré. Par exemple, dans le cas d'une prévision au pas de temps journalier, si vous choisissez le pas 3, le graphique représentera toutes les prévision effectuées pour le troisième jour, et ce pour la période choisie. Cet item n'apparaît que dans le cas des graphique des prévisions pour une période et est remplacé par l'item **Nombre de pas** dans le cas des graphiques des prévisions pour une date.

L'item **Nombre de pas**, apparaissant dans le cas des graphiques des prévisions pour une date, permet de choisir le nombre de pas à afficher à partir de la date pour lequel la prévision est effectuée. Par exemple, dans le cas d'une prévision au pas de temps journalier, si vous choisissez 6 pas de prévision à partir du 01-06-1993, le graphique représentera les prévisions du premier au six juin.

La case à cocher **Moyennes inter annuelles** permet de choisir une représentation d'une année présentant les moyennes inter annuelles.

Les items **Début** : et **Fin** : permettent de choisir la période que doit représenter le graphique. On trouve à gauche des ces items la période disponible pour l'essai de simulation concerné. Il est cependant possible de déborder de cet intervalle, pour des questions de présentation notamment. Dans ce cas, on retrouvera simplement un manque de données dans le graphique.

Dans le cas des graphiques des prévisions pour une date, l'item **Fin** : n'apparaît pas puisqu'il n'est pas nécessaire de spécifier la date de fin qui est déjà définie indirectement par le nombre de pas.

#### 1.14.3.1.2 La page Données des options pour les graphiques des prévisions à moyen terme

La Figure 1.53 montre les items contenus dans la page Données des graphiques des prévisions à moyen terme.

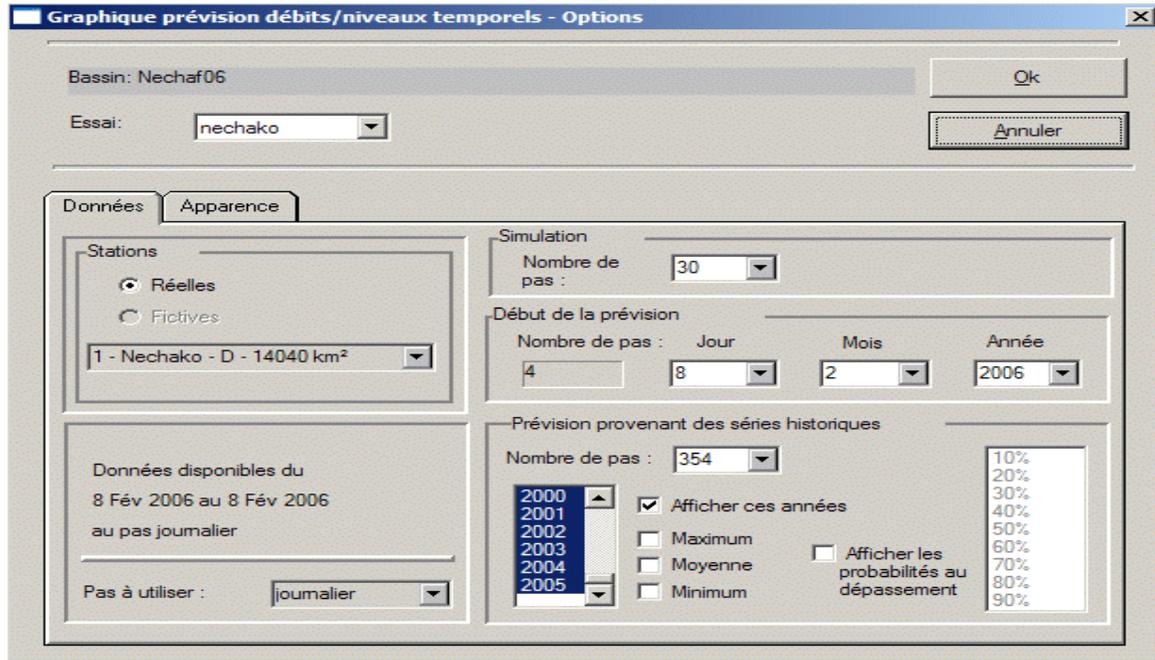


Figure 1.53 La page Données de la boîte de dialogue des options des graphiques des prévisions à moyen terme

L'item **Stations** permet de sélectionner le type des stations (réelles ou fictives) qui constitueront la liste **numéro de station**. Cette dernière permet de choisir parmi toutes les stations disponibles dans cette simulation en appuyant sur le bouton situé à droite du champ.

L'item **Pas à utiliser** permet de spécifier un pas différent de celui résultant de la simulation. La liste des pas affiche tous les pas disponibles en fonction du pas des résultats de simulation.

Le groupe **Simulation** réfère à la partie de la simulation précédant le jour de prévision. L'item **Nombre de pas** permet de spécifier le nombre de pas avant le début de la prévision à court terme que vous désirez afficher.

Le groupe **Début de la prévision** réfère au jour où la prévision à court terme est effectuée. L'item **Nombre de pas** représente le nombre de pas de la prévision à court terme et correspond toujours au maximum disponible dans la simulation. Il n'est donc pas possible de modifier le nombre de pas de simulation à court terme. Les items **Jour**, **Mois** et **Année** permettent de spécifier la date de début de la prévision à court terme.

Le groupe **Prévision provenant des séries historiques** réfère à la prévision à moyen terme. L'item **Nombre de pas** permet de spécifier le nombre de pas suivant la prévision à court terme que vous désirez afficher.

La **Liste de années** permet de choisir les années qui serviront à la prévision à moyen terme. La case à cocher **Afficher ces années** contrôle l'affichage des années sélectionnées. Les cases à cocher **Maximum**, **Moyenne** et **Minimum** contrôle l'affichage des courbes des valeurs maximum, moyennes et minimum associées aux années sélectionnées, que ce années soient affichées ou non.

La **Liste de fréquence** permet de choisir les fréquences au dépassement pour lesquelles on veut afficher les courbes. La case à cocher **Afficher les fréquences au dépassement** contrôle l'affichage des fréquences sélectionnées. Les fréquences sont calculées à partir des données correspondant aux années choisies, que ces années soient affichées ou non. Un minimum de 10 ans est nécessaire pour que les probabilité au dépassement soient calculées.

### 1.14.3.1.3 La page Apparence des options pour les graphiques des prévisions à court terme

La page Apparence des options pour les graphiques des prévisions à court terme est semblable à celle décrite pour les graphiques des données temporelles, Section 1.14.2.1.4, figure 1.48.

### 1.14.3.2 Graphiques – Prévision pour une date

L'item Prévision pour une date du menu Graphiques permet de représenter les données prévus à partir d'une date :

Pour afficher un graphique de la prévision pour une date, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez Prévision pour une date sous **G**raphiques.
- 2 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

### 1.14.3.3 Graphiques – Prévision pour une période

L'item Prévision pour une période du menu Graphiques permet de représenter, pour une certaine période, les données qui ont été prévues pour un certain pas. La prévision pour une période est utilisée habituellement pour l'analyse des prévisions antérieures en rapport avec des données météorologiques observées ou prévues . Par exemple, dans le cas d'une prévision au pas de temps journalier, on pourrait représenter les prévisions qui ont été effectuées pour le deuxième jour de prévision, au cours de la dernière année.

Pour afficher un graphique de la prévision pour une période, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez Prévision pour une période sous **G**raphiques.

- 2 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

#### 1.14.3.4 Graphiques – Préviation à moyen terme

L'item Préviation à moyen terme du menu Graphiques permet de produire un graphique qui représente les débits observés et calculés avant le début des prévisions à court terme puis les prévisions à court terme et finalement les prévision à moyen termes obtenues à partir de donnée historiques de météo.

Pour afficher un graphique de la préviation à moyen terme, relié à l'essai en cours:

- 1 Choisissez Préviation à moyen terme sous **G**raphiques.
- 2 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

#### 1.14.4 Le graphique de la mise à jour manuelle

Le graphique de la mise à jour manuelle permet de produire un graphique montrant les résultats des simulations pour les jours précédents le début de la préviation à court terme et de corriger, si nécessaire, les variables d'états ou les données météorologiques. Ce graphique apparaît suite à une simulation avec mise à jour manuelle (Section 1.11.1.1). Il est cependant possible d'analyser un graphique résultant d'une simulation avec mise à jour manuelle sans relancer la simulation.

Pour afficher un graphique de la préviation à moyen terme, relié à l'essai de simulation avec mise à jours manuelle en cours:

- 1 Choisissez Mise à jour manuelle sous **G**raphiques.
- 2 Modifiez les options, s'il y a lieu, et choisissez Ok.

**Attention:** Pour utiliser ce graphique le nom de l'essai afficher dans la fenêtre Projet du bassin actif doit correspondre à un essai fait avec mise à jour manuelle. Pour plus de détails sur les options du graphique de mise à jour manuelle voir la section 5.6.3.

#### 1.14.5 Graphiques - Exporter

Le sous-menu **Exporter** du menu Graphiques (Figure 1.54) permet, d'exporter le graphique affiché à l'écran sous la forme de graphique ou de données.



**Figure 1.54** Le sous menu Exporter du menu Graphiques

#### 1.14.5.1 Exporter - Graphiques

Si on choisi **Graphique** du sous-menu **Exporter** le graphique afficher à l'écran sera exporté dans un fichier de format WINDOWS Bitmap (BMP) que vous devez nommer. Si vous spécifiez un nom de fichier déjà existant, vous serez prévenu afin d'en éviter l'écrasement.

#### 1.14.5.2 Exporter -Données

Si on choisi **Données** du sous-menu **Exporter** les données utilisées pour la préparation du graphique à l'écran seront exportées dans un fichier texte (TXT) que vous devez nommer. Si vous spécifiez un nom de fichier déjà existant, vous serez prévenu afin d'en éviter l'écrasement.

### 1.14.6 Graphiques - Imprimer

Cette fonction permet d'imprimer le graphique actif. Elle amène la même boîte des options d'impression (Figure 1.14) avec en plus l'option **Légende...**. Contrairement à la fonction **Préférence** du menu **Projet** (section 1.5.11.5) , les options sélectionnées ici n'agissent que sur le graphique en cours. Cette fonction est disponible seulement lorsqu'une fenêtre de graphique est active.

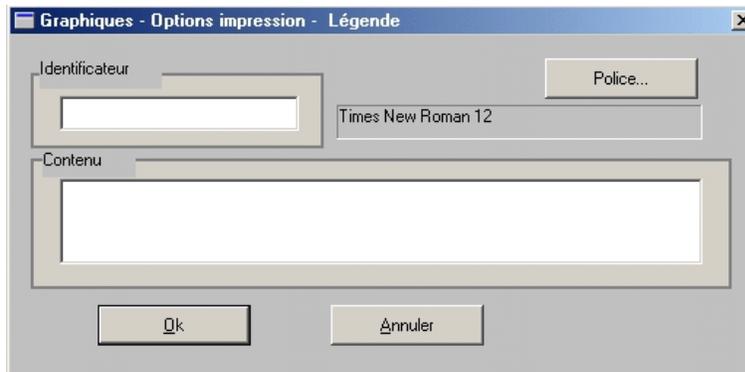
L'item **Légende...** donne accès à une fenêtre de dialogue (Figure 1.55) permettant de spécifier l'identification et le titre de la figure.

L'item **Identificateur** permet d'introduire l'identification de la figure qui sera imprimée, par exemple Figure 1.55. L'item **Contenu** permet d'introduire le titre de la figure.

L'item **Polices...** permet de changer la police servant à l'écriture de la légende de la figure Le bouton **Polices...** amène une boîte de dialogue offrant la liste des polices disponibles dans votre environnement Windows

#### 1.14.7 Graphiques - Fermer

Cette fonction permet de fermer la fenêtre de graphique en cours. Cette fonction est disponible seulement lorsqu'une fenêtre de graphique est active.



**Figure 1.55** Le sous menu Légende de l'option Imprimer du menu Graphiques

### 1.14.8 Graphiques - Options

Cette fonction permet de modifier l'apparence du graphique actif. Elle amène la boîte de dialogue **Apparence** qui apparaît lors de la création du graphique (Figures 1.48, 1.51, 1.52 ou 1.53 selon le graphique affiché). Cette fonction est disponible seulement lorsqu'une fenêtre de graphique est active.

## 1.15 Le menu Fenêtre

Le menu Fenêtre (Figure 1.56) permet de disposer plusieurs fenêtres en cascade (superposition) ou en mosaïque (sans les empiler). Il permet également de passer à une fenêtre ouverte précédemment en choisissant son nom dans le menu. Dans le cas où des fenêtres auraient été réduites en icônes, la fonction **Réorganiser les icônes** permet d'ordonner la position des icônes dans l'environnement CEQUEAU.

Pour utiliser les fonctions de gestion des fenêtres:

- 1 Choisissez **F**enêtre.
- 2 Choisissez **C**ascade, **M**osaïque, **R**éorganiser les icônes ou le nom de la fenêtre à activer selon le cas.

Le menu Fenêtre est présent seulement lorsqu'une fenêtre a été ouverte dans l'environnement CEQUEAU.

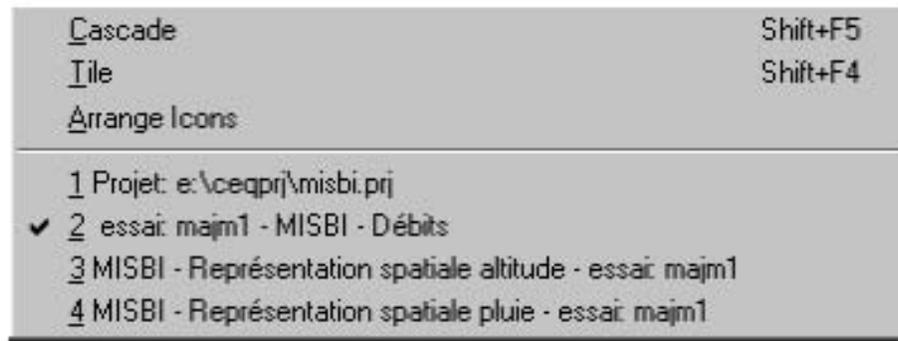


Figure 1.56 Le menu Fenêtre



# 2

## PRÉPARATION DES DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES

Le modèle hydrologique CEQUEAU est un modèle déterministe matriciel d'usage souple, qui prend en compte les caractéristiques physiques du bassin versant ainsi que leurs variations dans l'espace et dans le temps. Ceci est rendu possible par le découpage du bassin versant en "carreaux entiers" et en "carreaux partiels". La Figure 2.1 montre la structure détaillée de la préparation des données physiographiques.

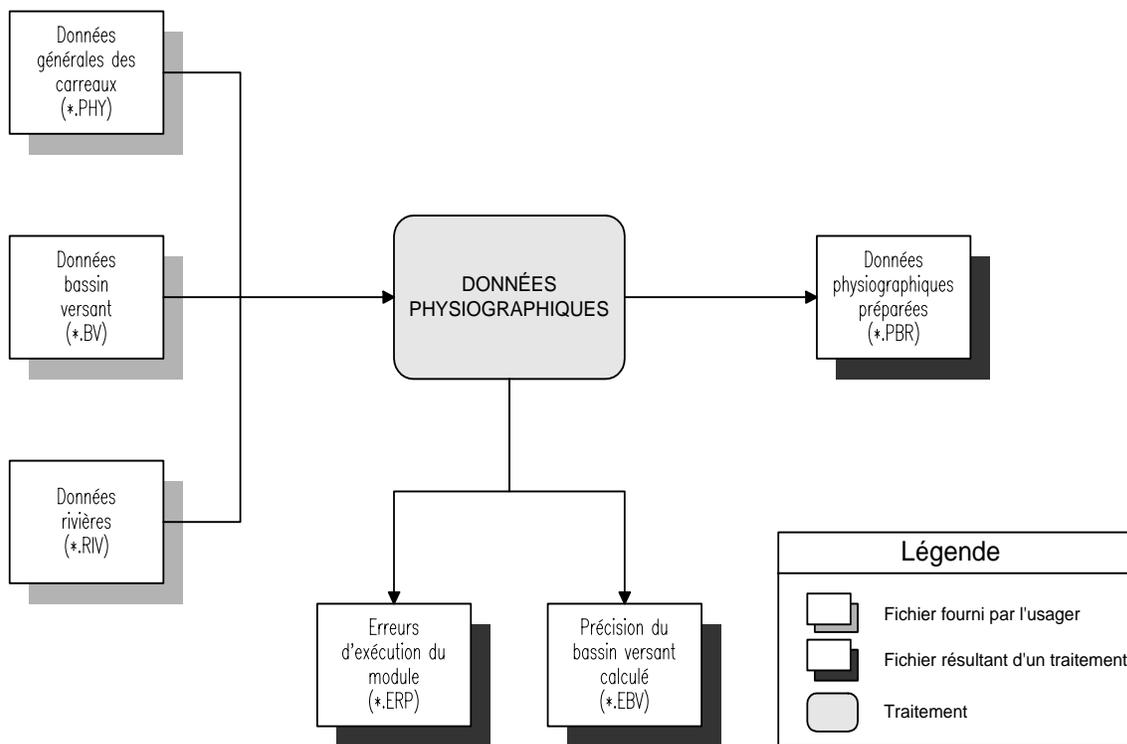


Figure 2.1 La préparation des données physiographiques

C'est à partir du fichier des données générales des carreaux entiers (\*.PHY) et du fichier de données du bassin versant (\*.BV) que l'on peut obtenir le fichier des données physiographiques préparées nécessaires aux simulations de quantité et de qualité.

Le fichier des données des rivières (\*.RIV) est optionnel; s'il n'est pas présent, les données des rivières seront estimées.

## 2.1 Données générales des carreaux - Utilisation des cartes topographiques

La synthèse de l'écoulement réalisée par le modèle CEQUEAU porte sur des éléments dimensionnés dans l'espace, afin de prendre en compte les caractéristiques physiques du bassin versant. Ce découpage du bassin étudié peut être très varié dans sa forme et dans sa densité, pour CEQUEAU on a retenu un double découpage. Le premier subdivise le bassin versant en éléments carrés, appelé "**carreaux entiers**". Le second découpage est obtenu en subdivisant les "carreaux entiers" en fonction de la ligne de partage des eaux, ce second découpage produit ce qu'on appelle les "**carreaux partiels**".

Ces deux découpages permettent au modèle CEQUEAU:

- de suivre dans l'espace et dans le temps la formation et l'évolution de l'écoulement de l'eau;
- de représenter toute modification artificielle de l'écoulement dans les rivières (barrage, déviation, prise d'eau, etc...);
- de simuler les débits en n'importe quel point du réseau de drainage.

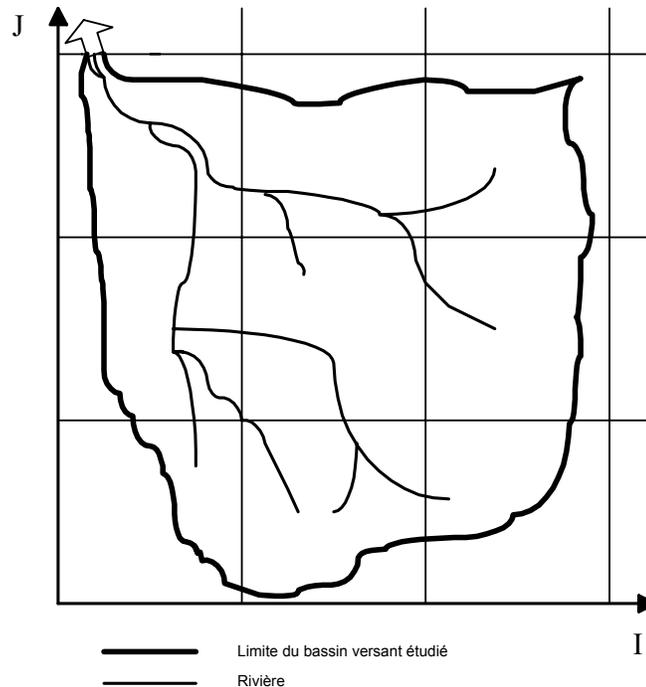
Le fichier de données générales des carreaux est produit à partir des cartes topographiques. Le fichier pourra être facilement réalisé en utilisant l'éditeur de données du programme CEQUEAU (voir Section 1.7) ou en utilisant la feuille de codification illustrée à la figure 2.4.

### 2.1.1 Carreaux entiers

Les données générales des carreaux sont déterminées sur des surfaces élémentaires de mêmes dimensions à partir des cartes topographiques du bassin versant étudié ou à l'aide d'un système d'information géographique.

En principe, cela se traduit par la superposition d'une grille (Figure 2.2) délimitant les surfaces élémentaires qu'on appelle "carreaux entiers". La dimension à donner aux carreaux entiers dépend principalement de la superficie du bassin versant étudié, des données météorologiques disponibles, de la topographie du terrain, etc. On considère que pour un bassin versant relativement homogène, un découpage donnant de 50 à 100

carreaux entiers nous permet d'obtenir des résultats satisfaisants. Par exemple, si le bassin versant étudié a une superficie de 10 000 km<sup>2</sup>, une grille dont les mailles mesurent 10 km de côté nous donne de 100 à 130 carreaux entiers, ce qui suffit dans la majorité des cas. Le modèle a été utilisé avec des carreaux de 0.1 km à 30 km de côté pour des bassins versants de 1 km<sup>2</sup> à 100,000 km<sup>2</sup>. Compte tenu des dimensions actuelles du modèle un bassin versant peut-être subdivisé avec un maximum de 1000 carreaux entiers.



**Figure 2.2** Création des carreaux entiers par superposition d'une grille sur le bassin versant étudié.

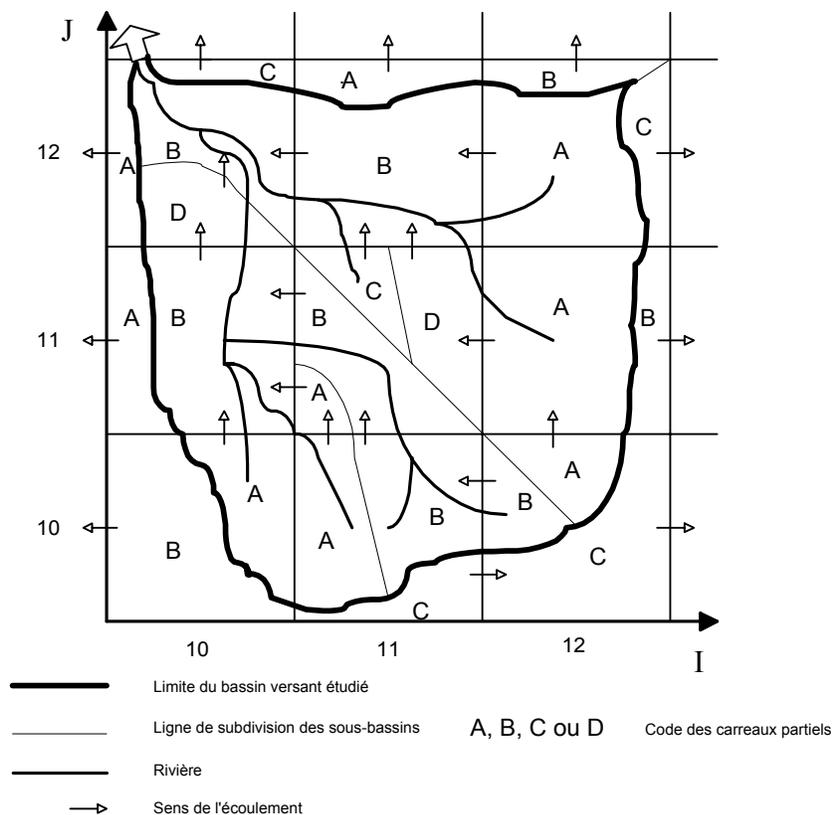
Selon la taille du bassin versant étudié et la dimension des carreaux retenus, les données générales des carreaux sont déterminées en utilisant des cartes topographiques au 1:250 000 ou au 1:50 000. Mais rien n'empêche de traiter un problème plus spécifique avec des échelles différentes.

Les données physiographiques à déterminer pour chacun des carreaux entiers sont:

- le pourcentage de superficie recouverte par les lacs et les rivières;
- le pourcentage de superficie recouverte par la forêt;
- le pourcentage de superficie recouverte par les marais;
- l'altitude du coin sud-ouest, en mètres.

### 2.1.2 Carreaux partiels

Dans le but de représenter le sens de l'écoulement de l'eau dans les rivières ou sur le bassin versant, il est nécessaire d'effectuer un second découpage. Ainsi, chaque carreau entier du premier découpage est subdivisé par la ligne de partage des eaux en parcelles appelées "carreaux partiels" (Figure 2.3). Le modèle CEQUEAU permet d'avoir quatre carreaux partiels au maximum à l'intérieur d'un carreau entier. En considérant les données topographiques telles que dénivelée du terrain, ruisseau, rivière, il est facile de déterminer dans quel sens s'écoule l'eau transitant sur un carreau partiel. Le sens de l'écoulement est indiqué par une flèche qui va d'un carreau partiel à un autre.



**Figure 2.3** Subdivision des carreaux entiers en carreaux partiels en fonction des subdivisions de bassins.

Les informations à retenir pour chaque carreau partiel sont sa superficie et le sens de son écoulement. Les dimensions actuelles du modèle permettent un maximum de 2500 carreaux partiels.

La codification des données des carreaux entiers et des carreaux partiels a pour but de créer une banque de données (à l'aide du module de préparation des données physiographiques) qui permet de représenter l'écoulement de l'eau vers l'exutoire, tel qu'il se produit sur le bassin versant.

Ces données doivent être compilées dans un fichier avec l'extension *PHY* en utilisant les formats des feuilles de codification des données physiographiques générales des carreaux entiers (Figure 2.4) ou en utilisant l'éditeur de données de CEQUEAU (Section 1.7), pour créer directement ce fichier.

### 2.1.3 Le fichier des données générales des carreaux

Chaque ligne d'information du fichier de données générales des carreaux (extension *PHY*) est appelée vecteur et débute toujours par un nom (colonnes 1 à 10). Les vecteurs constituant ce fichier sont détaillés à l'Annexe A.

La Figure 2.4 représente la feuille de codification pour la création du fichier des données générales des carreaux nécessaires au traitement de préparation des données physiographiques (disponible à l'Annexe H). Un premier vecteur, appelé SURFCE, permet de spécifier la taille des carreaux entiers (colonnes 11 à 15). Suivent ensuite une série de vecteurs (PHYDRACE) permettant de spécifier les informations relatives à un carreau entier (colonnes 11 à 18 et 51 à 63); et aux quatre carreaux partiels qui peuvent être inclus dans ce carreau entier (quatre zones comprises entre les colonnes 19 et 50). Un vecteur vide, portant le nom EXECUTION, vient finalement indiquer la fin de la série de vecteurs.

### 2.1.4 Exemple

Pour illustrer le mode de codification qui doit être respecté, le bassin versant illustré précédemment (Figure 2.3) est codifié au complet. Il sera également utilisé plus loin pour expliquer les sorties du traitement de préparation des données physiographiques.

#### 2.1.4.1 Identification des carreaux entiers

Pour les carreaux entiers, nous utilisons un repère orthonormé où l'abscisse est nommée I et l'ordonnée J. Chaque vecteur sur la feuille de codification (Figure 2.4) permet deux chiffres pour I et J, qui seront compris entre 0 et 99. En pratique, l'origine ne commence pas au point de coordonnées (0,0), mais (10,10) pour donner la possibilité d'introduire des stations météorologiques en dehors du bassin sans être obligé d'utiliser des coordonnées négatives.

L'abscisse et l'ordonnée des carreaux entiers du bassin versant que nous voulons codifier (Figure 2.3) varient de 10 à 12.

VECTEUR	CARREAUX ENTIERS
Nom du vecteur	Surf. km <sup>2</sup>
1	11
SURFCE	TTTT

VECTEUR	IDENTIFICATION DU CARREAU				SORTIE DES PARCELLES																DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES			
					A				B				C				D							
	Nom du vecteur	I	J	...	Nb. par.	I	J	C o d e	Surf. %	Lac %	Forêt %	Marais %	Altitude en mètres coin S.O.											
1	11	13	15	18	19	21	23	24	27	29	31	32	35	37	39	40	43	45	47	48	51	54	57	60
PHYDRACE	T	T	TT		T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	TT	TT	TT	TTT
PHYDRACE	T	T	TT		T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	TT	TT	TT	TTT
PHYDRACE	T	T	TT		T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	TT	TT	TT	TTT
PHYDRACE	T	T	TT		T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	TT	TT	TT	TTT
PHYDRACE	T	T	TT		T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	TT	TT	TT	TTT
PHYDRACE	T	T	TT		T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	TT	TT	TT	TTT
PHYDRACE	T	T	TT		T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	TT	TT	TT	TTT
PHYDRACE	T	T	TT		T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	T	T		TT	TT	TT	TT	TTT

Figure 2.4 Feuille de codification des données physiographiques générales des carreaux entiers

### 2.1.4.2 Identification des carreaux partiels

On identifie les carreaux partiels d'un même carreau entier par les lettres A à D, puisqu'un maximum de quatre subdivisions est permis. L'ordre n'a pas d'importance. S'il n'existe qu'un seul carreau partiel, on lui donnera la lettre A; s'il existe deux carreaux, on utilisera les lettres A et B, et ainsi de suite. Tous les carreaux partiels doivent avoir une lettre, même ceux en dehors du bassin versant.

Sur la Figure 2.3, nous voyons que le carreau entier 12-11 ( $I=12$ ,  $J=11$ ) a deux carreaux partiels, soit A et B, tandis que le carreau 10-12 a quatre carreaux partiels, A à D.

### 2.1.4.3 Codification des carreaux entiers et partiels

Un vecteur de codification (PHYDRACE), comme nous le voyons à la Figure 2.4, est prévu pour donner l'information complète d'un carreau entier, c'est-à-dire la codification des carreaux partiels et des données physiographiques. Notre exemple sera donc codifié avec neuf vecteurs. Aucun ordre n'est prévu pour ces vecteurs.

Nous pouvons, par exemple, débiter avec le carreau entier 10-12 puis 10-10, etc. En pratique, pour limiter les risques d'oubli et pour faciliter le repérage de chaque vecteur, nous codifierons en respectant l'ordre des I-J, J variant le premier, soit 10-10, 10-11, 10-12, 11-10, etc.

Le vecteur SURFCE et les neuf vecteurs PHYDRACE nécessaires pour notre exemple sont décrits à la Figure 2.5.

#### 1) SURFCE

Le premier vecteur (SURFCE) indique que les carreaux ont une superficie de 25.00 km<sup>2</sup> (colonnes 11 à 15).

#### 2) PHYDRACE

Les vecteurs suivants (PHYDRACE) fournissent l'information pour chacun des carreaux entiers. Le premier vecteur s'applique au carreau entier 10-10 (colonnes 11 à 14), et indique que le nombre de carreaux partiels inclus dans ce carreau est de 2 (colonne 18). Les colonnes 15 à 17 ne sont pas utilisées.

La zone 19 à 26 définit le premier carreau partiel (10-10-A): il s'écoule dans le carreau partiel 10-11-B (colonnes 19 à 23) et recouvre 40% du carreau entier (colonnes 25 et 26).

De même, les colonnes 27 à 34 indiquent que le second carreau partiel (10-10-B) s'écoule dans le carreau partiel 9-10-A et occupe 60% du carreau entier.

Lorsqu'un carreau partiel s'écoule dans un carreau à l'extérieur du quadrillé, comme c'est le cas du carreau partiel B du carreau 10-10, il n'est pas nécessaire de connaître le code du carreau partiel où il se jette; nous pouvons toujours utiliser le code A.

VECTEUR	CARREAUX ENTIERS
Nom du vecteur	Surf. km <sup>2</sup>
1	11
SURFCE	2151.1010

VECTEUR	IDENTIFICATION DU CARREAU				SORTIE DES PARCELLES																DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES			
					A				B				C				D							
	Nom du vecteur	I	J	---	Nb. par.	I	J	C o d e	Surf. %	Lac %	Forêt %	Marais %	Altitude en mètres coin S.O.											
1	11	13	15	18	19	21	23	24	27	29	31	32	35	37	39	40	43	45	47	48	51	54	57	60
PHYDRACE	<i>Π0</i>	<i>Π0</i>	<i>TT</i>	<i>2</i>	<i>Π0</i>	<i>Π1</i>	<i>B</i>	<i>T4Π0</i>	<i>T9</i>	<i>Π0</i>	<i>A</i>	<i>T6Π0</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>TT0</i>	<i>T7Π5</i>	<i>TT0</i>	<i>T7Π6Π0</i>
PHYDRACE	<i>Π0</i>	<i>Π1</i>	<i>TT</i>	<i>2</i>	<i>T9</i>	<i>Π1</i>	<i>A</i>	<i>T3Π5</i>	<i>Π0</i>	<i>Π2</i>	<i>D</i>	<i>T6Π5</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>TT1</i>	<i>T6Π0</i>	<i>TT0</i>	<i>T7Π0Π0</i>
PHYDRACE	<i>Π0</i>	<i>Π2</i>	<i>TT</i>	<i>4</i>	<i>T9</i>	<i>Π2</i>	<i>A</i>	<i>T2Π0</i>	<i>Π0</i>	<i>Π3</i>	<i>A</i>	<i>T5Π0</i>	<i>Π0</i>	<i>Π3</i>	<i>A</i>	<i>TΠ0</i>	<i>Π0</i>	<i>Π2</i>	<i>B</i>	<i>T2Π0</i>	<i>TT3</i>	<i>T5Π0</i>	<i>TT0</i>	<i>T6Π0Π0</i>
PHYDRACE	<i>Π1</i>	<i>Π0</i>	<i>TT</i>	<i>3</i>	<i>Π1</i>	<i>Π1</i>	<i>A</i>	<i>T3Π5</i>	<i>Π1</i>	<i>Π1</i>	<i>B</i>	<i>T4Π5</i>	<i>Π2</i>	<i>Π0</i>	<i>C</i>	<i>T2Π0</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>TT0</i>	<i>T8Π0</i>	<i>TT1</i>	<i>T8Π0Π0</i>
PHYDRACE	<i>Π1</i>	<i>Π1</i>	<i>TT</i>	<i>4</i>	<i>Π0</i>	<i>Π1</i>	<i>B</i>	<i>TT3</i>	<i>Π0</i>	<i>Π1</i>	<i>B</i>	<i>T4Π0</i>	<i>Π1</i>	<i>Π2</i>	<i>B</i>	<i>T2Π5</i>	<i>Π1</i>	<i>Π2</i>	<i>B</i>	<i>T3Π2</i>	<i>TT1</i>	<i>T6Π8</i>	<i>TT1</i>	<i>T7Π2Π5</i>
PHYDRACE	<i>Π1</i>	<i>Π2</i>	<i>TT</i>	<i>2</i>	<i>Π1</i>	<i>Π3</i>	<i>A</i>	<i>TΠ5</i>	<i>Π0</i>	<i>Π2</i>	<i>B</i>	<i>T8Π5</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>TT1</i>	<i>T4Π7</i>	<i>TT0</i>	<i>T6ΠΠ0</i>
PHYDRACE	<i>Π2</i>	<i>Π0</i>	<i>TT</i>	<i>3</i>	<i>Π2</i>	<i>Π1</i>	<i>A</i>	<i>TΠ0</i>	<i>Π1</i>	<i>Π0</i>	<i>B</i>	<i>TΠ0</i>	<i>Π3</i>	<i>Π0</i>	<i>A</i>	<i>T8Π0</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>TT0</i>	<i>T8Π0</i>	<i>TT0</i>	<i>T8Π3Π0</i>
PHYDRACE	<i>Π2</i>	<i>Π1</i>	<i>TT</i>	<i>2</i>	<i>Π1</i>	<i>Π1</i>	<i>D</i>	<i>T8Π5</i>	<i>Π3</i>	<i>Π1</i>	<i>A</i>	<i>TΠ5</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>TT0</i>	<i>T7Π1</i>	<i>TT0</i>	<i>T7Π7Π0</i>
PHYDRACE	<i>Π2</i>	<i>Π2</i>	<i>TT</i>	<i>3</i>	<i>Π1</i>	<i>Π2</i>	<i>B</i>	<i>T7Π0</i>	<i>Π2</i>	<i>Π3</i>	<i>A</i>	<i>TΠ5</i>	<i>Π3</i>	<i>Π2</i>	<i>A</i>	<i>TΠ5</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>TT0</i>	<i>T6Π6</i>	<i>TT0</i>	<i>T7ΠΠ0</i>
PHYDRACE	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>TT</i>		<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>T</i>	<i>T</i>		<i>TT</i>	<i>TT</i>	<i>TT</i>	<i>TT</i>	<i>TTT</i>

Figure 1.5 Codification des données physiographiques de l'exemple de la Figure 2.3

Pour la codification des écoulements de chaque carreau partiel, il est important de respecter l'ordre, c'est-à-dire que les colonnes 19 à 26, 27 à 34, 35 à 42 et 43 à 50 sont utilisées respectivement pour les carreaux partiels A, B, C et D. Si le nombre de carreaux partiels est inférieur à quatre, on laissera les dernières colonnes vierges.

Les données physiographiques sont introduites dans les colonnes 51 à 63.

### 3) EXECUTION

Un vecteur EXECUTION indique la fin du fichier.

Une description détaillée de chacun de ces vecteurs est donnée à l'Annexe A.

Une fois la feuille de codification remplie, on peut transférer l'information dans le fichier de données à partir de l'éditeur de CEQUEAU (Section 1.7), tel que montré à la Figure 2.6.

Données générales des carreaux												
eaton.phy												
Corriger	Enlever	Ajouter	Déplacer	Vérifier	Enreg.	Imp.	Terminer					
SURFACE	25.0	0										
PHYDRACE	1010	21011B	40	910A	60	0	75	0	760			
PHYDRACE	1011	2	911A	351012D	65	1	60	0	700			
PHYDRACE	1012	4	912A	201013A	501013A	101012B	20	3	50	0	600	
PHYDRACE	1110	3	1111A	351111B	451210C	20	0	80	1	800		
PHYDRACE	1111	4	1011B	31011B	401112B	251112B	32	1	68	1	725	
PHYDRACE	1112	2	1113A	151012B	85	1	47	0	610			
PHYDRACE	1210	3	1211A	101110B	101310A	80	0	80	0	830		
PHYDRACE	1211	2	1111D	851311A	15	0	71	0	770			
PHYDRACE	1212	3	1112B	701213A	151312A	15	0	66	0	710		
EXECUTION												
Champ:xxx												
	I	---	I1	C1	I2	C2	I3	C3	I4	C4	PL	PM
PHYDRACE	J	NBP	J1	P1	J2	P2	J3	P3	J4	P4	PF	ALT
Commentaire du champ												
Nombre de parcelles dans le carreau entier.												

Figure 2.6 Les données générales des carreaux vues avec l'éditeur de CEQUEAU

## 2.2 Données du bassin versant

En plus du fichier des données physiographiques (\*.PHY), le module de préparation des données physiographique nécessite la préparation d'un fichier (\*.BV) donnant les informations du bassin versant que l'on veut préparer.

### 2.2.1 Identification de l'exutoire

L'exutoire du bassin versant qu'on veut préparer, est identifié par les coordonnées I-J et le code du carreau partiel de la station qui s'y situe. Si aucune station n'est présente à l'exutoire, on utilisera une station fictive.

### 2.2.2 Identification des stations hydrométriques et météorologiques

Les stations hydrométriques du bassin versant étudié sont identifiées par leurs coordonnées I-J et le code du carreau partiel où elles se situent, tandis que les stations météorologiques sont repérées avec les coordonnées I-J seulement. Pour en déterminer les coordonnées, nous plaçons normalement les stations sur le quadrillage (Figure 2.7).

### 2.2.3 Le fichier des données du bassin versant

Le fichier de données du bassin versant (\*.BV) pourra être facilement créé en utilisant l'éditeur de CEQUEAU (Section 1.7). On trouvera, dans ce fichier, les vecteurs suivant, dans l'ordre:

#### 1) **STAPRIN**

Un premier vecteur obligatoire donnant les coordonnées I et J et le code du carreau partiel (A, B, C ou D) de l'exutoire du bassin étudié et le numéro de station qui se situe sur ce carreau. S'il n'y a aucune station, on donne un numéro fictif. Sur ce vecteur on introduit également la superficie du bassin versant et le nombre de station hydrométrique réelle ou fictive additionnelle (maximum 49).

#### 2) **STASECx**

Selon le nombre de station hydrométrique réelle ou fictive donné sur le vecteur **STAPRIN**, x vecteurs induits seront introduits, par l'éditeur de CEQUEAU, dans le fichier. Un vecteur STASEC permet d'introduire l'information de deux stations. Ainsi si on a 5 stations additionnelles on doit avoir les vecteurs STASEC1, STASEC2, et STASEC3 pour introduire l'information de ces 5 stations.

S'il n'existe aucune station additionnelle il y a aucun vecteur induit STASEC.

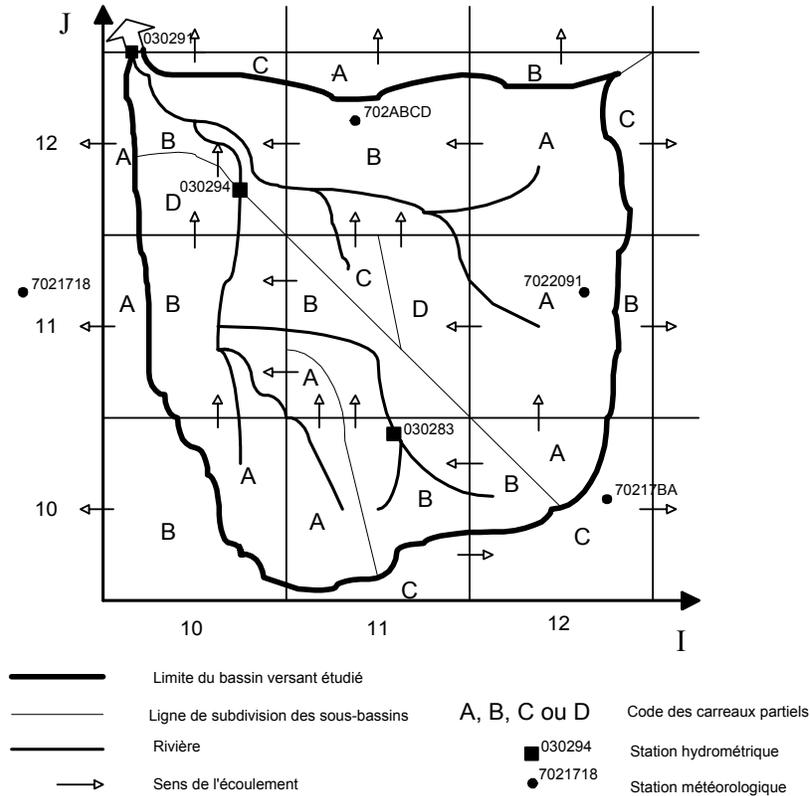


Figure 2.7 Schématisation du bassin versant et position des stations hydrométriques et météorologiques

### 3) EXECUTION

Un vecteur obligatoire EXECUTION termine le groupe de vecteurs

Une description détaillée de chacun de ces vecteurs est donnée à l'Annexe B.

#### 2.2.4 Exemple

Pour illustrer l'identification des stations, nous poursuivons l'exemple de la section précédente auquel se sont ajoutées les stations hydrométriques et météorologiques (Figure 2.7). Les données du bassin versant sont obtenues en repérant sur les cartes topographiques les coordonnées I et J et le code du carreau partiel (A, B, C ou D) de l'exutoire du bassin étudié et des stations hydrométriques additionnelles.

Les coordonnées des trois stations hydrométriques sont:

Station 030291: 10-12 B)  
 Station 030294: 10-12 D  
 Station 030283: 11-10 B

L'exutoire du bassin versant se situe à la station 030291. Le bassin versant sera reconstitué à partir de ce carreau partiel.

Même si les informations des données météorologiques ne sont pas introduites dans le fichier on peut voir sur la figure 2.7 les coordonnées des quatre stations météorologiques qui sont:

Station 7021718: 9-11  
 Station 70217BA: 12-10  
 Station 7022091: 12-11  
 Station 702ABCD: 11-12

La Figure 2.8 montre les données du bassin versant à l'aide de l'éditeur de CEQUEAU .

Données du bassin versant

exemple.bv

Corriger Enlever Ajouter Déplacer Vérifier Enreg. Imp. Terminer

STAPRIN	10 12 B	STAT1	155.4	2		
STASEC1	10 12 D	STAT2	66.50	11 10 B	STAT3	13.55
EXECUTION						
Description du vecteur pointé						
	I	--			BVREEL	
STAPRIN	JC1	NOSTA			NSEC	
Commentaire du vecteur						
Vecteur obligatoire donnant les informations de la station réelle ou fictive de l'exutoire.						

Figure 2.8 Les données du bassin versant vue avec l'éditeur de CEQUEAU.

## 2.3 Les données des rivières

Le fichier des données physiographiques des rivières (\*.RIV) n'est pas nécessaire pour faire exécuter le module de préparation des données physiographiques.

Si les données ne sont pas disponibles, le module de préparation des données physiographiques utilise des relations mathématiques pour les estimer. Ces équations ont été établies par régression en utilisant 2603 données de jaugeages en rivières pour 185 stations à travers le Québec. Les coefficients de corrélation des équations retenues sont de 0,939 pour la largeur et de 0,878 pour l'estimation de la profondeur minimale. Toutefois, ces équations satisfaisantes pour le Québec, devront être vérifiées pour d'autres régions. Les équations retenues sont:

$$\text{LARG} = 0.49(\text{SURFAM})^{0.6}$$

$$\text{PROF} = 0.0198(\text{SURFAM})^{0.53}$$

$$\text{LONG} = (\text{SURFCP})^{0.5}$$

où:

LARG:	Largeur du cours d'eau en mètre
SURFAM:	Surface en amont en km <sup>2</sup>
PROF:	Profondeur minimum en mètre.
LONG:	Longueur du cours d'eau principal en km.
SURFCP:	Superficie du carreau partiel en km <sup>2</sup>

### 2.3.1 Caractérisation d'un tronçon de rivière

La précision des caractéristiques physiographiques du cours d'eau principal sur chaque carreau partiel est cependant importante si on veut utiliser le modèle pour la simulation des paramètres de qualité de l'eau en rivière, dans ce cas il est préférable d'introduire le fichier des données des rivières.

Ainsi, pour chaque carreau partiel, nous supposons l'existence d'un cours d'eau principal ou tronçon dont le débit à la sortie du carreau est donné par les simulations du modèle de quantité. Cette notion de sortie unique, représente bien le réseau hydrographique d'un bassin qui est suffisamment et adéquatement découpé. Il faut toutefois se rappeler que ce cours d'eau principal simulé pourra quelquefois représenter quelques cours d'eau réels et non un seul, en particulier dans les régions les plus en amont d'un bassin versant. Cette distinction est importante pour l'évaluation adéquate des caractéristiques physiques réelles des cours d'eau afin d'établir la surface d'échange d'énergie entre l'eau et l'atmosphère sur un carreau partiel donné.

Les caractéristiques physiques des cours d'eau, utilisées par le modèle de qualité pour chaque carreau partiel sont; la largeur, la longueur, la pente et la profondeur minimale.

Les trois premières valeurs sont mesurées sur les cartes topographiques et la dernière est mesurée sur le terrain. Ces données sont lues par le module de préparation des données physiographiques dans le fichier des données des rivières.

Ces données peuvent être compilées en utilisant la feuille de codification des données physiographiques des rivières (Annexe H).

Le fichier des données des rivières pourra facilement être créé en utilisant l'éditeur de données de CEQUEAU (Voir section 1.7). On trouvera, dans ce fichier, les vecteurs suivant, dans l'ordre:

- 1) **PHYRIVIER**  
Ces vecteurs obligatoires donnent les caractéristiques physiographiques de la rivière principale sur chaque carreau partiel.
- 2) **EXECUTION**  
Ce vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs PHYRIVIER.

Une description détaillée de chacun de ces vecteurs est donnée à l'Annexe C.

## 2.4 Le traitement de préparation des données physiographiques

Le traitement de préparation des données physiographiques est utilisé pour créer le fichier de données préparées (extension PBR) qui servira aux simulations de quantité et de qualité.

La Figure 2.1 montre les deux autres fichiers qui découlent de ce traitement. Le fichier précision du bassin versant (extension EBV) montre les superficies des sous-bassins calculés en comparaison avec les superficies réelles décrites à la section 2.5.5. Le fichier des erreurs d'exécution (extension ERP) est généré afin de donner un compte rendu de l'exécution du module de préparation des données physiographiques. Dans le cas d'une préparation des données réussie, ce fichier contient le mot "SUCCES". Si le traitement ne s'est pas terminée normalement, il contient les messages d'erreur.

### 2.4.1 Messages d'erreurs

Le traitement de préparation des données physiographiques vérifie les données d'entrée et analyse les résultats. Selon les erreurs rencontrées, les messages suivants sont produits dans le fichier d'erreurs d'exécution (extension ERP):

#### 2.4.1.1 Erreur de surface vecteur no "x"

##### Carreau entier "i-j"

où:

"x" est le xième vecteur de codification des données physiographiques et de drainage;

"i-j" sont l'abscisse et l'ordonnée du carreau entier.

Ce message indique que la somme des pourcentages des carreaux partiels appartenant à un carreau entier n'est pas égale à 100%.

L'exécution se poursuit suite à cette erreur. Il faudra cependant refaire la préparation des données avec le vecteur corrigé.

#### 2.4.1.2 Erreur données physiographiques vecteur no "x"

**Pourcentage de lac = "y"**

**Pourcentage de forêt = "z"**

**Pourcentage de marais = "r"**

**Carreau entier "i-j"**

où:

"x" est le xième vecteur de codification des données physiographiques et de drainage;

"y", "z" et "r" sont les pourcentages de lac, de forêt et de marais du carreau entier "i-j".

La somme de "y", "z" et "r" doit être plus petite ou égale à 100%.

L'exécution se poursuit suite à cette erreur. Il faudra cependant refaire la préparation des données avec le vecteur corrigé.

#### 2.4.1.3 Erreur de flèche vecteur no "x"

**Carreau entier "i-j"**

**Une parcelle ne s'écoule pas dans une parcelle voisine**

où :

"x" est le xième vecteur de codification des données physiographiques et de drainage;

"i-j" sont l'abscisse et l'ordonnée du carreau entier.

Ce message indique que l'écoulement d'un carreau partiel vers un autre est faux. Un carreau partiel doit s'écouler dans un carreau partiel situé dans l'un des huit carreaux entiers voisins ou dans un autre carreau partiel situé sur le même carreau entier.

L'exécution se poursuit suite à cette erreur. Il faudra cependant refaire la préparation des données avec le ou les vecteurs corrigés.

#### **2.4.1.4 Erreur "x" entrées dans le carreau "y"**

où:

"x" est le nombre de carreaux partiels entrant dans le carreau partiel "y";  
"y" donne les coordonnées du carreau partiel sous la forme  $(I \times 100) + J$  et le code A, B, C, ou D..

Il ne peut y avoir plus de cinq entrées dans un carreau partiel.

L'exécution se poursuit suite à cette erreur. Il faudra cependant refaire la préparation des données avec les sorties des carreaux voisins corrigés de façon à limiter le nombre d'entrées à 5.

#### **2.4.1.5 Erreur le carreau partiel "x", "y", "z" déclaré comme exutoire n'existe pas**

où:

"x", "y" et "z" sont les coordonnées I, J et le code (A, B, C, ou D) du carreau partiel de l'exutoire du bassin.

Ce message peut avoir deux origines distinctes:

- 1) erreur sur le vecteur STAPRIN donnant le I-J et le code du carreau partiel de l'exutoire;
- 2) dans le fichier des données physiographiques des carreaux (\*.PHY), absence du vecteur PHYDRACE donnant les paramètres physiographique et de drainage du carreau I-J.

Cette erreur provoque l'arrêt de la préparation des données. Il faut refaire la préparation des données avec le ou les vecteurs corrigés.

#### **2.4.1.6 Erreur plus de "x" carreaux partiels**

où:

"x" est le nombre maximal de carreaux partiels permis. Les dimensions actuelles de CEQUEAU permettent 2 500 carreaux partiels.

Cette erreur peut avoir deux causes distinctes:

- 1) le bassin versant étudié est très grand et il y a effectivement plus de 2 500 carreaux partiels;
- 2) le bassin versant a moins de 2 500 carreaux partiels, mais une mauvaise codification des sorties d'un ou de plusieurs carreaux partiels entraîne une

boucle sans fin. Dans ce cas, il faut trouver les codifications en erreur et soumettre à nouveau la préparation des données.

Cette erreur provoque l'arrêt de la préparation des données.

#### 2.4.1.7 Erreur plus de "x" carreaux entiers

où:

"x" est le nombre maximal de carreaux entiers permis. Les dimensions actuelles de CEQUEAU permettent 1 000 carreaux entiers.

Cette erreur peut avoir deux causes distinctes:

- 1) le bassin versant étudié est très grand et il y a effectivement plus de 1 000 carreaux entiers;
- 2) le bassin versant a moins de 1 000 carreaux entiers, mais une mauvaise codification des sorties d'un ou de plusieurs carreaux partiels entraîne une boucle sans fin. Dans ce cas, il faut trouver les codifications en erreur et soumettre à nouveau la préparation des données.

Cette erreur provoque l'arrêt de la préparation des données.

#### 2.4.1.8 Erreur d'introduction des stations hydrométriques

**Station "i", "j", "c" non trouvée**

**Nombre de stations trouvées = "x"**

**Nombre de stations réelles NSTAT = "y"**

**Nombre de carreaux partiels = "z"**

où :

"i", "j" et "c" sont les coordonnées I, J et le code (A, B, C, ou D) du carreau partiel de la station hydrométrique en erreur.

"x" est le nombre de stations dont les coordonnées I-J et le code correspondent à un carreau partiel retenu comme faisant partie du bassin versant;

"y" est le nombre déclaré de stations sur le bassin versant, c'est-à-dire la station de l'exutoire et les N stations additionnelles introduites avec les vecteurs STASECx dans le fichier des données du bassin versant (\*.BV);

"z" est le nombre de carreaux partiels retenus comme faisant partie du bassin versant étudié.

Cette erreur indique qu'au moins une station n'a pu être affectée à un carreau partiel retenu comme faisant partie du bassin versant. Afin de faciliter la détection de l'erreur, CEQUEAU liste tous les carreaux partiels retenus et les coordonnées I-J, ainsi que le code des stations.

Ce message peut avoir deux origines distinctes:

- 1) erreur sur un vecteur STASECx donnant le I-J et le code du carreau partiel d'une station hydrométrique;
- 2) erreur dans le fichier des données physiographiques des carreaux (\*.PHY), le carreau partiel "i", "j", "c" ne fait pas partie des carreaux retenus par le programme pour reconstituer le bassin versant.

Cette erreur provoque l'arrêt de la préparation des données. Il faut refaire la préparation des données avec le ou les vecteurs corrigés.

#### **2.4.1.9 Erreur plus de "x" stations météorologiques**

où:

"x" est le nombre maximal de stations météorologiques oermis. Les dimensions actuelles de CEQUEAU permettent 100 stations météorologiques.

Cette erreur provoque l'arrêt de la préparation des données.

## **2.5 Les données physiographiques préparées**

Le fichier de données physiographiques (extension PBR), résultant de la préparation des données est formé de vecteurs et de matrices de données qui seront utilisées par les modèles de simulations de quantité et de qualité CEQUEAU.

La description des éléments des vecteurs et des matrices du fichier des données physiographiques préparées est donnée à l'Annexe D.

Pour désigner les vecteurs et matrices du fichier de données les termes MARR, MACE, MACP sont utilisés.

### **2.5.1 Les vecteurs MARR INITIAL**

La première ligne du fichier est un vecteur contenant 10 informations générales sur le bassin versant tel que nombre de carreaux entiers, de carreaux partiels, dimension des

carreaux ...etc. La description de chaque éléments de ce premier vecteur MARR initial est donnée à l' Annexe D.1.1.

Le vecteur suivant donne le numéro des stations hydrométriques (variable alphanumérique) situés sur le bassin versant. Ce vecteur a la dimension du nombre de station hydrométrique et est écrit à raison de 10 éléments par ligne dans le fichier.

Le vecteur suivant donne le numéro des carreaux partiels ( 1 à NBCP) où se situent les stations hydrométriques situés sur le bassin versant. NBCP est le nombre de carreaux partiels dans le bassin versant. Ce vecteur a la dimension du nombre de station hydrométrique et est écrit à raison de 10 éléments par ligne dans le fichier. La description et le format des éléments du vecteur MARR initial sont donnés à l'Annexe D.1.1

## 2.5.2 La matrice MARR

La matrice suivante, dimensionnée à NBCP lignes par 30 colonnes, contient les données pertinentes aux carreaux partiels faisant partie du bassin versant. La matrice MARR est écrite et lue avec le nombre précis de carreaux partiels (NBCP) du bassin versant étudié. Ce nombre doit être égal ou inférieur à 2 500 le nombre de carreaux partiels maximum permit par les dimensions actuelles du programme.

La description des colonnes de cette matrice est donnée à l'Annexe D.1.2.

## 2.5.3 La matrice MACE

La matrice MACE (Matrice des Carreaux Entiers), dimensionnée à NBCE lignes par 3 colonnes, contient les données pertinentes aux carreaux entiers. La matrice MACE est écrite et lue avec le nombre précis de carreaux entiers (NBCE) du bassin versant étudié. Ce nombre doit être égal ou inférieur à 1 000 le nombre de carreaux entiers maximum permit par les dimensions actuelles du programme.

La description des colonnes de cette matrice est donnée à l'Annexe D.2.

## 2.5.4 La matrice MACP

La matrice MACP (Matrice des Carreaux Partiels), dimensionnée dans les programmes actuels à NBCP lignes par 4 colonnes, contient les données pertinentes aux carreaux partiels. Comme précédemment, cette matrice est écrite et lue avec le nombre précis de carreaux partiels (NBCP) du bassin versant étudié, nombre qui doit être égal ou inférieur à 2 500.

La description des colonnes de cette matrice est donnée à l'Annexe D.3.

## 2.5.5 Précision du bassin versant calculé

Pour vérifier les résultats, le module de préparation des données physiographiques génère le fichier de précision du bassin versant (extension .EBV). On y trouve un tableau donnant les informations relatives aux stations hydrométriques. Ces informations sont les coordonnées I-J et le code de ces stations, le numéro d'affectation, c'est-à-dire le numéro du carreau partiel correspondant, les superficies des bassins versants réelles et calculées à chacune des stations et le pourcentage d'erreur. Si les pourcentages d'erreur sont faibles, nous pouvons supposer que la banque de drainage a été correctement formée. Si l'erreur est trop grande pour une ou plusieurs stations, il faut vérifier les codifications des données de drainage. Suivant la dimension du bassin versant et des instruments utilisés pour déterminer les surfaces de chaque carreau partiel, nous pouvons espérer un pourcentage d'erreur inférieur à 5%.

Le fichier des précision du bassin versant calculé (\*.ERP) ne sert qu'à vérifier que la superficie des bassins versants est bien calculée. Il n'est pas utilisé pour les simulations. Cependant, il est complété par l'information se retrouvant dans le fichier des données physiographiques préparées. Dans le cas où ces données doivent être consultées, il est préférable d'examiner le fichier des précision plutôt que le fichier des données physiographiques préparées car l'information y est présentée plus clairement.

## 2.5.6 Exemple des résultats du programme

Pour illustrer les résultats obtenus lors de la préparation des données physiographiques, l'exemple de la figure 2.7 est utilisé.

### 2.5.6.1 Vérification de la précision du bassin versant calculé

Le Tableau 2.1 montre le début du fichier de précision du bassin versant (extension EBV) calculé pour l'exemple de la Figure 2.3. En première partie, on y trouve les informations se rapportant aux trois stations hydrométriques du bassin versant étudié. La dernière colonne de ce tableau nous donne l'erreur en pourcentage entre les superficies calculées et réelles de chaque bassin versant. Si cette erreur est trop grande pour un ou plusieurs bassins versants, il faut vérifier les codifications des sorties des carreaux partiels et soumettre à nouveau la préparation des données physiographiques. Si le bassin versant est grand et si le pourcentage de carreau partiel a été déterminé précisément, nous pouvons espérer une erreur inférieure à 5%. Dans cet exemple, le troisième bassin versant a une erreur de 5,77%, que nous acceptons, compte tenu de la dimension du bassin versant (13 km<sup>2</sup>).

### 2.5.6.2 Les données MARR

Le Tableau 2.1 montre les données MARR initial qui débute par le numéro 0 (premier chiffre à gauche). Ce vecteur donne les informations générales du bassin versant. Les quatre premiers éléments de ce vecteur indiquent que le bassin versant a 15 carreaux

partiels et 9 carreaux entiers, que le chemin le plus long entre l'exutoire et l'amont du bassin est de 6 carreaux partiels, qu'il y a 3 stations hydrométriques, etc.

On trouve ensuite les 15 séries de données MARR, soit une par carreau partiel du bassin versant étudié. Ces séries de données sont numérotées (première colonne à gauche) de 1 à 15. Notons que ce numéro n'est pas écrit dans le fichier de données physiographiques préparées mais seulement dans le fichier des précisions, mais qu'il est nécessaire de le connaître pour définir certaines options du modèle CEQUEAU . Par exemple, le vecteur STATIONFIC (Section 4.2.1) des paramètres du modèle CEQUEAU (\*.PAH) permet de définir les numéros de carreaux partiels où l'on veut calculer les débits; ainsi, si nous voulons les débits à la sortie des carreaux partiels 5 et 14 nous donnerons les numéros 11-11-C et 12-10-A.

Reprenons maintenant la Figure 2.7 en y ajoutant les numéros de carreaux partiels et entier pour obtenir la Figure 2.9.

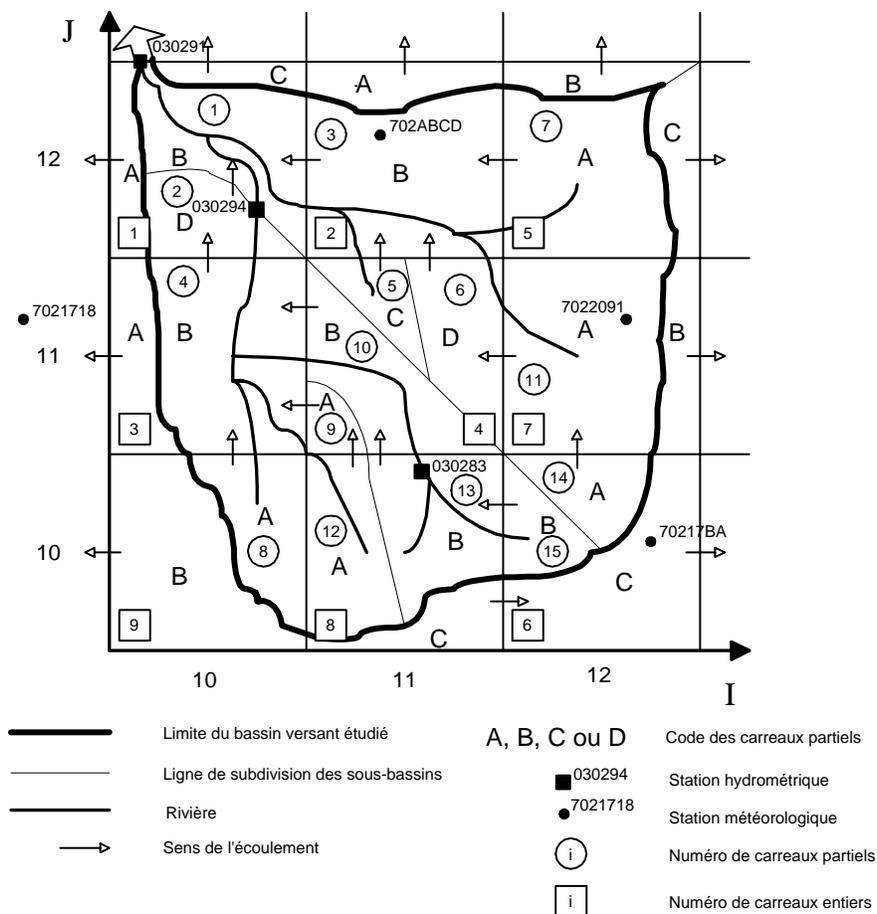


Figure 2.9 Numérotation des carreaux partiels et des carreaux entiers

**Tableau 2.1** Résultats de la préparation des données physiographiques: l'affectation des stations hydrométriques et les MARR (Début du fichier (extension EBV) des précisions du bassin versant calculé).

VECTEURS MARR																													
SUPERFICIE DES CARREAUX ENTIERES = 25.00																													
FACTEUR FACCAE= 4.000																													
NOMBRE DE VECTEURS LUS 9																													
AFFECTATION DES STATIONS HYDROMETRIQUES REELLES ET FICTIVES AUX CARREAUX PARTIELS																													
NO. STATION	ABCISSE I		ORDONNEE J		CARACTERE	NUMERO DU CARREAU				B.V.REEL KM2	B.V.CALC KM2	ERREUR EN p.c.																	
30291	10		12		B	1				155.40	153.75	-1.06																	
30294	10		12		D	2				67.60	64.50	-4.59																	
30283	11		10		B	13				13.00	13.75	5.77																	
DONNÉES MARR INITIAL																													
0-	15	9	6	3	30291	30294	30283	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0									
					1	2	13	0	0	0	0	0	0	4	0	2500	1	0											
15 SÉRIES DE DONNÉES MARR																													
1-	1012	B	50	10	12	0	2	3	0	0	0	1	3	50	0	605	0	0	0	0	0	615	460	0	180	47	10012	39850	0
2-	1012	D	20	10	12	1	4	0	0	0	0	1	3	50	0	605	0	0	0	0	0	258	168	0	123	47	10012	18024	0
3-	1112	B	85	11	12	1	5	6	7	0	0	2	1	47	0	660	0	0	0	0	0	307	142	0	57	52	11012	19326	0
4-	1011	B	65	10	11	2	8	9	10	0	0	3	1	60	0	658	0	0	0	0	0	238	108	0	123	39	10011	17024	0
5-	1111	C	25	11	11	3	0	0	0	0	0	4	1	68	1	703	0	0	0	0	0	25	25	0	25	30	11011	1700	0
6-	1111	D	32	11	11	3	11	0	0	0	0	4	1	68	1	703	0	0	0	0	0	127	32	0	32	30	11011	9011	0
7-	1212	A	70	12	12	3	0	0	0	0	0	5	0	66	0	710	0	0	0	0	0	70	0	0	0	34	12012	4620	0
8-	1010	A	40	10	10	4	0	0	0	0	0	6	0	75	0	746	0	0	0	0	0	40	0	0	0	25	10010	3000	0
9-	1111	A	3	11	11	4	12	0	0	0	0	4	1	68	1	703	0	0	0	0	0	38	3	0	38	30	11011	3004	0
10-	1111	B	40	11	11	4	13	0	0	0	0	4	1	68	1	703	0	0	0	0	0	95	40	0	85	30	11011	7120	0
11-	1211	A	85	12	11	6	14	0	0	0	0	7	0	71	0	740	0	0	0	0	0	95	0	0	0	29	12011	6835	0
12-	1110	A	35	11	10	9	0	0	0	0	0	8	0	80	1	781	0	0	0	0	0	35	0	0	35	19	11010	2800	0
13-	1110	B	45	11	10	10	15	0	0	0	0	8	0	80	1	781	0	0	0	0	0	55	0	0	45	19	11010	4400	0
14-	1210	A	10	12	10	11	0	0	0	0	0	9	0	80	0	800	0	0	0	0	0	10	0	0	0	20	12010	800	0
15-	1210	B	10	12	10	13	0	0	0	0	0	9	0	80	0	800	0	0	0	0	0	10	0	0	0	20	12010	800	0

Les chiffres encerclés sur la Figure 2,9 correspondent aux numéros des carreaux partiels de cet exemple. Ces numéros respectent un ordre bien précis. Par exemple, si l'on appelle carreau d'ordre 1 le carreau partiel qui s'écoule à l'exutoire, les carreaux d'ordre 2 ceux qui s'écoulent dans le carreau d'ordre 1, etc., nous obtenons les groupes suivants:

Ordre	Numéros de carreaux partiels
1	1
2	2 - 3
3	4 - 5 - 6 - 7
4	8 - 9 - 10 - 11
5	12 - 13 - 14
6	15

L'ordre maximal atteint nous donne le nombre de carreaux partiels qu'une goutte d'eau partant de l'amont du bassin versant doit traverser pour arriver à l'exutoire. Ce nombre est gardé dans le troisième élément du vecteur MARR initial (Annexe D.1.1)

De ce qui précède, nous pouvons déduire également que l'eau des carreaux partiels 8, 9, 10 et 11 doit transiter à travers quatre carreaux pour arriver à l'exutoire. Ces informations forment ce que l'on appelle les données de drainage. Le modèle CEQUEAU utilise ces données de drainage pour représenter le transfert de l'eau de l'amont vers l'aval. Le sixième élément de chaque série de données MARR indique le carreau partiel en aval dans lequel s'écoule le carreau considéré (la première colonne qui donne le numéro séquentiel n'est pas comptée, cette colonne n'existe pas dans le fichier (extension PBR) utilisé par le modèle). Ainsi, sur la dernière partie du Tableau 2.1, on voit que les carreaux partiels 2 et 3 s'écoulent dans le carreau partiel numéro 1. Le carreau partiel 15 s'écoule dans le carreau partiel numéro 13, etc.

Les éléments 7 à 11 des données MARR donnent l'information inverse, c'est-à-dire les carreaux partiels qui reçoivent le carreau considéré. Par exemple, nous voyons que le carreau partiel 1 reçoit les carreaux partiels 2 et 3, le numéro 2 reçoit le numéro 4, etc.

Le douzième élément des données MARR donne le numéro de carreau entier auquel appartient le carreau partiel.

Les autres éléments des données MARR représentent les caractéristiques physiques de chaque carreau partiel, et sont décrits à l'Annexe D.1.2

### **2.5.6.3 La matrice MACE**

La suite du fichier des précisions des données physiographiques est montrée au Tableau 2.2. La matrice MACE donne les caractéristiques de chaque carreau entier. Les colonnes 5, 6 et 7 ne sont pas utilisées par la version actuelle du modèle.

La description des colonnes de cette matrice est donnée à l'Annexe D.2

### **2.5.6.4 La matrice MACP**

La matrice MACP, qui contient les informations relatives aux carreaux partiels, est montrée au Tableau 2.2. Nous remarquons, en particulier, la sixième colonne du tableau (cinquième de la matrice MACP) qui donne le nombre d'entrées dans le carreau partiel. Avec les valeurs de cette colonne et compte tenu de la structure précise des carreaux partiels, nous pouvons reconstituer l'écoulement d'un carreau partiel à un autre, en commençant par l'exutoire. Cette matrice est écrite à la suite de la matrice MACE.

La description des colonnes de cette matrice est donnée à l'Annexe D.3

### **2.5.6.5 La matrice IJS**

La matrice IJS, listée au Tableau 2.2, donne les informations des stations météorologiques disponibles dans la région étudiée. Cette matrice est écrite à la suite de la matrice MACP. Les modules de simulation de quantité et de qualité de CEQUEAU lisent cette matrice et l'écrivent au début du fichier des résultats mais ne l'utilisent pas, car pour les calculs, les caractéristiques des stations sont tirées du fichier des paramètres du modèle (extension PAH). Il est possible ainsi d'utiliser des stations météorologiques non définies dans la matrice IJS sans être obligé de refaire la préparation des données physiographiques.

La description des colonnes de cette matrice est donnée à l'Annexe D.4

**Tableau 2.2** Résultats de la préparation des données physiographiques: les matrices MACE, MACP et IJS (suite du fichier (extension PBR) des précisions du bassin versant calculé).

Matrice MACE										
STATION NUMERO	30291	NOMBRE DE CARREAUX ENTIERS					9	MATRICE MACE		
MACE(J,1)	=POURCENTAGE DES LACS									
MACE(J,2)	=POURCENTAGE BOISE									
MACE(J,3)	=POURCENTAGE EN MARECAGE									
MACE(J,4)	=ALTITUDE MOYENNE EN METRES									
MACE(J,5)	=RIEN									
MACE(J,6)	=RIEN									
MACE(J,7)	=RIEN									
MACE(J,8)	=POURCENTAGE PAR RAPPORT AU CARREAU CONFORME									
1	3	50	0	605	0	0	0	100		
2	1	47	0	660	0	0	0	100		
3	1	60	0	658	0	0	0	100		
4	1	68	1	703	0	0	0	100		
5	0	66	0	710	0	0	0	100		
6	0	75	0	746	0	0	0	100		
7	0	71	0	740	0	0	0	100		
8	0	80	1	781	0	0	0	100		
9	0	80	0	800	0	0	0	100		
Matrice MACP										
STATION NUMERO	30291	NOMBRE DE CARREAUX PARTIELS					15	MATRICE MACP		
MACP(J,1)	=POURCENTAGE DE LA PARCELLE									
MACP(J,2)	=REFERENCE AU CARREAU ENTIER									
MACP(J,3)	=POURCENTAGE TOTAL EN AMONT									
MACP(J,4)	=POURCENTAGE TOTAL DES LACS EN AMONT									
MACP(J,5)	=NOMBRE D ENTREES DANS LA PARCELLE									
MACP(J,6)	=POURCENTAGE TOTAL DES MARECAGES EN AMONT									
1	50	1	615	460	2	180				
2	20	1	258	168	1	123				
3	85	2	307	142	3	57				
4	65	3	238	108	3	123				
5	25	4	25	25	0	25				
6	32	4	127	32	1	32				
7	70	5	70	0	0	0				
8	40	6	40	0	0	0				
9	3	4	38	3	1	38				
10	40	4	95	40	1	85				
11	85	7	95	0	1	0				
12	35	8	35	0	0	35				
13	45	8	55	0	1	45				
14	10	9	10	0	0	0				
15	10	9	10	0	0	0				
Matrice IJS										
STATIONS METEOROLOGIQUES DISPONIBLES										
NO	NOM	NO. PRO.	NO. FED.	LAT	LONG	I	J	ALT	PREC.	
1	STATION AA	480	7021718	7130	4520	9	11	520	820	
2	STATION BB	740	70217BA	7128	4519	12	10	560	980	
3	STATION CC	470	7022091	7127	4520	12	11	620	688	
4	STATION DD	238	702ABCD	7124	4522	11	12	528	772	



# 3

## PRÉPARATION DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES

En plus du fichier des données physiographiques préparées, les simulations de quantité et de qualité nécessitent un fichier constitué des données hydrométriques et des données météorologiques préparées pour la période de simulation considérée (extension HMC). Le traitement servant à la préparation de ce fichier tire ses directives du fichier des stations (extension DHM) afin de recueillir et d'organiser les données contenues dans la base de données. La Figure 3.1 montre la structure détaillée de la préparation des données hydrométriques et météorologiques.

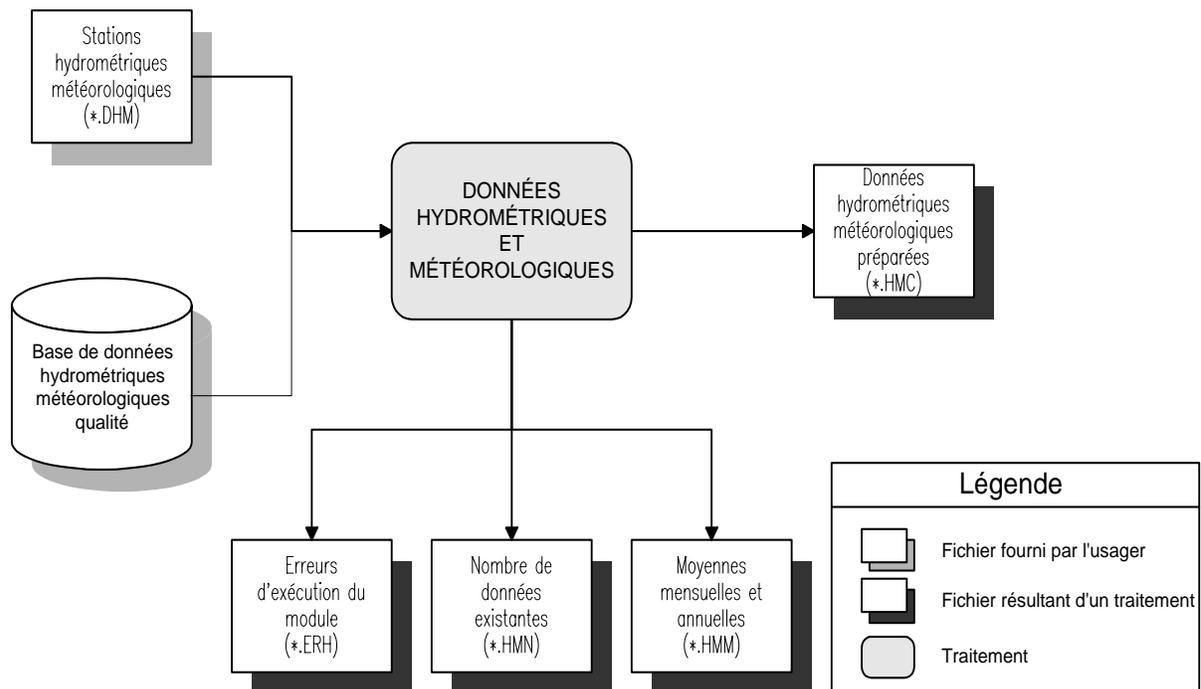


Figure 3.1 La préparation des données hydrométriques et météorologiques

## 3.1 Le fichier des stations hydrométriques et météorologiques

Le pas de temps des données que l'on peut introduire dans le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées est la journée ou 12, 8, 6, 4, 2, 1 heures. On utilise normalement pour caler le modèle, de trois à cinq ans de données, bien que parfois on est contraint d'utiliser qu'une seule année. Il est possible d'utiliser jusqu'à 100 stations météorologiques et 50 stations hydrométriques (où il peut exister des barrages). En pratique, un minimum de trois stations météorologiques et d'une station hydrométrique sont nécessaires.

On utilise généralement l'éditeur de données de CEQUEAU (voir section 1.7) afin de créer le fichier des stations hydrométriques et météorologiques (extension DHM). On trouvera, dans ce fichier, les vecteurs suivants, dans l'ordre:

- 1) **DHM1GEN**  
Vecteur obligatoire donnant l'année de début et de fin de la banque de données à créer.
- 2) **REPMETEO**  
Vecteur obligatoire donnant le nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données météorologiques.
- 3) **REPHYDRO**  
Vecteur obligatoire donnant le nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données hydrométriques.
- 4) **STAMET1**  
Vecteur obligatoire donnant les informations générales sur les numéros des stations et les noms des fichiers des données météorologiques que l'on veut utiliser pour créer la banque de données.
- 5) **STAMET2...STAMET100**  
Vecteurs induits (par la variable NBPM du vecteur DHM1GEN) donnant les informations générales sur les numéros des stations et les noms des fichiers des données météorologiques que l'on veut utiliser pour créer la banque de données.
- 6) **STADEB1**  
Vecteur obligatoire donnant les informations générales sur la station et le nom du fichier des données hydrométriques que l'on veut utiliser pour créer la banque de données. Si la station est un barrage de code 1 ou 5 il faut aussi donner le numéro de station donnant les niveaux d'eau dans le barrage et le nom du fichier contenant ces données.

7) **STADEB2...STADEB50**

Vecteurs induits( par la variable NDEB du vecteur DHM1GEN) donnant les informations générales sur les stations et les noms des fichiers des données hydrométriques que l'on veut utiliser pour créer la banque de données. Si la station est un barrage de code 1 ou 5 il faut aussi donner le numéro de station donnant les niveaux d'eau dans le barrage et le nom du fichier de ces données.

8) **EXECUTION**

Vecteur obligatoire qui termine le groupe de vecteurs.

Une description détaillée de chacun de ces vecteurs est donnée à l'Annexe E.

## 3.2 La base de données hydrométriques et météorologiques

L'information qui servira à la préparation du fichier des données hydrométriques et météorologiques est contenue dans une base de donnée. Cette dernière peut faire partie d'un système de gestion de base de données (SGBD) ou être simplement constituée de fichiers. Nous donnons ici une description de la structure des banques de données consistant en une série de fichiers. Rappelons que c'est à partir de l'information sur les périodes et les stations, fournie dans le fichier des stations (extension DHM), que le module de préparation des données pourra tirer de cette banque l'information appropriée afin de constituer le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC).

### 3.2.1 Données météorologiques

Les fichiers de données météorologiques (normalement ces fichiers ont MET comme extension) contiennent les informations suivantes:

- température maximale de l'air, en degrés Celsius;
- température minimale de l'air, en degrés Celsius;
- précipitation liquide, en dixièmes de millimètres;
- précipitation solide (neige), équivalent en dixièmes de millimètres (optionnel).

Pour chaque année de données météorologiques disponibles on a sur une première ligne le numéro de station, l'année, le pas de temps en heures des données, un code (KODMET) pour indiquer le format de lecture des données météorologiques et un code (KODNEI) pour indiquer que les précipitations solides existent ou non. Le format de cette première ligne est 2X, A8, 4I5.

Si KODMET=1 les données météorologiques d'une année sont introduites à l'aide de trois ou quatre vecteurs de 366 valeurs fournissant les températures, maximum, minimum, la précipitation liquide, le quatrième vecteur de 366 valeurs qui donne la précipitation solide

est introduit seulement si KODNEI=1, si KODNEI=2 ce vecteur n'est pas introduit. Le format de ces vecteurs est de 24I5 c'est à dire 16 lignes par vecteur. Le 29 février a toujours sa place, si l'année est non-bissextile la soixantième valeur du vecteur est un code pour manque de données, soit -990 pour les températures et -10 pour les précipitations. Le fichier peut débuter et finir à n'importe quelle année. On doit toujours avoir 366 valeurs par vecteur, si nécessaire pour les années incomplètes on introduit les codes de manque de donnée. Le fichier hydro-météo utilisé par CEQUEAU (extension HMC) ne doit pas avoir de manque de données météorologiques, les manques seront remplacés par les données des stations météorologiques voisines.

Si KODMET=2 les données météorologiques d'une journée sont introduites à l'aide de trois ou quatre vecteurs donnant l'année le mois et le jour plus N valeurs. N est le nombre de valeurs pour chaque jour et dépend du pas de temps des données, par exemple, si le pas de temps des données est de 8 heures on doit lire 3 valeurs par vecteur, pour le pas de temps horaire on doit lire 24 valeurs par vecteur, si les données météorologiques sont introduites au pas de temps journalier on lit une valeur par vecteur seulement. Comme précédemment sur les 3 premiers vecteurs on retrouve les données de températures maximum et minimum, la précipitation liquide, le quatrième vecteur qui donne la précipitation solide est introduit seulement si KODNEI=1, si KODNEI=2 ce vecteur n'est pas introduit. La date peut-être introduite sur le premier vecteur seulement (vecteur des températures maximum) sur les autres vecteurs on doit laisser les 8 premières colonnes vierge. Le format de ces vecteurs est de I4, I2, I2, 24I5 si la date est donnée sinon 8X, 24I5 c'est à dire 1 ligne par vecteur même pour les données horaires. Comme précédemment si une donnée est manquante on introduit le code manque de donnée soit -990 pour les températures et -10 pour les précipitations. Si aucune donnée n'est disponible pour une date on n'est pas obligé d'introduire les vecteurs pour cette date.

### 3.2.2 Données hydrométriques

Les fichiers des données de débit (normalement ces fichiers ont DEB comme extension) contiennent les informations suivantes:

- débits moyens par pas de temps en m<sup>3</sup>/s.

Pour chaque année de données de débits disponibles on a sur une première ligne le numéro de station, l'année, le pas de temps en heures des données et un code (KODDEB) pour indiquer le format de lecture des données hydrométriques. Le format de cette première ligne est 2X, A8, 3I5.

Si le code KODDEB =1 les données hydrométriques d'une année sont introduites à l'aide d'un vecteur de 366 valeurs qui fournit les débits journaliers de l'année. Le fichier contient toutes les données disponibles et peut débuter et finir à n'importe quelle année. Le format est de 8F10.2 c'est à dire 46 lignes par vecteur. Le 29 février a toujours sa place, si l'année est non-bissextile, la soixantième valeur du vecteur est un code pour manque de données, soit -1.0 pour les débits.

Si KODDEB=2 les données hydrométriques d'une journée sont introduites sur un vecteur donnant l'année le mois et le jour plus N valeurs. N est le nombre de valeurs pour chaque jour et dépend du pas de temps des données, par exemple, si le pas de temps des données est de 6 heures on doit lire 4 valeurs par vecteur, pour le pas de temps horaire on doit lire 24 valeurs par vecteur, si les données sont introduites au pas de temps journalier on lit une valeur pas vecteur seulement. Le format de ces vecteurs est de I4, I2, I2, 24F8.2 c'est à dire 1 ligne par vecteur même pour les données horaires. Comme précédemment si une donnée est manquante on introduit le code manque de donnée soit -1.0 pour les débits. Si aucune donnée n'est disponible pour une date on n'est pas obligé d'introduire le vecteur pour cette date.

Les fichiers des données de niveau (normalement ces fichiers ont NIV comme extension) utilisées si des barrages sont considérés contiennent les informations suivantes:

- niveaux moyens journaliers en m.

Le fichier des niveaux donne sur une première ligne le numéro de station l'année, le pas de temps en heures des données et un code (KODNIV) pour indiquer le format de lecture des données. Le format de cette première ligne est 2X, A8, 3I5.

Les vecteurs donnant les niveaux d'eau dans les réservoirs ont exactement le même format que les débits. Le code de manque de données pour les niveaux est également -1.0

### **3.3 Le traitement des données hydrométriques et météorologiques**

Le fonctionnement du traitement de préparation des données hydrométriques et météorologiques est simple: les données hydrométriques et météorologiques sont lues dans la banque de données et, s'il y a concordance de l'année et du numéro de station avec l'un de ceux que l'on a spécifiés dans le fichier des stations (extension DHM), les données servent alors à constituer le fichier des données préparées (extension HMC). Lorsqu'il y a absence de données, les données de températures et de précipitations sont complétées. Dans les deux cas, on utilise les moyennes des autres stations pour compléter les manques de données.

Il est possible d'utiliser jusqu'à 100 stations météorologiques et 10 sous-périodes différentes.

La Figure 3.1 montre également trois autres fichiers qui découlent de ce traitement. Le fichier du nombre de données existantes (extension HMN) permet d'identifier les périodes manquantes dans les fichiers de la banque de donnée en indiquant, de façon mensuelle et annuelle, la quantité de données qui a été soutirée. Ces données manquantes auront été comblées dans le fichier de données préparées, selon la méthode décrite précédemment.

Un autre fichier (extension HMM) donne les moyennes mensuelles et annuelles des températures maximales et minimales de l'air ainsi que des précipitations liquides et solides, en considérant les données existantes et celles qui ont été comblées.

S'il y a des erreurs un fichier portant le nom du bassin suivi de l'extension ERH est produit afin de donner un compte rendu de l'exécution du module de préparation des données hydrométriques et météorologiques. Si le traitement s'est terminé normalement, ce fichier n'existe pas.

Un fichier intermédiaire portant l'extension HM (non montré à la Figure 3.1), est également produit. Il contient les données hydrométriques et météorologiques préparées, les données manquantes n'y ayant pas encore été comblées. Ce fichier n'est pas utilisé lors des simulations et peut être supprimé sans danger.

## **3.4 Les données hydrométriques et météorologiques préparées**

Les informations hydrométriques et météorologiques sont écrites dans le fichier des données préparées (extension HMC) sous la forme d'une matrice selon l'ordre illustré à la Figure 3.2 et décrit plus loin.

### **3.4.1 La matrice initiale**

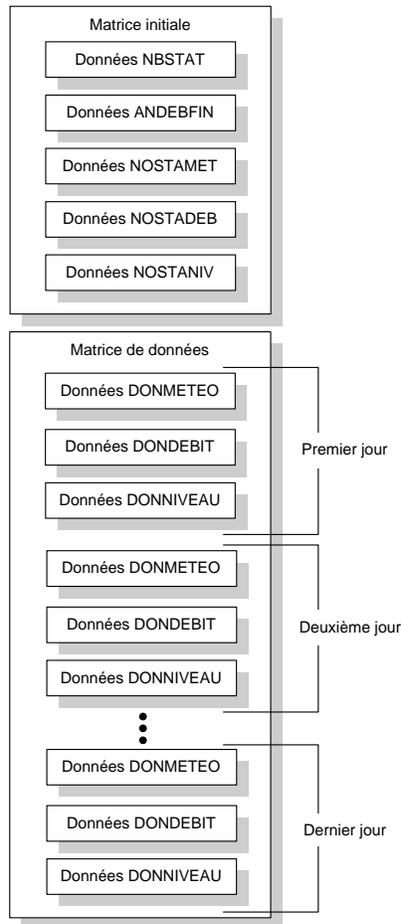
La matrice initiale donne des informations générales sur les stations météorologiques et hydrométriques et la période de la banque créée. La description détaillée de chaque élément de cette matrice est donnée à l'Annexe F.

#### **3.4.1.1 Données générales NBSTAT**

Cette série de données est dimensionnée à une ligne de cinq informations spécifiant le nombre de stations météorologiques, hydrométriques et de niveaux considérées, le code de précipitation solide et le pas de temps des données hydro-météorologiques en heure. Le format de cette première ligne est de 5I6.

#### **3.4.1.2 Données de période ANDEBFIN**

Cette série de données est dimensionnée à une ligne de deux informations, soit les années de début et de fin des données hydro-météorologiques préparées. Le format de cette ligne est 2X, I4, I2, I2, 2X, I4, I2, I2.



**Figure 3.2** Schéma des matrices constituant le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC).

### 3.4.1.3 Données des stations météorologiques NOSTAMET

Cette série de données est dimensionnée à une ou plusieurs lignes donnant les numéros des stations météorologiques utilisées pour la préparation des données. Le format d'une ligne est 10A8 et le nombre de lignes est fonction du nombre de stations météorologiques.

### 3.4.1.4 Données des stations de débits NOSTADEB

Cette série de données est dimensionnée à une ou plusieurs lignes et contient les numéros des stations de débits utilisées pour la préparation des données. Le format d'une ligne est 10A8 et le nombre de lignes est fonction du nombre de stations de débits.

### 3.4.1.5 Données des stations avec barrage NOSTANIV

Cette série de données est dimensionnée à une ou plusieurs lignes et contient les numéros des stations donnant les niveaux des réserves d'eau dans les réservoirs pour les stations avec barrages réels (Section xxxx). Le format d'une ligne est 10A8 et le nombre de lignes est fonction du nombre de stations de débits. S'il n'y a pas de station avec barrage réel, cette série de données n'existe pas. Par contre s'il existe au moins une station avec barrage on doit introduire le numéro de station en respectant sa position par rapport aux données de débits. Par exemple si on a 6 stations de débits et qu'il existe un barrage réel sur la station 4 seulement, cette série de données doit contenir 6 champs de 8 caractères les trois premiers champs sont laissés vierge, le quatrième champs donne le numéro de la station donnant les réserves d'eau dans le barrage et les deux derniers champs sont laissés vierge,

## 3.4.2 La matrice de données

A la suite des données décrites précédemment, on retrouve un premier groupe de trois séries de données donnant respectivement les données météorologiques, hydrométriques et les niveaux d'eau dans les barrages de code 1 ou 5. Puisque chaque groupe présente de l'information pour un pas de temps, on retrouve donc un groupe de ces trois séries de données pour chaque pas de temps nécessaire pour compléter la période spécifiée sur la deuxième ligne de ce fichier (voir section 3.4.1.2). La première série de données DONMETEO fournit les températures maximales et minimales de l'air, les précipitations liquides et s'il y a lieu les précipitations solides de toutes les stations météorologiques. La seconde série de données DONDEBIT fournit les débits journaliers aux stations hydrométriques. Les niveaux journaliers des réserves d'eau s'il existe des barrages réels (NNIVO > 0), sont fournis sur la série de données DONNIVEAU.

Le fichier peut débuter à n'importe quel jour de l'année, cependant pour un pas de temps inférieur à la journée on doit introduire les données de tous les pas de temps de la journée. Toutes les années de la période que l'on désire préparer doivent avoir 365 ou 366 groupes de trois séries de données multiplié par le nombre de pas de temps dans une journée. Seule la dernière année peut en avoir un nombre inférieur à 365. Dans l'ordre, les séries de données qui suivent forment un groupe représentant l'information pour un pas de temps. La description détaillée de chaque élément de ces données est présentée à l'Annexe F.

### 3.4.2.1 Données météorologiques DONMETEO

Cette série de données est dimensionnée à une ou plusieurs lignes pour contenir les données de chaque station météorologique: les températures maximale et minimale de l'air en dixième de degré Celsius et les précipitations liquides et s'il y a lieu solides en dixième de millimètres d'équivalent en eau.

Le format de cette première série est de 2014. Le nombre de ligne pour cette série est égal un nombre de poste météo multiplié par 3 ou 4 si la précipitation solide est introduite

divisé par 20. Sur la première ligne de cette série on donne la date (colonnes 83 à 92) des données hydro-météorologiques. La date est l'année, le mois, le jour et la période du pas de temps. Par exemple pour un pas de temps journalier on a 01, pour un pas de temps horaire on retrouve 01 à 24 pour une journée alors que pour un pas de temps de 8 heures on va avoir respectivement 01,02 et 03 pour la période d'une journée. Cette date n'est pas utilisée par le modèle CEQUEAU elle est introduite seulement pour faciliter l'édition de ce fichier.

#### **3.4.2.2 Données hydrométriques DONDEBIT**

Cette série de données est dimensionnée à une ou plusieurs lignes et donne les débits à chaque station hydrométrique, en mètres cube par seconde.

Le format de cette série de données est de 10F8.2. Le nombre de ligne pour cette deuxième série est égal au nombre de station hydrométrique divisé par 10.

#### **3.4.2.3 Données hydrométriques DONNIVEAU**

Cette série de données est dimensionnée à une ou plusieurs lignes et donne les niveaux d'eau en mètre pour les stations hydrométriques avec barrage réel. S'il n'y a pas de station avec barrage réel, cette série de données n'est pas écrite.

Si il existe au moins une station avec barrage on doit introduire le niveau d'eau dans le réservoir en respectant sa position par rapport aux données de débits. Le format de cette série de données est de 10F8.2. Le nombre de ligne pour cette deuxième série est égal au nombre de station hydrométrique divisé par 10.

### **3.5 Exemples de données météorologiques et hydrométriques préparées**

Pour illustrer la formation du fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées, considérons les deux exemples suivants:

**Exemple 1:** Dix stations météorologiques, 8 stations hydrométriques et 0 barrage, les précipitations solides sont introduites et le pas de temps des données est le jour (24 heures). La banque est préparée pour la période du 16 juillet 1972 au 30 août 1975. On montre ici que les trois premiers jours. Dans ce cas, comme il n'y a pas de station avec barrage réel, les séries de données NOSTANIV et DONNIVEAU n'existent pas.



## 3.6 Autres fichiers de données météorologiques

Pour les prévisions hydrométriques à court terme et à moyen terme, le modèle utilise des fichiers de données météorologiques qui doivent être préparés par l'utilisateur en respectant un format précis.

### 3.6.1 Fichiers pour la prévision à court terme

Pour la prévision à court terme, le modèle offre trois choix pour introduire les données météorologiques. ( Voir la variable KODPM des vecteurs PREVIDET et PREVISTA ).

Si KODPM est égal à zéro, on va lire les données météorologiques sur le fichier \*.HMC c'est-à-dire que les prévisions hydrométriques seront faites en utilisant les données météorologiques mesurées. Cette option est utile pour analyser les résultats qu'on aurait obtenus avec les bonnes prévisions météorologiques. Pour utiliser cette option on doit simplement s'assurer que le fichier \*.HMC est complet pour la période demandée pour la prévision à court terme (voir les variables JDPREV, JFPREV et NJRPREV du vecteur PREVIDET ou PREVISTA).

Si KODPM est égal à un, on utilise les données météorologiques moyennes sur le bassin versant pour calculer les prévisions hydrométriques. Dans ce cas, l'utilisateur doit préparer un fichier \*.PMB.

Si KODPM est égal à deux, on utilise les données météorologiques prévues à un certain nombre de station ou de points de grille pour calculer les prévisions hydrométriques. Dans ce cas, l'utilisateur doit préparer un fichier \*.PGP pour introduire les précipitations prévues et un fichier PGT pour introduire les températures prévues.

#### 3.6.1.1 Prévision météorologiques moyenne sur le bassin versant (Fichier PMB ))

Si KODPM=1, on utilise les prévisions météorologiques moyennes sur le bassin versant pour calculer les prévisions hydrométriques. Pour chaque jour les X prévisions sont données sur une ligne à la suite de la date de la première prévision disponible. Ainsi, on a sur chaque ligne, l'année, le mois, le jour et le nombre de périodes par jour puis la température maximum, la température minimum et la précipitation liquide pour les X jours de prévision. Le format de ces lignes est ( I4,3I2,21F5.1). Ce fichier est utilisé seulement pour des simulations journalières et le nombre de prévisions maximum est de 7 jours. Le tableau suivant montre le début d'un fichier PMB qui donne 6 jours de prévisions.

### Exemple d'un fichier PMB

```

19930403 1 2.9 -8.6 0.1 4.2 -6.2 0.1 4.8 -6.4 0.2 6.1 -5.6 0.4 6.5 -5.6 0.7 1.8-10.2 1.7
19930404 1 5.3 -6.2 0.0 4.8 -6.9 0.1 6.8 -5.4 0.3 7.1 -4.4 0.2 6.5 -4.6 1.0 2.7-10.7 9.9
19930405 1 6.2 -6.9 0.0 7.2 -6.4 0.0 7.5 -4.6 0.3 7.1 -3.5 1.2 7.4 -4.0 7.4 3.2 -9.1 20.5
19930406 1 8.7 -6.4 0.0 8.3 -5.0 0.2 8.5 -3.7 1.0 8.4 -2.6 6.8 8.0 -1.9 19.0 3.2 -9.5 9.3
19930407 1 3.1 3.1 0.0 5.1 5.1 0.0 3.7 3.7 0.1 5.1 5.1 13.3 0.3 0.3 17.6 4.2 -9.1 0.4
19930408 1 9.9 -3.9 0.0 11.5 -2.1 4.5 11.2 0.5 16.7 7.3 -1.0 4.7 5.3 -5.8 0.7 5.6 -8.9 0.7
19930409 1 11.8 -2.1 6.1 11.5 0.8 18.7 9.6 1.5 11.7 6.4 -3.0 1.2 6.0 -4.4 1.0 6.4 -6.4 1.5
19930410 1 11.2 0.8 15.4 8.7 0.0 11.5 9.0 -0.6 1.7 8.9 -0.4 2.9 7.8 -2.5 2.6 6.7 -5.3 8.1

```

Le fichier MISBI.PMB donne les prévisions moyennes sur le bassin de la rivière Mistassibi pour la période du 3 avril 1993 au 31 décembre 1996.

### 3.6.1.2 Prévision météorologiques aux stations météorologiques ou points de grille (Fichiers PGP et PGT)

Si KODPM est égal à deux, on utilise les données météorologiques prévues à un certain nombre de station ou de points de grille pour calculer les prévisions hydrométriques. Dans ce cas, l'utilisateur doit préparer un fichier \*.PGP pour introduire les précipitations prévues et un fichier PGT pour introduire les températures prévues.

Pour le fichier PGP on donne

- A) Sur la première ligne le nombre de stations météorologiques ou de points de grille (NBPRES) pour lequel on a des prévisions pluviométriques (Format I5).
- B) Sur les lignes suivantes on donne l'abscisse et l'ordonnée de chaque des NBPRES stations ou points de grille, par rapport à la grille utilisée par CEQUEAU (Format 11(2I3)).
- C) La ligne immédiatement après donne la date du début des prévisions; l'année, le mois, le jour et le nombre de périodes par jour puis le nombre de pas de prévision NB (Format I4,3I2,I5).
- D) Le bloc de données suivant donne les prévisions de précipitation en dixièmes de millimètre pour chacune des NBPRES stations et cette information est répétée NB fois (Format 22I5). Après on recommence au point (C) pour la date suivante.

Le fichier MISBI.PGP donne les prévisions de précipitation (équivalent en eau en dixième de millimètre) pour les 926 points de grille du bassin versant de la rivière Mistassibi pour 7 jours débutant le premier juin 1985.

Pour le fichier PGT on a exactement le même format sauf que le bloc (D) donne les températures maximales et minimales prévues en dixième de degré centigrade. Le nombre de points de grille de prévision des températures n'est pas nécessairement le même que le nombre de points de grille de prévision des précipitations.

Le fichier MISBI.PGT donne les prévisions de température de l'air (en dixième de degré centigrade) pour 18 points de grille du bassin versant de la rivière Mistassibi pour 7 jours débutant le premier juin 1985.



### Exemple d'un fichier HIS

```

HIST 1953-1995- 101      65.488
HIST 1953-1995- 102      64.400
HIST 1953-1995- 103      63.033
HIST 1953-1995- 104      62.040
.      .      .      .      .
.      .      .      .      .
.      .      .      .      .
HIST 1953-1995-1227      70.470
HIST 1953-1995-1228      69.688
HIST 1953-1995-1229      69.018
HIST 1953-1995-1230      68.648
HIST 1953-1995-1231      68.082
19530101 -8.3 -31.2  0.0  1.3
19530102 -1.2 -21.5  0.0  1.9
19530103 -3.5 -21.8  0.0  0.9
19530104 -8.2 -20.5  0.0  0.0
19530105 -9.5 -23.0  0.0  1.8
19530106 -16.9 -31.4  0.0  0.0

```

### 3.6.3 Enneigement par satellite en % sur les C.E. (fichier PGN)

Ce fichier donne le pourcentage d'enneigement, tel qu'estimé par satellite, sur chaque carreau entier pour différentes dates. Cette information sera utilisée avec les graphiques d'enneigement spatial.

Les informations de ce fichier sont :

- A - Sur la première ligne, le nombre de C.E. et le code pour l'enneigement qui est 8 (Format 2I8).
- B - Une ligne de commentaires.
- C - Les I-J des carreaux entiers (Format 8(I3,I4,3X)). Ce format est utilisé dans le fichier de résultats \*.DSP..
- D - Une ligne de commentaires
- E - Toutes les dates des relevées d'enneigement par satellite (Format 8(I10,2X))
- F - Le code, le nombre de périodes par jour, le jour, le mois et l'année du relevée et un commentaire (format 5I8, A30). Le commentaire n'est pas nécessaire.
- G - Le % d'enneigement sur chaque carreau entier pour la date donnée précédemment (Format 10I8).
- H - Le code, le nombre de périodes par jour, le jour, le mois et l'année du relevée et un commentaire (Format 5I8, A30). Le commentaire n'est pas nécessaire.

On recommence au point G pour la date du prochain relevé, etc.

Le fichier MISBI.PGN donne les pourcentages d'enneigement pour le 20 et 23 février 1986 pour 926 carreaux entiers. Le -1 indique un manque de donnée.

Exemple d'un fichier PGN

```

      19      8
      CODE I ET J DES C.E.      0
4 17      4 18      4 19      4 20      4 21      4 22      4 23      4 24
4 25      5 17      5 18      5 19      5 20      5 21      5 22      5 23
5 24      5 25      6 17
1986022001 1986022301
      8      1      20      2      1986      ENNEIGEMENT (%) SUR LES C.E.
      72      87      -1      94      68      -1      94      36      71      22
      22      22      11      100      36      94      36      22      100      68
      100      49      44
      8      1      23      2      1986      ENNEIGEMENT (%) SUR LES C.E.
      22      87      -1      94      68      -1      94      36      21      96
      22      22      11      -1      96      94      36      22      100      68
      70      89      83

```



# 4

## PRÉPARATION DES DONNÉES DE QUALITÉ

En plus des fichiers des données physiographiques, des données hydrométriques et météorologiques préparées, les simulations de la qualité de l'eau nécessitent un fichier constitué des données de qualité mesurées en rivière pour la période de simulation considérée. Le traitement servant à la préparation de ce fichier (extension QUA) tire ses directives du fichier des stations de qualité (extension DQ) afin de recueillir et d'organiser les données contenues dans la base de données. La Figure 4.1 montre la structure détaillée de la préparation du fichier des données de qualité de l'eau.

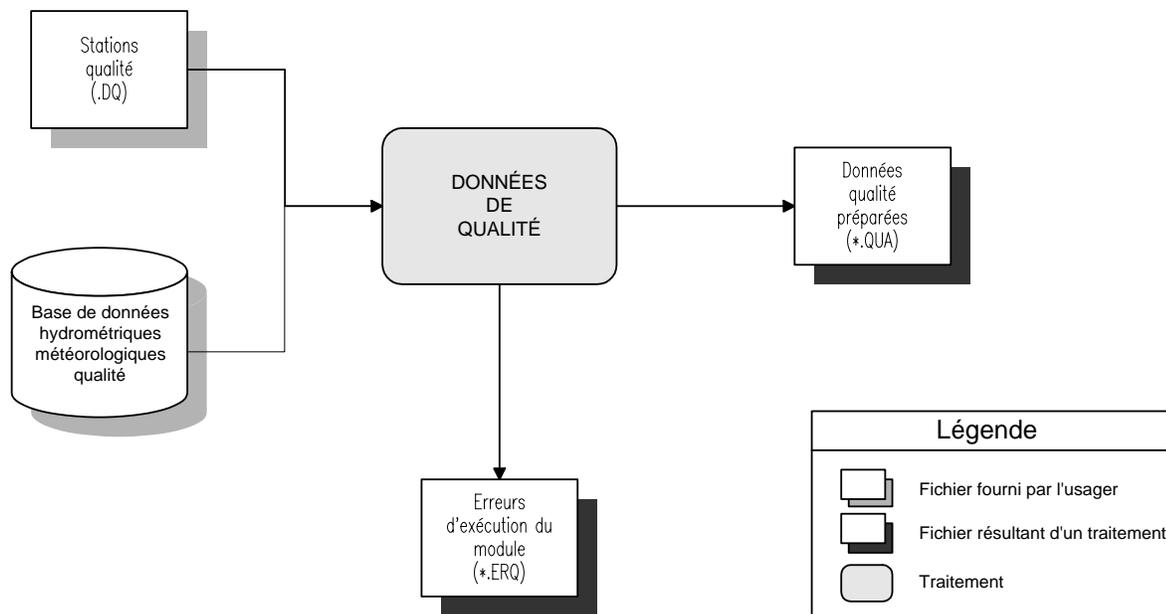


Figure 4.1 La préparation des données de qualité

## 4.1 Le fichier des stations de qualité

Le pas de temps des données que l'on veut obtenir dans le fichier de données de qualité préparées est la journée. On utilise normalement pour caler le modèle, de trois à cinq ans de données, bien que parfois on est contraint d'utiliser qu'une seule année. Il est possible d'utiliser jusqu'à 10 stations de qualité. En pratique, un minimum d'une station de qualité de l'eau est nécessaire.

On utilise généralement l'éditeur de données de CEQUEAU (voir Guide de l'utilisateur) afin de créer le fichier des stations (extension DQ). On trouvera, dans ce fichier, les vecteurs suivants, dans l'ordre:

1) **QUAL1GEN**

Vecteur obligatoire donnant l'année de début et de fin de la banque de données à créer et le nombre de stations de qualité de l'eau disponibles.

2) **REPQUAL**

Vecteur obligatoire donnant le nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données de qualité.

3) **STAQUA1**

Vecteur obligatoire donnant les informations générales sur le numéro de la première station et le nom du fichier des données de qualité de cette station que l'on veut utiliser pour créer la banque de données.

4) **STAQUA2...STAQUA10**

Vecteurs induits donnant les informations générales sur les numéros des stations et les noms des fichiers correspondants des données de qualité que l'on veut utiliser pour créer la banque de données.

5) **EXECUTION**

Vecteur obligatoire qui termine le groupe de vecteurs.

Une description détaillée de chacun de ces vecteurs est donnée à l'Annexe G.

## 4.2 La base de données de la qualité de l'eau

L'information qui servira à la préparation du fichier des données de qualité est contenue dans une base de donnée. Cette dernière peut faire partie d'un système de gestion de base de données (SGBD) ou être simplement constituée de fichiers. Nous donnons ici une description de la structure des banques de données consistant en une série de fichiers. Rappelons que c'est à partir de l'information sur les périodes et les stations, fournie dans le fichier des stations de qualité (extension DQ), que le module de préparation des données pourra tirer de cette banque l'information appropriée afin de constituer le fichier des données de qualité de l'eau.

### 4.2.1 Données de qualité

Les données de qualité observées sont contenues dans les fichiers suivants:

- température de l'eau en rivière, en degrés Celsius (extension TEO),
- solides en suspensions, en ppm (extension SSO),
- oxygène dissous, en ppm (extension ODO),
- demande biochimique en oxygène, en ppm (extension DBO),
- solides dissous, en ppm (extension SDO),

Un fichier de données de qualité existe pour chacun des paramètres énuméré ci-dessus et ce pour chacune des stations disponibles. Par exemple, s'il existe sur le bassin versant étudié deux stations de qualité et que les cinq paramètres de qualité ont été mesurés, on doit retrouver cinq fichiers pour la station numéro 1 (NO1.TEO, NO1.SSO, ...NO1.SDO) et cinq fichiers pour la station numéro 2 (NO2.TEO, NO2.SSO, ...NO2.SDO). Si aucune mesure n'existe pour un paramètre, le fichier correspondant n'existe pas.

Pour chacun des fichiers de données de qualité de l'eau, on retrouve sur le premier vecteur l'année avec le format (I5), suivie d'un ou plusieurs vecteurs donnant cinq ensembles de deux données, soit le numéro du jour, entre 1 et 365 ou 366 si l'année est bissextile, et la valeur de la donnée de qualité pour ce jour. Le format est de 5(I5,F10.3) et le nombre de vecteurs correspond au nombre de mesures divisé par cinq. Un vecteur blanc, obligatoire, indique la fin des informations pour une année. Le fichier peut débuter et finir à n'importe quelle année.

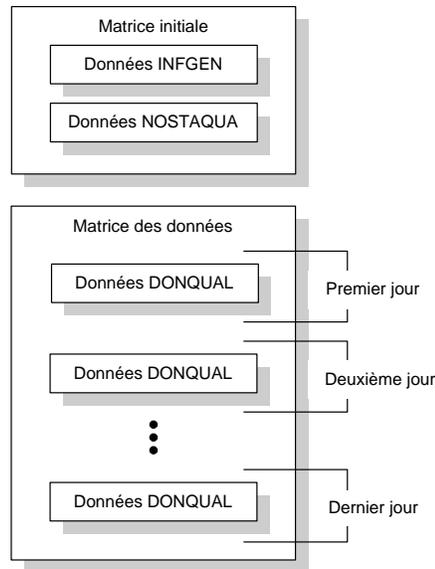
## 4.3 Le traitement des données de qualité

Le fonctionnement du traitement de préparation des données de qualité est simple: les données de qualité sont lues dans la banque de données et s'il y a concordance de l'année et du numéro de station avec l'un de ceux que l'on a spécifiés dans le fichier des stations de qualité (extension DQ), les données servent alors à constituer le fichier des données préparées. Lorsqu'il y a absence de données le code d'absence -99.0 est écrit. Il est possible d'utiliser jusqu'à 10 stations de qualité.

La Figure 4.1 montre un fichier supplémentaire qui découle de ce traitement, soit le fichier des erreurs d'exécution (extension ERQ) qui nous renseigne sur l'exécution du module de préparation des données de qualité. Dans le cas d'une préparation des données réussie, ce fichier contient le mot "SUCCES". Si le traitement ne s'est pas terminé normalement, il contient les messages d'erreurs.

## 4.4 Les données de qualité préparées

Les données de qualité sont écrites dans le fichier des données préparées (extension QUA) sous la forme de vecteurs selon l'ordre illustré à la Figure 4.2 .



**Figure 4.2** Schéma des matrices constituant le fichier des données de qualité préparées (extension QUA).

#### 4.4.1 La matrice initiale

La matrice initiale donne des informations générales sur les stations de qualité utilisées. La description détaillée de chaque élément de cette matrice est donnée à l'Annexe H.

##### 4.4.1.1 Données générales INFGEN

Cette série de données est dimensionnée à une ligne de quatre informations spécifiant le nombre de stations de qualité considérées, les années de début et de fin et le nombre de paramètres de qualité introduits dans le fichier. Il est important d'introduire les paramètres de qualité de l'eau dans l'ordre décrit à la section 4.2.1. Par exemple, si on veut introduire seulement les solides dissous, on doit donner 5 comme nombre de paramètres à introduire. Par contre, si l'on désire utiliser les températures de l'eau seulement, on donne 1 comme nombre de paramètre à introduire.

##### 4.4.1.2 Données des stations de qualité NOSTAQUA

Cette série de données est dimensionnée à une ligne et donne les numéros des stations de qualité utilisées pour la préparation des données (maximum 10).

## 4.4.2 La matrice de données

A la suite des données décrites précédemment, on retrouve plusieurs groupes de séries de données, DONQUAL, donnant les paramètres de qualité de l'eau introduits dans la banque, pour chacune des stations de qualité utilisée. Puisque chaque groupe présente de l'information journalière, on retrouve donc un groupe de données DONQUAL pour chaque jour de données dans la période considérée, soit de l'année NAD à NAF. Par exemple, si le nombre de paramètres définis dans la série de données INFGEN est égal à 5, chaque groupe fournit pour chaque station la température de l'eau en rivière en degrés Celsius, les solides en suspensions en ppm, l'oxygène dissous en ppm, la demande biochimique en oxygène en ppm et les solides dissous en ppm. Par contre, si le nombre de paramètres définis dans INFGEN est égal à 2, chaque groupe fournit pour chaque station la température de l'eau en rivière en degrés Celsius et les solides en suspension en ppm.

Le fichier doit être créé de manière à ce que le premier jour de données soit un premier janvier. Si les données ne sont pas disponibles à cette date, on utilisera des vecteurs de même longueur dont tous les éléments contiennent le code pour le manque de données, soit -99.0. Toutes les années de la période que l'on désire préparer doivent avoir 365 ou 366 groupes de données. Seule la dernière année peut en avoir un nombre inférieur à 365.

Les données sont placées en ordre de paramètre de qualité. Par exemple si l'on a trois stations et que l'on veut introduire la demande biochimique en oxygène, le nombre de paramètres que l'on donne dans INFGEN doit être 4. La structure des données DONQUAL doit respecter un ordre précis. Les trois premières valeurs sont la température de l'eau mesurée aux trois stations. Les quatrième, cinquième et sixième valeurs donnent les solides en suspension mesurés aux trois stations. Les septième, huitième et neuvième valeurs donnent l'oxygène dissous mesurée aux trois stations. Finalement, les trois dernières valeurs donnent la demande biochimique en oxygène mesurée aux trois stations.

La description détaillée de chaque élément de ces données est présentée à l'Annexe H.

## 4.5 Exemples de données qualité préparées

Pour illustrer la formation du fichier des données de qualité préparées, considérons les cas suivants:

**Exemple 1:** On désire préparer une banque de données avec deux stations de qualité et introduire les solides dissous. La banque est préparée pour les années 1968 à 1969, mais on ne montre ici que les trois premiers jours. Les manques de donnée (-99.00) dans cet exemple sont: pour les températures de l'eau, le jour 1 pour la station 1 et le jour 3 pour la station 2. Pour les solides en suspension, il y a un manque le jour 3 pour la station 2.

Pour l'oxygène dissous, il y a un manque le jour 1 pour la station 1. Pour la demande biochimique en oxygène, le jour 3 de la station 1 est manquant. Finalement, les solides dissous des stations 1 et 2 sont manquants pour le jour 2.

```
-----
  2 1968 1969      5
050401A 050402H
-99.00    0.80    62.00    75.00   -99.00    15.10    3.10    3.40    13.10    13.70
  1.10    1.00    62.00    74.00    14.40    15.20    3.20    3.30   -99.00   -99.00
  1.10   -99.00    64.00   -99.00    14.40    15.10   -99.00    3.20    13.00    13.50
-----
```

**Exemple 2:** On désire préparer une banque de données avec quatre stations de qualité et introduire la température de l'eau (paramètre 1) et l'oxygène dissous (paramètre 3). La banque est préparée pour les années 1990 à 1994, mais on ne montre ici que les trois premiers jours. Les manques de donnée (-99.00) dans cet exemple sont: pour les températures de l'eau, le jour 3 pour la station 2. Les solides en suspension n'ont pas été demandés mais leur espace est réservé et le code manque de données est introduit pour les quatre stations. Pour l'oxygène dissous, il y a un manque le jour 1 pour la station 4.

```
-----
  4 1990 1994      3
070106A 070103J 070201K 070202B
  0.40    0.50    0.60    0.70   -99.00   -99.00   -99.00   -99.00    13.10    13.70
 13.70   -99.00
  0.40    0.70    0.50    0.60   -99.00   -99.00   -99.00   -99.00    13.00    13.50
 13.40   13.80
  0.50   -99.00    0.80    0.60   -99.00   -99.00   -99.00   -99.90    12.90    13.40
 12.90   13.20
-----
```

# 5

## SIMULATION DE QUANTITÉ

Le modèle hydrologique CEQUEAU est un modèle déterministe matriciel d'usage souple, qui prend en compte les caractéristiques physiques du bassin versant ainsi que leurs variations dans l'espace et dans le temps. Ceci est rendu possible par le découpage du bassin versant en "carreaux entiers" et en "carreaux partiels". Ce découpage en surfaces élémentaires facilite l'utilisation de la télédétection pour définir certaines caractéristiques physiographiques comme le couvert végétal, le réseau de drainage, etc. Il permet aussi, par exemple, la comparaison entre le retrait du manteau nival simulé par le modèle et observé par télédétection (fichier PGN). Le modèle CEQUEAU permet de calculer les débits aussi bien aux points de jaugeage qu'en n'importe quel autre endroit. Le modèle permet d'effectuer les simulations au pas de temps de 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 heures ou journalier. Il offre la possibilité de simuler l'existence de réservoirs artificiels et de prendre en compte les variations spatio-temporelles des caractéristiques physiographiques.

Le modèle compte deux parties principales visant à décrire le mieux possible l'écoulement de l'eau vers l'exutoire d'un bassin versant. La première partie concerne l'écoulement vertical de l'eau, dont les principaux phénomènes sont la pluie, la fonte de neige, l'évapotranspiration, l'infiltration et le jeu des réserves superficielles et profondes. On désigne cette première partie par le terme "fonction de production" et elle est calculée sur chaque carreau entier et à chaque pas de temps. La deuxième partie concerne l'écoulement dans le réseau de drainage. Les processus compris dans cette partie tiennent compte de l'influence des lacs, des marécages et des ouvrages artificiels réels ou fictifs tels que barrage, détournement, etc. On désigne cette partie par le terme "fonction de transfert" et elle s'effectue à l'aide des carreaux partiels.

De façon générale, on a tenté autant que possible de relier le comportement hydrologique des bassins versants étudiés aux caractéristiques physiographiques locales. Ces caractéristiques sont contenues dans la banque de données décrite au chapitre 2. En plus de la physiographie de chaque carreau entier, cette banque contient les informations concernant le drainage superficiel. Une autre banque de données, décrite au chapitre 3 contient les données météorologiques et hydrométriques aux stations disponibles dans la région étudiée.

Précisons enfin que le modèle CEQUEAU utilise exclusivement le système d'unités métriques: altitudes et cotes en mètres, précipitations et lames d'eau en millimètres, températures en degrés Celsius, débits en mètres cubes par seconde. Ce système est utilisé autant pour les entrées-sorties que pour les calculs internes.

La structure du traitement de simulation de quantité du modèle CEQUEAU est montrée à la Figure 5.1.

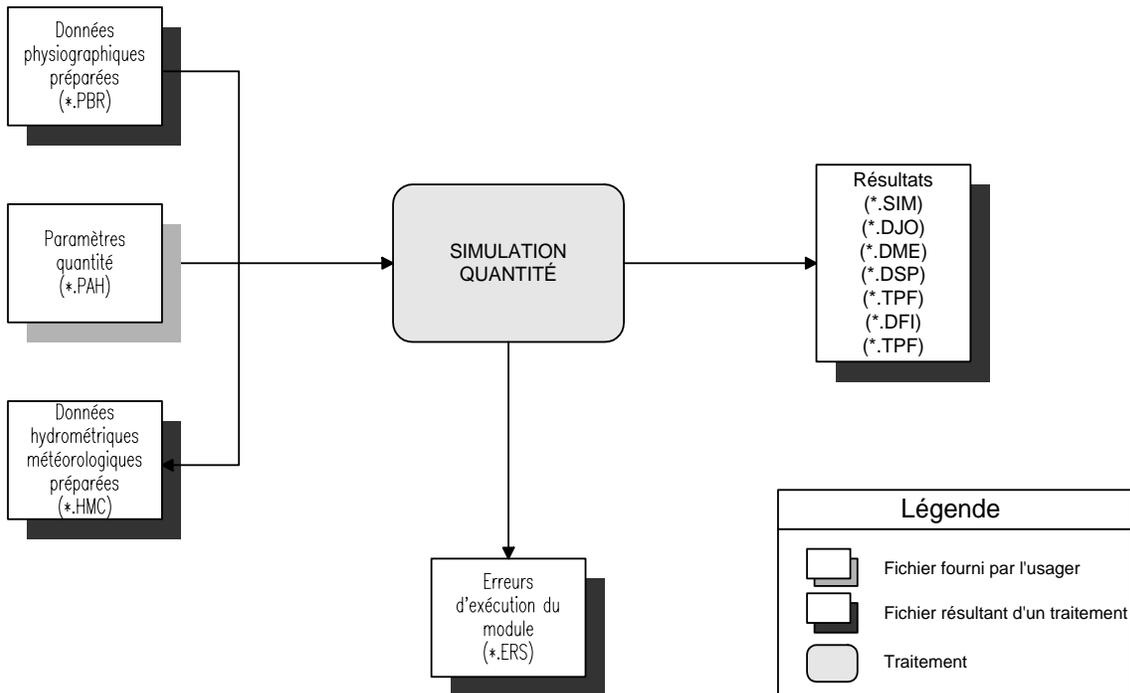


Figure 5.1 La simulation de quantité

## 5.1 Les données météorologiques

La fonction de production, qui est évaluée sur chaque carreau entier et à chaque pas de temps, nécessite, en plus des données physiographiques, les données météorologiques pour le pas de temps utilisé: précipitations solide et liquide, températures maximale et minimale de l'air. Ces données, qui ne sont disponibles qu'à un nombre restreint de stations météorologiques, doivent être interpolées pour en estimer la valeur sur chaque carreau entier. Pour les températures comme pour les précipitations, le modèle tient compte de la position (I-J) des stations pour l'interpolation. On peut donc exclure une station de qualité douteuse ou limiter son influence en changeant artificiellement la position de cette station à l'aide des variables I-J lues sur les vecteurs obligatoires POSTEMETEO du fichier des paramètres (extension PAH).

### 5.1.1 Interpolation des températures

Le modèle utilise la température moyenne de l'air sur chaque carreau entier pour déterminer l'évapotranspiration, la fonte de neige et la nature solide ou liquide de la précipitation. On suppose qu'une bonne approximation de cette température est la moyenne des températures maximale et minimale du pas de temps utilisé pour la simulation.

A partir des températures journalières aux stations, deux options sont possibles pour calculer les valeurs à chaque carreau entier:

#### a) Par polygones de Thiessen

Cette méthode consiste à affecter à chaque carreau entier la station météorologique la plus proche. La température sur le carreau entier est égale à la température de la station qui lui est affectée, corrigée d'une valeur qui dépend du gradient thermique et de la différence d'altitude entre ce carreau et la station. Le gradient thermique doit être calculé à l'extérieur du modèle à l'aide des températures des stations météorologiques de la région. Le gradient thermique est donné à l'aide de la variable COET du vecteur obligatoire SOL3 du fichier des paramètres de simulation de quantité.

#### b) Par pondération des trois stations les plus proches

Dans ce cas, le calcul de la température moyenne d'un carreau entier est fait en utilisant les températures maximales et minimales des trois stations météorologiques les plus proches, affectées d'un facteur de pondération qui dépend des distances entre le carreau entier et les stations. Les facteurs de pondération sont déterminés pour chaque carreau entier au début du programme et à chaque fois qu'il y a changement aux stations météorologiques. Ils sont calculés de la façon suivante:

$$VT = \frac{1}{1/D_1 + 1/D_2 + 1/D_3}$$

$$F1 = VT/D_1 \tag{5.1}$$

$$F2 = VT/D_2$$

$$F3 = VT/D_3$$

où :

$D_1, D_2, D_3$  : distances entre le carreau entier et les trois stations les plus proches;

$VT$  : variable temporaire;

$F1, F2, F3$  : facteurs de pondération des trois stations les plus proches.

Ce mode de calcul permet d'obtenir des facteurs de pondération dont la somme est égale à 1, et qui varient inversement avec la distance. Notons que les distances entre carreaux entiers et stations météorologiques sont calculées à l'aide des coordonnées I-J des stations météorologiques qui ont été lues sur les vecteurs POSTEMETEO du fichier des paramètres (extension PAH). Les températures ainsi calculées sont corrigées, comme précédemment, d'une valeur qui dépend du gradient thermique suivant la différence d'altitude entre le carreau entier et la moyenne d'altitude des trois stations utilisées.

Le choix entre les méthodes d'interpolation est fait en fonction de la variable NTEMP du vecteur obligatoire OPTION et de la valeur du paramètre COET du vecteur obligatoire SOL3. Ainsi:

- si NTEMP = 1, les températures sont calculées par le polygone de Thiessen et corrigées en fonction de COET, qui peut être égal ou différent de zéro.
- si NTEMP = 3, les températures sont calculées en fonction des trois stations les plus proches et COET peut être différent ou égal à zéro. Cette méthode de pondération des températures (NTEMP = 3) peut être utilisée seulement si l'on emploie la même méthode pour le calcul des précipitations.

### 5.1.2 Interpolation des précipitations

Les précipitations solides et liquides sont nécessaires sur chaque carreau entier pour y effectuer le bilan journalier des réserves d'eau. A partir des précipitations des pas de temps mesurées aux stations météorologiques, deux options sont possibles pour calculer les précipitations sur chaque carreau entier:

#### a) Par polygones de Thiessen

Cette méthode consiste à affecter à chaque carreau entier la station météorologique la plus proche. La précipitation sur le carreau entier est égale à la précipitation de la station qui lui est affectée, corrigée d'une valeur qui dépend du gradient pluviométrique et la différence d'altitude entre ce carreau et la station. Le gradient pluviométrique doit être calculé à l'extérieur du modèle à l'aide des précipitations annuelles des stations météorologiques de la région. Le gradient pluviométrique est donné à l'aide de la variable COEP du vecteur obligatoire SOL3.

#### b) Par pondération

Le calcul de la précipitation sur chaque carreau entier est fait en utilisant les précipitations des trois stations météorologiques les plus proches, affectées d'un facteur de pondération. Les facteurs de pondération sont les mêmes que ceux calculés précédemment dans le cas des températures.

Les précipitations ainsi calculées sont corrigées, comme précédemment, d'une valeur qui dépend du gradient pluviométrique et de la différence d'altitude entre le carreau entier et la moyenne des altitudes des trois stations utilisées.

Les précipitations calculées par polygones de Thiessen ou par pondération, comme on l'a vu précédemment, peuvent ne pas être représentatives sur un ou plusieurs sous-bassins, par exemple, si les stations météorologiques utilisées sont éloignées du bassin versant étudié. Le modèle CEQUEAU permet de modifier les précipitations par un facteur qui peut varier d'une zone (ensemble de carreaux entiers) à l'autre.

Déterminer les valeurs exactes de ces facteurs peut être assez délicat. Il convient, en plus, de s'assurer que l'emploi de ces facteurs n'est pas rendu nécessaire parce que d'autres paramètres du modèle sont mal ajustés. Supposons, par exemple, que les valeurs des paramètres reliés à l'évaporation sont mal ajustées et conduisent à une sous-estimation de l'évaporation; l'emploi de facteurs réduisant les hauteurs de précipitations sur le bassin versant permettrait artificiellement de mieux fermer le bilan annuel sans que pour cela les paramètres du modèle soient mieux ajustés. On "corrigerait" alors une erreur par une autre erreur.

La procédure recommandée est d'ajuster tout d'abord le modèle sur toute la période de calage, sans utiliser ces facteurs. Si l'écart entre le débit moyen annuel observé et le débit moyen annuel calculé sur l'ensemble de la période de calage est systématiquement positif ou négatif sur un bassin et que l'on s'est auparavant assuré que tous les termes du bilan hydrologique (en particulier l'évaporation) sont bien estimés, on peut supposer que l'on sous-estime ou surestime les précipitations moyennes réelles sur ce bassin. Il convient alors de multiplier les précipitations estimées sur le bassin par un facteur supérieur ou inférieur à 1, pour obtenir des précipitations plus représentatives et ainsi des débits calculés qui ne présentent plus d'écart systématique par rapport aux débits observés.

Notons que ces facteurs sont fixés pour toute la période de simulation pendant laquelle les mêmes stations météorologiques sont utilisées. S'il y a un changement dans la répartition des stations météorologiques utilisées, de nouveaux facteurs doivent être attribués. Par ailleurs, si la période pendant laquelle les données sont disponibles pour le calage du modèle est courte (un ou deux ans), il est à déconseiller d'introduire des corrections aux précipitations.

Les corrections désirées peuvent être apportées aux précipitations si le paramètre KPREC, lu sur le vecteur OPTION du fichier des paramètres de simulation de quantité, est égal à 1. Dans ce cas, au moins un vecteur induit CORPREC doit être lu après les vecteurs obligatoires POSTEMETEO. Les vecteurs induits CORPREC contiennent les facteurs de correction que l'on désire utiliser sur un ou plusieurs ensembles de carreaux entiers.

## 5.2 Fonction de production

La fonction de production a pour but de représenter de manière simple, mais réaliste, les différentes voies que suivra l'eau atmosphérique entre le moment où elle atteint le sol et celui où elle rejoint la rivière. L'origine de l'alimentation en eau atmosphérique du bassin versant est la pluie ou la neige. L'eau provenant des pluies est en principe immédiatement disponible pour les opérations de transformation conduisant aux débits. Pour la neige, il est nécessaire de définir, en outre, un modèle de fonte.

Quelle que soit l'origine de l'eau atmosphérique entrant dans un carreau, avant sa mise en disponibilité pour l'écoulement vers l'exutoire, elle sera soumise à divers processus qui auront une influence directe sur la formation de l'onde d'écoulement.

Ces processus sont schématisés dans le modèle CEQUEAU par la présentation du sol sous forme de réservoirs communiquant entre eux à l'aide de relations mathématiques reproduisant, à l'échelle du pas de temps de la simulation, les différents transferts de masse (Figure 5.2).

Ces relations mathématiques ont pour but de reproduire les différentes composantes du bilan hydrologique qui sont:

- formation et fonte du stock de neige;
- évaporation et évapotranspiration;
- eau dans la zone non saturée;
- eau dans la zone saturée;
- eau dans les lacs et marécages.

Précisons que le bilan hydrologique est effectué sur chaque carreau entier et à chaque pas de temps.

Les unités utilisées sont les millimètres pour la pluie, l'eau dans les réservoirs ou l'équivalent en eau de la neige, et les degrés Celsius pour les températures.

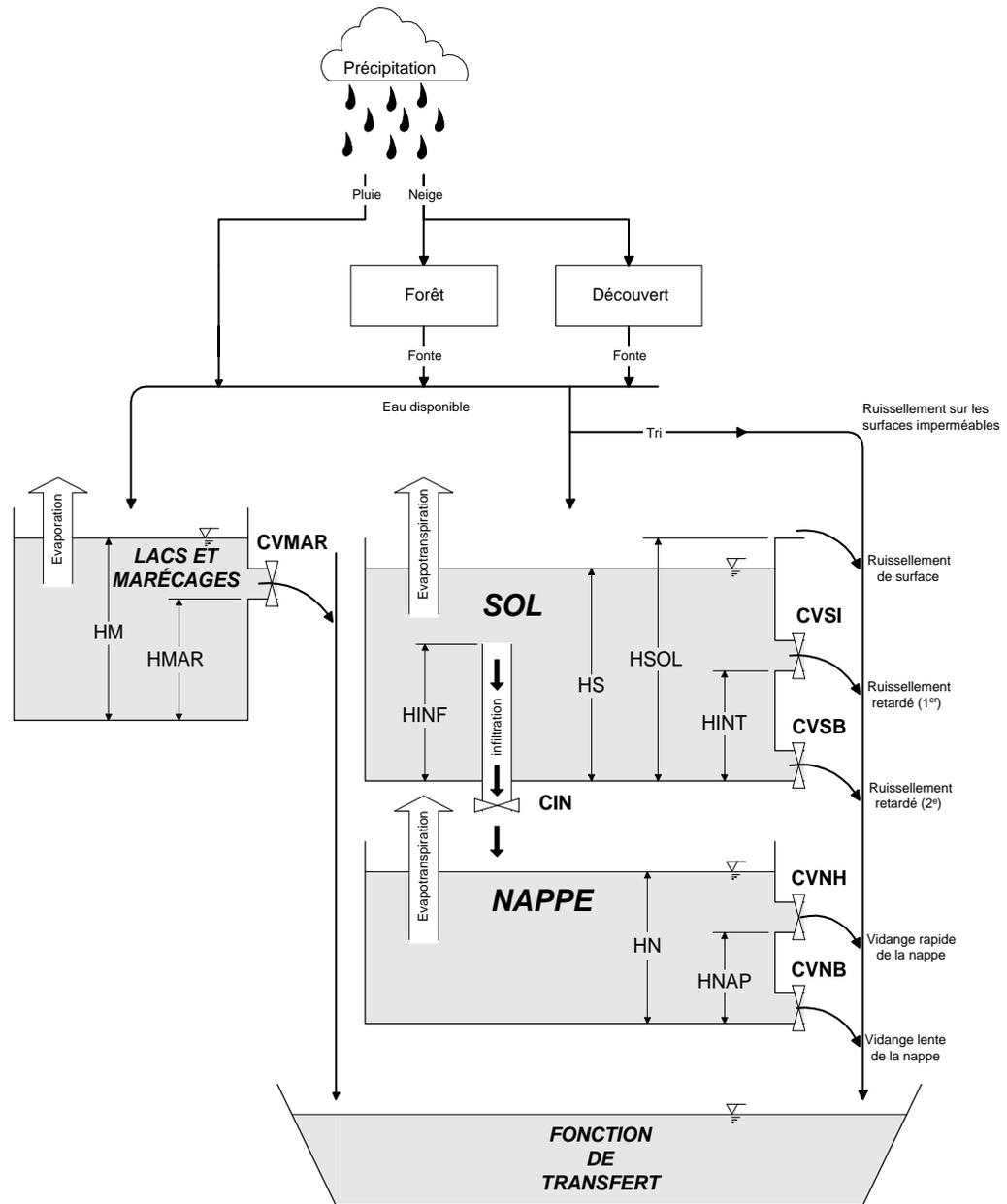


Figure 5.2 Schéma de production du modèle CEQUEAU

### 5.2.1 Les paramètres et constantes du modèle CEQUEAU

La schématisation du sol sous forme de différents réservoirs (Figure 5.2) est conçue de façon à permettre la simulation de régimes très différents. Toutefois, si le régime est simple, on peut alléger cette schématisation en n'utilisant pas certains orifices. Ceci limite le nombre de paramètres nécessaires et facilite l'ajustement du modèle.

Le terme paramètre peut signifier:

- a) un paramètre proprement dit, uniquement déterminé par essai et erreur;
- b) un paramètre déterminé en relation avec la physique du phénomène. Il est fixé par des études extérieures au modèle. C'est le cas, par exemple, des paramètres de fonte de neige.

Une constante est déterminée à l'aide des caractéristiques hydrologiques et physiographiques du bassin versant étudié (ex.: latitude moyenne, temps de concentration du bassin, etc.).

La liste des paramètres et constantes (Tableau 5.1) utilisés par le modèle CEQUEAU est donnée suivant les différentes parties du cycle hydrologique dans lesquelles ils interviennent. Nous les avons qualifiés suivant leur type.

L'ajustement de ces paramètres lors du calage du modèle se fait normalement en analysant les résultats des simulations précédentes et en modifiant un nombre limité de paramètres par essai, puisqu'ils ne sont pas indépendants les uns des autres.

### 5.2.2 Formation et fonte du stock de neige

La première étape de la fonction de production dans le modèle CEQUEAU consiste à calculer la hauteur d'eau disponible, au niveau du sol, sur chaque carreau entier. Cette eau peut avoir deux origines: l'eau de pluie ou l'eau provenant de la fusion du manteau nival.

Comme nous l'avons vu précédemment, l'eau de pluie disponible sur chaque carreau entier est obtenue directement par interpolation des précipitations liquides mesurées aux stations météorologiques de la région.

**Tableau 5.1** Paramètres et constantes intervenant dans le modèle CEQUEAU.

Paramètres	Paramètre déterminé par essai et erreur			Description
	Paramètre déterminé selon la physique du phénomène			
	Constante déterminée à l'aide des caractéristiques hydrologiques et physiographiques			
	Description			
<b>Paramètres des réservoirs SOL-NAPPE-MARAIS</b>				
CIN (1)	●			coefficient d'infiltration du réservoir SOL au réservoir NAPPE
CVMAR	●			coefficient de vidange du réservoir LACS et MARÉCAGES
CVNB (1)	●			coefficient de vidange du réservoir NAPPE (vidange basse)
CVNH (1)	●			coefficient de vidange du réservoir NAPPE (vidange haute)
CVSB	●			coefficient de vidange du réservoir SOL (vidange basse)
CVSI (1)	●			coefficient de vidange du réservoir SOL (vidange intermédiaire)
HINF (1)	●			seuil d'infiltration vers le réservoir NAPPE
HINT (1)	●			seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL
HMAR	●			seuil de vidange du réservoir LACS et MARÉCAGES
HNAP (1)	●			seuil de vidange du réservoir NAPPE
HRIMP (1)	●			hauteur de précipitation pour qu'il y ait ruissellement sur des surfaces imperméables
HSOL (1)	●			hauteur du réservoir SOL
<b>Paramètres régissant le fonte de neige</b>				
STRNE		●		seuil de transformation pluie-neige
TFC		●		taux de fonte en forêt
TFD		●		taux de fonte en clairière
TSC		●		seuil de température de fonte en forêt
TSD		●		seuil de température de fonte en clairière
TTD		●		coefficient de déficit calorifique de la neige
TTS		●		seuil de mûrissement du stock de neige
<b>Paramètres qui gouvernent l'évapotranspiration</b>				
EVNAP	●			pourcentage d'évapotranspiration pris dans le réservoir NAPPE
HPOT (1)	●			seuil de prélèvement de l'eau à taux potentiel
XAA		●		exposant de la formule de Thornthwaite
XIT		●		valeur de l'index thermique de Thornthwaite
<b>Paramètre et constante du transfert</b>				
EXXKT	●			paramètre d'ajustement du coefficient de transfert
ZN			●	temps de concentration du bassin
<b>Paramètres et constantes divers</b>				
COET		●		coefficient de correction des températures avec l'altitude
COEP		●		coefficient de correction des précipitations avec l'altitude
FACT	●			facteur modifiant les précipitations moyennes sur un ensemble de carreaux entiers
JOEVA	●			variables décalant la date d'insolation potentielle maximale respectivement pour
JONEI	●			l'évapotranspiration et pour la neige
XINFMA		●		infiltration maximale par jour
XLA			●	latitude moyenne du bassin versant
TRI (1)			●	pourcentage de surface imperméable

(1) La valeur de ces paramètres peuvent être variable dans l'espace

Pour calculer l'eau provenant de la fusion du manteau nival, le modèle effectue le bilan des stocks de neige sur chaque carreau entier, séparé en deux parties: une zone de forêt et une zone de clairière. L'une ou l'autre peut être de superficie nulle. Le bilan de la fonte est fait séparément sur chaque partie et la lame de fonte globale est la combinaison des deux lames produites, en forêt et en clairière, pondérées en fonction des surfaces respectives de chaque zone.

Pour chaque carreau entier, les équations du bilan des stocks de neige en forêt et en clairière s'écrivent:

$$\begin{aligned}SNC_i &= SNC_{i-1} + PJN_i - TEC_i \\SND_i &= SND_{i-1} + PJN_i - TED_i\end{aligned}\tag{5.2}$$

où:

$SNC_i, SND_i$ , stocks de neige en forêt et en clairière à la fin du jour  $i$  ;

$SNC_{i-1}, SND_{i-1}$ , stocks de neige en forêt et en clairière à la fin du jour  $i-1$ ;

$PJN_i$  : la précipitation solide du jour  $i$ ;

$TEC_i, TED_i$  : les fontes en forêt et en clairière pour le jour  $i$ .

La précipitation solide sur un carreau entier est calculée par interpolation des précipitations solides mesurées aux stations météorologiques.

Si la température moyenne de l'air sur un carreau entier est inférieure à un seuil que l'on fixe à l'aide du paramètre STRNE +2 (STRNE est lu sur le vecteur obligatoire NEIGE), la précipitation liquide, si elle existe, est transformée complètement ou en partie en neige et est ajoutée à la précipitation solide.

Cette précipitation solide calculée est ajoutée aux stocks de neige avant que ne débute le calcul de la fonte pour le jour  $i$ .

Les équations de base du calcul de la fonte sont tirées du rapport "Snow Hydrology"<sup>1</sup>. Au début de la période de fusion, nous tenons compte de deux phénomènes principaux qui retardent la disponibilité immédiate de l'eau de fonte:

---

1 "Snow Hydrology". Corps of Engineers, Summary report of the snow investigation. North Pacific Division, Portland, Oregon, 1956.

- le manteau nival, qui a une faible conductivité thermique, doit se réchauffer jusqu'à une température moyenne voisine d'un seuil de transformation. La température moyenne du stock de neige pour le jour considéré est représentée par l'index QNUI4 dans CEQUEAU. Cet index est déterminé à partir de la température moyenne de l'air du jour (TJE), de l'index du stock le jour précédent et du coefficient de déficit calorifique qui est fixé à l'aide du paramètre TTD (vecteur obligatoire NEIGE);

$$QNUI4 = QNUI4 \times TTD + TJE \times (1 - TTD) \quad (5.3)$$

- pour que la lame de fonte qui se crée en surface puisse atteindre le niveau du sol, il faut qu'il y ait mûrissement du stock de neige, c'est-à-dire saturation graduelle du stock de neige par de l'eau en phase liquide. Ce mûrissement est représenté par l'index QNUI3 dans CEQUEAU. Cet index est calculé à l'aide de l'index du jour précédent, de la température moyenne de l'air du jour (TJE) et de la température du mûrissement du stock de neige qui est fixée à l'aide du paramètre TTS (vecteur obligatoire NEIGE).

$$QNUI3 = QNUI3 + \max(0, TJE - TTS) \quad (5.4)$$

Une fois les index QNUI3 et QNUI4 calculés, CEQUEAU évalue la fonte en procédant de la façon suivante:

### Calcul de l'absorption des précipitations liquides par le stock de neige

Si la température du stock de neige n'a pas atteint le seuil de température de fonte, la précipitation liquide peut être absorbée en partie ou complètement par le stock de neige. Ceci est effectué en calculant à l'aide de l'indice QNUI4 les quantités d'eau (variables TNC et TND) qui peuvent être absorbées par les stocks de neige en forêt et en clairière. Si la précipitation liquide est inférieure à ces quantités, elle est complètement absorbée, et la précipitation liquide est mise à zéro. Dans le cas contraire, les stocks de neige en forêt et en clairière sont augmentés respectivement de TNC et TND tandis que la précipitation liquide disponible est diminuée de ces valeurs.

### Calcul de la fonte potentielle

La fonte potentielle à couvert et à découvert est estimée à l'aide des équations suivantes:

$$\begin{aligned} TEC_p &= TFC \times \max(0, TJE - TSC) \times HEURE \\ TED_p &= TFD \times \max(0, TJE - TSD) \times HEURE \end{aligned} \quad (5.5)$$

où:

$TEC_p$   $TED_p$  : fonte potentielle en forêt et en clairière (mm);

$TFC$   $TFD$  : taux potentiel de fonte en forêt et en clairière. Ces paramètres sont lus sur le vecteur obligatoire NEIGE (mm/°C/jour);

- TJE* : température moyenne du jour sur le carreau entier (°C);
- TSC TSD* : seuil de température de fonte en forêt et en clairière. Ces paramètres sont lus sur le vecteur obligatoire NEIGE (°C);
- HEURE* : facteur de modulation qui tient compte du rayonnement solaire potentiel, donné par:

$$HEURE = \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left( -\operatorname{tg} \left( \sin^{-1} \left( \frac{23,45 \times \pi}{180} \sin \left( \frac{2\pi}{365} (J - JONEI) \right) \right) \right) \operatorname{tg} XLA \right) \quad (5.6)$$

où:

- J* : jour de l'année, qui varie de 1 à 365;
- XLA* : latitude moyenne du bassin, qui est lue sur le vecteur obligatoire SOL3;
- JONEI* : paramètre permettant de déplacer la date de l'insolation maximale de l'année pour accélérer ou retarder la fonte. Il doit normalement être égal à 80 pour obtenir une durée maximale d'ensoleillement potentiel le 21 juin. Ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire OPTION.

Les variations de la variable HEURE pour quatre valeurs de JONEI sont montrées à la Figure 5.3.

### Calcul de la fonte réelle

La fonte potentielle calculée à l'aide de l'équation 5.5 n'est disponible au sol que si l'index de mûrissement (QNU13) a atteint le seuil désiré ce qui indique que le mûrissement du stock de neige est complet. Sinon, on doit déterminer la fonte réelle à partir des calculs suivants:

- si le stock de neige est faible (~ 10 millimètres), on suppose qu'il y a fonte à taux potentiel;
- si l'index de mûrissement n'a pas atteint le seuil désiré, qui est fonction du stock de neige au sol, les fontes potentielles  $TED_p$  et  $TEC_p$  sont diminuées; ces calculs sont faits par les équations suivantes (Equations 5.7):

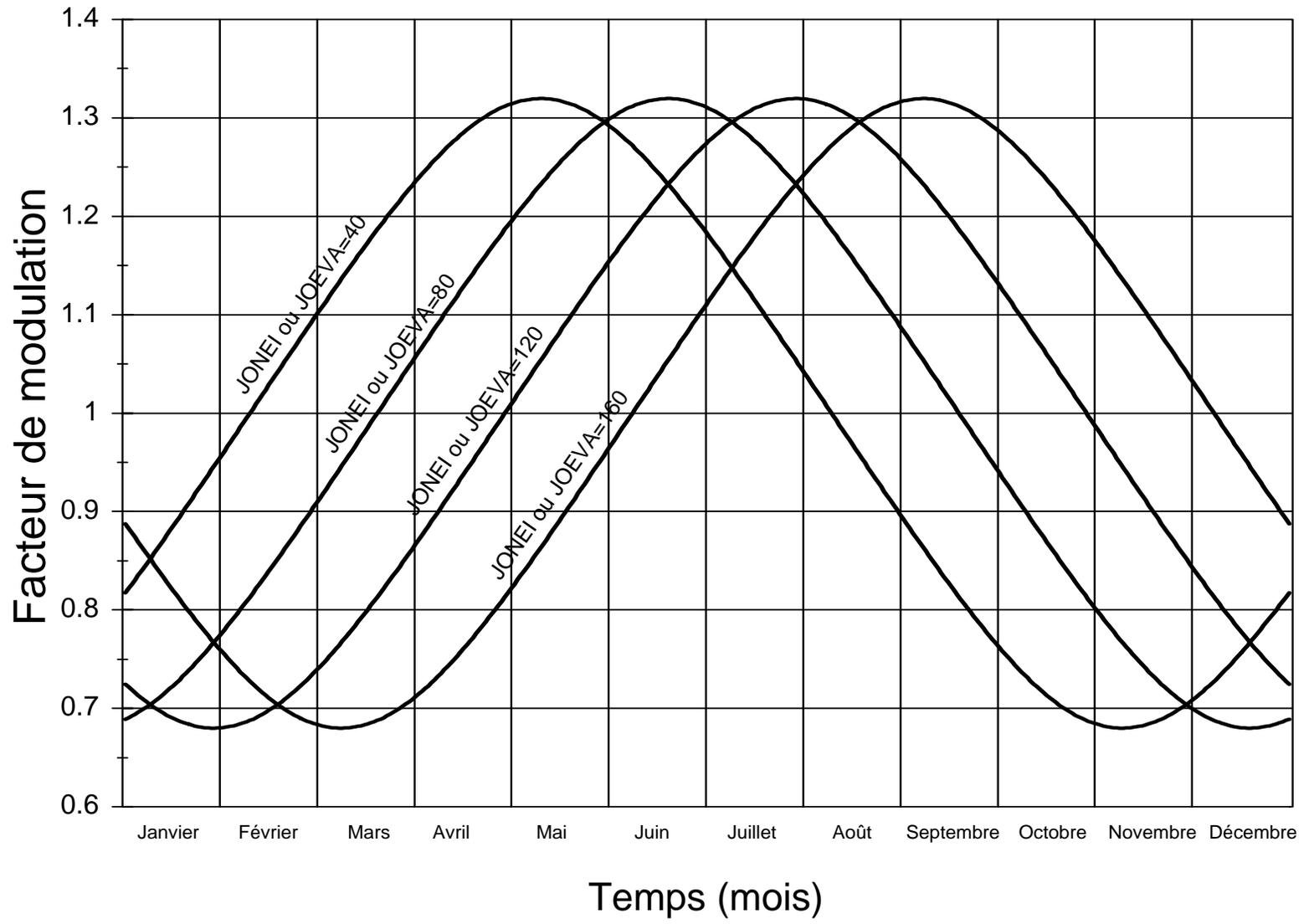


Figure 5.3 Facteur de modulation qui tient compte du rayonnement solaire potentiel pour la latitude moyenne de 47°.

$$\begin{aligned}
 TEC_r &= TEC_p \times \min \left( 1, \frac{QNUI3 \times TFC}{SNC + 1} \right) \\
 TED_r &= TED_p \times \min \left( 1, \frac{QNUI3 \times TFD}{SND + 1} \right)
 \end{aligned}
 \tag{5.7}$$

où:

$TEC_r$   $TED_r$  : fonte réelle en forêt et en clairière (mm/jour);

$TEC_p$   $TED_p$  : fonte potentielle en forêt et en clairière (mm/jour);

$QNUI3$  : index du mûrissement des stocks de neige;

$TFC$   $TFD$  : taux potentiel de fonte en forêt et en clairière (mm/°C/jour);

$SNC$   $SND$  : stock de neige en forêt et en clairière (mm).

### Calcul de l'eau disponible au sol

La fonte disponible (FONDIS) est évaluée en fonction des clairières et des surfaces boisées. L'eau disponible au sol (PLUFON) est obtenue en ajoutant à la fonte la précipitation liquide non retenue dans les stocks de neige. Cette eau est introduite dans les réservoirs SOL et LACS et MARAIS (Figure 5.2), sans qu'il soit nécessaire ultérieurement de savoir si elle provient de la pluie ou de la fonte de neige.

L'ensemble de ces calculs est effectué sur tous les carreaux entiers à chaque pas de temps de la période simulée.

### 5.2.3 Évaporation - évapotranspiration

Cette composante de la fonction de production est essentiellement basée sur la méthode de Thornthwaite, modifiée pour tenir compte:

- de la durée potentielle d'ensoleillement en fonction de la latitude et du jour de l'année;
- de l'eau disponible dans la couche superficielle du sol.

A l'échelle de la journée, et avec la température en degrés Celsius, la formule de Thornthwaite s'écrit:

$$ETHORN = \frac{10}{30,4} \times 1,62 \left( \frac{10 \times TJE}{XIT} \right)^{XAA} \quad (5.8)$$

où:

*ETHORN*: évapotranspiration potentielle du jour (mm);

*TJE* : température moyenne du jour sur le carreau considéré (°C);

*XAA* : exposant de la formule de Thornthwaite;

*XIT* : valeur de l'index de Thornthwaite.

On rappelle que l'exposant et l'index de la formule de Thornthwaite peuvent être calculés par:

$$XIT = \sum_{i=1}^{12} \left( \frac{TM_i}{5} \right)^{1,51} \quad (5.9)$$

$$XAA = 67,5 \times 10^{-8} XIT^3 - 77,1 \times 10^{-6} XIT^2 + 0,0179 XIT + 0,492$$

où:

$TM_i$  : température moyenne mensuelle au mois  $i$  (°C).

Notons que la formule de Thornthwaite a été établie à l'échelle mensuelle. Il peut donc être nécessaire de modifier légèrement les valeurs de *XIT* et *XAA* obtenues par les formules précédentes. Les variables *XAA* et *XIT* sont lues sur le vecteur obligatoire SOL3.

Les variations de *ETHORN* pour différentes valeurs de *XAA* et *XIT* sont montrées aux Figures 5.4 et 5.5.

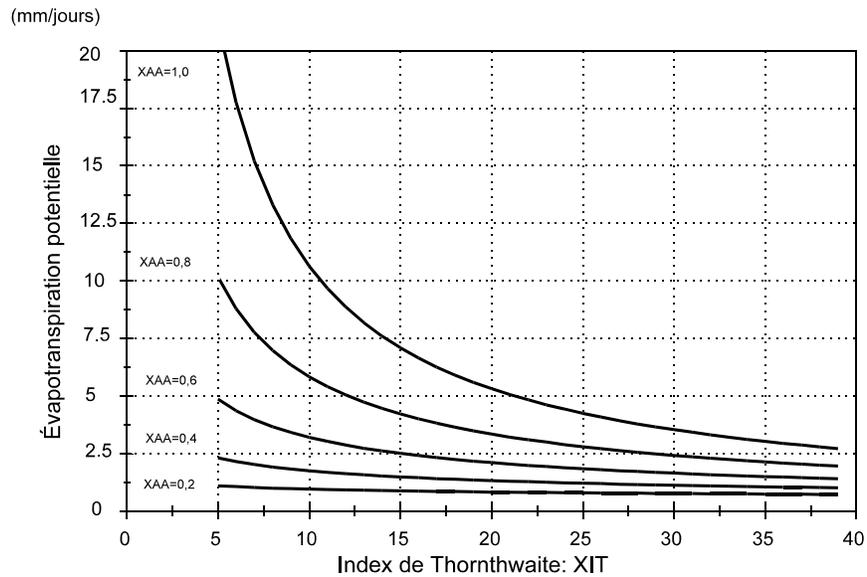


Figure 5.4 Évaporation potentielle journalière calculée avec la formule de Thornthwaite: effet de l'exposant XAA.

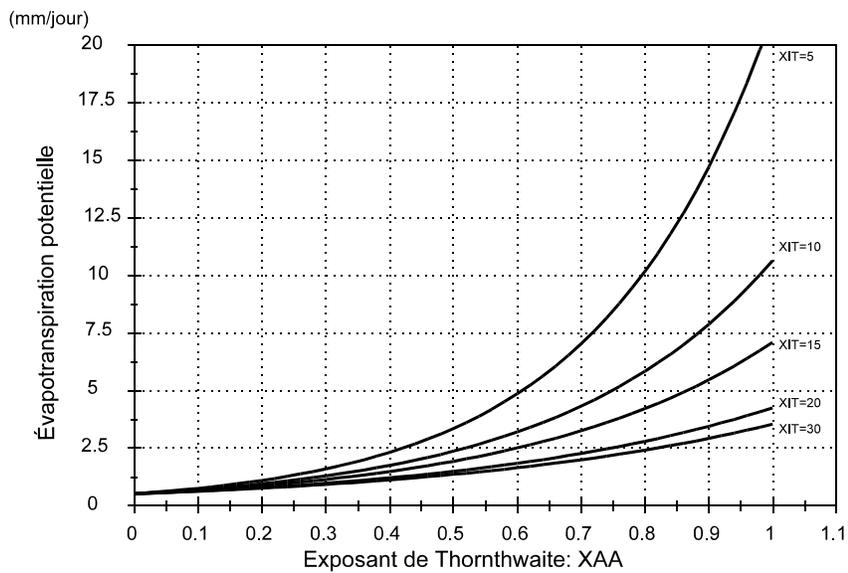


Figure 5.5 Évaporation potentielle journalière calculée avec la formule de Thornthwaite: effet de l'index XIT.

L'évapotranspiration potentielle est modifiée à l'aide du facteur HEURE1 qui tient compte du rayonnement solaire potentiel:

$$ETHORN = ETHORN \times HEURE1$$

$$HEURE1 = \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left( -tg \left( \sin^{-1} \left( \frac{23,45 \times \pi}{180} \sin \left( \frac{2\pi}{365} (J - JOEVA) \right) \right) \right) \right) tg XLA \quad (4,10)$$

où:

- $J$  : jour de l'année, qui varie de 1 à 365;
- $XLA$  : latitude moyenne du bassin, qui est lue sur le vecteur obligatoire SOL3;
- $JOEVA$  : paramètre permettant de déplacer la date de l'insolation maximale de l'année pour accélérer ou retarder l'évapotranspiration. Ce paramètre doit normalement être égal à 80 pour obtenir la durée maximale d'ensoleillement potentiel le 21 juin. Il est lu sur le vecteur obligatoire OPTION.

Les variations de la variable HEURE1 pour quatre valeurs de JOEVA sont montrées à la Figure 5.3.

L'évapotranspiration réelle pour le jour J sur un carreau entier est estimée de la façon suivante:

- au-dessus des surfaces d'eau libre (réservoirs LACS et MARAIS), on suppose que l'évapotranspiration réelle ETRLAC est en moyenne de l'ordre de 80% de la valeur potentielle. Ce pourcentage est relié au rapport moyen qui existe entre l'évaporation d'un bac de mesure et l'évaporation d'un lac;
- l'évapotranspiration potentielle ETOT au-dessus de la partie terrestre est égale à l'évaporation potentielle multipliée par un facteur ARR27, qui varie en fonction de la superficie non boisée sur un carreau entier. Ce facteur varie de 0,80 si le carreau entier est complètement déboisé, à 1,00 si la forêt recouvre totalement le carreau;
- l'évapotranspiration réelle au-dessus de la partie terrestre est calculée en fonction de la hauteur de l'eau HS dans le réservoir SOL (Figure 5.2): l'évapotranspiration se fait à taux potentiel ETOT si la hauteur de l'eau dans le réservoir SOL dépasse un certain seuil HPOT (ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire SOL2); dans le cas contraire, l'évapotranspiration réelle diminue de façon linéaire de ETOT à 0. Un certain pourcentage EVNAP (paramètre lu sur le vecteur obligatoire SOL3) de cette évapotranspiration peut être pris directement dans le réservoir NAPPE. Ce terme EVNAP est lui-même diminué si le niveau de l'eau disponible dans le réservoir NAPPE est inférieur au niveau de l'orifice de vidange rapide.

### 5.2.4 Bilan du réservoir SOL

Les écoulements verticaux dans le sol sont schématisés par un réservoir avec orifices (Figure 5.2). Le bilan de ce réservoir est fait pour chaque carreau entier et à chaque pas de temps de la période simulée. Ce bilan est effectué de la façon suivante:

- 1) la lame d'eau provenant de la pluie et de la fonte de neige (PLUFON) est diminuée du ruissellement sur les surfaces imperméables (RIMP) lorsqu'elle dépasse le seuil HRIMP:

$$\begin{aligned} RIMP &= \max(0, PCIMP(ICE) \times (PLUFON - HRIMP)) \\ EAUTER &= PLUFON - RIMP \end{aligned} \quad (5.11)$$

où :

*PCIMP(ICE)*: pourcentage de surface du sol imperméable du carreau entier ICE. Lorsque ce paramètre est constant sur tout le bassin versant, sa valeur est donnée par l'intermédiaire du paramètre TRI du vecteur obligatoire SOL3; sinon les valeurs pour chaque carreau entier sont lues sur le vecteur facultatif SURFIMPERM;

*HRIMP* : lame d'eau nécessaire pour qu'il y ait ruissellement sur les surfaces imperméables. Ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire SOL2.

La lame RIMP est immédiatement disponible pour l'écoulement en rivière tandis que la lame restante EAUTER est ajoutée au contenu antérieur du réservoir SOL;

- 2) le niveau HS de l'eau dans le réservoir SOL est utilisé pour déterminer l'évapotranspiration réelle ETOT (Section 5.2.3) et l'infiltration XINF à l'aide des équations suivantes:

$$\begin{aligned} ETOT &= ETHORN && ; HS \geq HPOT \\ ETOT &= ETHORN \times HS / HPOT && ; HS < HPOT \\ XINF &= TOINF(ICE) \times \max(0, HS - HINF) \\ XINF &= \min(XINFMA, XINF) \times ARR27 \end{aligned} \quad (5.12)$$

où:

*ETHORN* : évapotranspiration potentielle du jour (mm);

*XINF* : lame d'eau infiltrée du réservoir SOL au réservoir NAPPE:

- HS* : niveau de l'eau dans le réservoir SOL;
- HINF* : seuil du niveau d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE. Ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire SOL2;
- TONIF(ICE)* : coefficient d'infiltration dans le réservoir NAPPE, pour le carreau entier ICE. Lorsque ce paramètre est constant sur le bassin versant, il est lu par l'intermédiaire du paramètre CIN sur le vecteur obligatoire SOL1, sinon les valeurs sont lues pour chaque carreau entier sur le vecteur facultatif COEFINFILT;
- XINFMA* : infiltration maximale par jour. Ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire SOL1;
- ARR27* : coefficient de pondération calculé à l'aide des données physiographiques de chaque carreau entier. Il varie de 0,80 si le carreau entier ne comporte que du sol nu, à 1,00 si le carreau est complètement recouvert par la forêt.

Le niveau d'eau dans le réservoir SOL est diminué de l'évapotranspiration et de l'infiltration;

3) l'écoulement par les orifices est calculé dans l'ordre suivant:

#### Ruissellement de surface

Ce ruissellement a lieu si la hauteur d'eau (*HS*) disponible dans le réservoir est supérieure à la hauteur du réservoir SOL (paramètre *HSOL* lu sur le vecteur obligatoire SOL2, Annexe G.1.5). Toute la lame d'eau, qui dépasse cette valeur, ruisselle et devient disponible pour le transfert en rivière:

$$RUISS = HS - HSOL \quad (5.13)$$

où:

*RUISS* : ruissellement de surface (mm);

#### 1<sup>er</sup> ruissellement retardé

Ce ruissellement se produit si la hauteur d'eau dans le réservoir SOL est supérieure au seuil de l'orifice de vidange intermédiaire:

$$VIDINT = \max(0, (HS - HINT) \times CVSI) \quad (5.14)$$

où :

*VINDINT* : ruissellement retardé (mm);

*HINT* : seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL (lu sur le vecteur obligatoire SOL2, Annexe G.1.5);

*HS* : niveau d'eau disponible dans le réservoir SOL;

*CVSI* : coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL (lu sur le vecteur obligatoire SOL1, Annexe G.1.4);

### 2<sup>ième</sup> ruissellement

Ce ruissellement est calculé par l'équation suivante:

$$VIDFON = (HS - VIDINT) \times CVSB \quad (5.15)$$

où :

*VIDFON* : ruissellement retardé (mm);

*CVSB* : coefficient de vidange basse du réservoir SOL (lu sur le vecteur obligatoire SOL1, Annexe G.1.4).

La hauteur de l'eau dans le réservoir SOL est diminuée des écoulements et conservée à la fin du pas de temps dans la variable STOSOL(ICE), où ICE représente l'indice du carreau entier.

Rappelons que si le régime hydrologique est simple, on peut limiter le nombre d'orifices utiles en donnant des valeurs nulles à certains coefficients de vidange à l'aide des paramètres du vecteur SOL1.

La lame d'eau produite par les trois ruissellements est additionnée dans la variable PRODU et sera modulée en fonction du pourcentage du sol sur le carreau entier en même temps que les lames produites pour les lacs et les marais. Cette modulation est faite de la façon suivante:

$$REST = (PRODU \times PCTERR) + (SLAMA \times PCEAU) \quad (5.16)$$

où :

*REST* : lame totale d'eau produite sur le carreau entier (mm);

*PRODU* : lame produite par les réservoirs SOL et NAPPE et par la surface imperméable du carreau;

*PCTERR* : pourcentage de la partie terrestre sur le carreau entier;

*PCEAU* : pourcentage de lac et marais sur le carreau entier;

*SLAMA* : lame sortant du réservoir LACS et MARAIS.

La lame REST produite par le carreau entier est transformée en volume (m<sup>3</sup>) puis gardée dans le vecteur PRODCE:

$$PRODCE(ICE) = REST \times 10^{-3} \times CEKM2 \times 10^6 \quad (5.17)$$

où:

*CEKM2* : superficie d'un carreau entier en km<sup>2</sup>.

Ces calculs sont faits pour tous les carreaux entiers. Les volumes d'eau mis en mémoire dans le vecteur PRODCE sont disponibles pour l'écoulement en rivière et seront utilisés pour les transferts d'eau vers l'aval.

### 5.2.5 Bilan du réservoir NAPPE

Les écoulements issus du réservoir NAPPE dépendent du niveau d'eau dans le réservoir, de la hauteur du seuil et du coefficient de vidange de chaque orifice. Ces coefficients sont généralement très faibles puisque le réservoir NAPPE a pour but de reproduire les étiages, et ils peuvent être estimés par l'observation des tarissements d'hiver des débits observés.

Les écoulements sont calculés par les formules suivantes;

$$\begin{aligned} SNAPH &= CVNH \times \max(0, HN - HNAP) \\ HN &= HN - SNAPH \\ SNAPB &= CVNB \times HN \end{aligned} \quad (5.18)$$

où :

*CVNH* : coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE (lu sur le vecteur obligatoire SOL1, Annexe G.1.4);

*HN* : niveau de l'eau dans le réservoir NAPPE (mm);

*HNAP* : niveau de vidange haute du réservoir NAPPE (mm) (lu sur le vecteur obligatoire SOL2, Annexe G.1.5);

*CVNB* : coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE (lu sur le vecteur obligatoire SOL1, Annexe G.1.4).

*SNAPH* : écoulements de la vidange haute (rapide) du réservoir NAPPE.

SNAPB : écoulements de la vidange basse (lente) du réservoir NAPPE.

Le bilan du réservoir NAPPE est complété par:

$$\begin{aligned} HN &= HN + XINF - SNAPB \\ HN &= \max(0, HN - ETRNAP) \end{aligned} \quad (5.19)$$

où:

*XINF* : quantité d'eau infiltrée depuis le réservoir SOL vers le réservoir NAPPE;

*ETRNAP* : évapotranspiration prise dans le réservoir NAPPE.

Finalement, les niveaux de l'eau du réservoir NAPPE de chaque carreau entier sont gardés en mémoire dans le vecteur STONAP. La lame d'eau produite par la nappe est additionnée à la variable PRODU et est modulée comme on l'a vu précédemment à l'équation 5.16.

## 5.2.6 Bilan sur les lacs et marécages

Nous avons tenu compte précédemment, dans le schéma de formation de l'écoulement, des termes du bilan de l'eau sur la partie terrestre. Le bilan en eau sur la partie eau libre (lac, réseau hydrographique, marais) s'évalue par les équations suivantes:

$$\begin{aligned} HM &= HM + PLUFON \\ ETRLAC &= \min(ETRLAC, HM) \\ HM &= HM - ETRLAC \end{aligned} \quad (5.20)$$

où:

*HM* : niveau de l'eau dans le réservoir LACS et MARÉCAGES (mm);

*PLUFON* : lame d'eau disponible qui provient de la pluie et de la fonte de la neige;

*ETRLAC* : évaporation réelle sur les surfaces d'eau.

Le bilan du réservoir LACS est complété par:

$$\begin{aligned} SLAMA &= \max(0, (HM - HMAR) \times CVMAR) \\ HM &= HM - SLAMA \end{aligned} \quad (5.21)$$

où:

*SLAMA* : écoulement du réservoir LACS et MARÉCAGES (mm);

*HMAR* : seuil de vidange du réservoir LACS et MARÉCAGES. Ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire SOL2 (Annexe G.1.5);

*CVMAR* : coefficient de vidange du réservoir LACS et MARÉCAGES. Ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire SOL 1 (Annexe G.1.4).

Les niveaux d'eau du réservoir LACS et MARAIS de chaque carreau entier sont gardés dans le vecteur STOMAR.

## 5.3 Fonction de transfert

Le schéma de production qui vient d'être décrit aboutit à l'obtention d'un volume d'eau, sur chaque carreau entier, disponible pour le transfert en rivière et dont l'origine (ruissellement direct ou retardé, vidange de la nappe, des lacs et des marais) n'a plus à être connue pour le transfert de l'eau en rivière. Ce transfert est effectué de carreau partiel à carreau partiel.

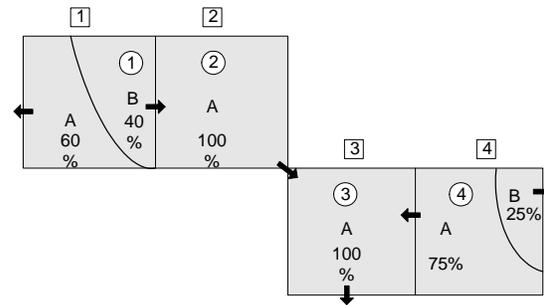
Le volume d'eau disponible sur un carreau partiel est obtenu en multipliant le volume produit sur le carreau entier par le pourcentage de superficie du carreau partiel considéré. Ce volume est ajouté aux volumes entrant dans ce carreau depuis le ou les carreaux partiels directement en amont. Le volume résultant devient le volume disponible pour le transfert vers le carreau immédiatement en aval. Ce processus est répété de carreau en carreau jusqu'à l'exutoire.

La Figure 5.6 montre la schématisation de la fonction de transfert. Le carreau partiel A du carreau entier [2], par exemple, reçoit la partie  $QB_1$  de l'écoulement de la partie B du carreau en amont [1], à laquelle s'ajoute sa production, avant de s'écouler dans le carreau partiel A du carreau en aval [3]. Le volume d'écoulement d'un carreau à un autre, pour un pas de temps donné, dépend de l'eau disponible dans les réserves et des caractéristiques physiques de la rivière sur le carreau partiel considéré. Le modèle CEQUEAU calcule ce volume à l'aide d'un coefficient de transfert propre à chaque carreau partiel et de la quantité d'eau disponible sur chacun de ces carreaux.

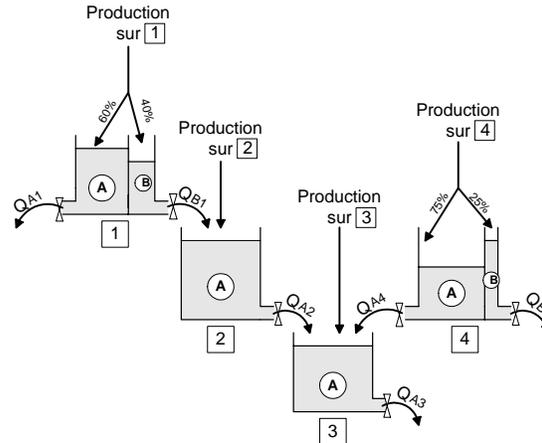
### 5.3.1 La méthode de transfert

Le volume  $V_i$  étant le volume emmagasiné dans le carreau partiel  $i$ , il se vidangera dans le carreau partiel immédiatement en aval d'une quantité  $v_i$ , proportionnelle, d'une part, au volume  $V_i$ , et d'autre part, à un coefficient de transfert  $XKT_i$  propre au carreau partiel  $i$ :

$$v_i = XKT_i \times V_i \quad (5.22)$$



A) Vue en plan d'une partie du bassin



B) Schéma du transfert en rivière

Figure 5.6 Schématisation de la fonction de transfert.

Le coefficient de transfert de chaque carreau partiel est relié aux caractéristiques hydrauliques prépondérantes de l'écoulement, à savoir la capacité d'amortir l'onde par emmagasinage dans le réseau. Un bon index de cette capacité d'amortissement sur un carreau partiel est la superficie d'eau libre sur ce carreau. Un grand lac, par exemple, amortit l'écoulement; cependant, son influence dépend également de la superficie du bassin versant en amont. Un lac de 10 km<sup>2</sup>, par exemple, a peu d'influence sur l'onde de crue d'un bassin versant de 5 000 km<sup>2</sup>. Si le bassin versant est de 100 km<sup>2</sup>, ce lac devient très important. Le modèle CEQUEAU utilise des coefficients de transfert définis pour chaque carreau partiel en considérant la superficie couverte d'eau et la superficie en amont de ce carreau. L'équation suivante détermine les coefficients de transfert:

$$XKT_i = 1 - \exp \left( -\min \left( 36, \frac{EXXKT \times RMA3}{\max (SL, SLAC)} \times \frac{100}{CEKM2} \right) \right) \quad (5.23)$$

où :

$XKT_i$  : coefficient de transfert du carreau partiel I pour le pas de temps d'une journée;

$EXXKT$  : paramètre de calcul du coefficient de transfert. Ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire TRANSFERT. Pour faciliter l'ajustement de ce paramètre, les Figures 5.7 et 5.8 montrent la variation de  $XKT_i$  en fonction de  $EXXKT$ ;

$RMA3$  : cumul des pourcentages de superficie des carreaux partiels en amont;

$SL$  : superficie d'eau, estimée à l'aide du cumul des pourcentages des superficies en amont;

$SLAC$  : pourcentage de superficie d'eau sur le carreau partiel. Cette superficie peut être modifiée pour tenir compte de lacs non sur le réseau. Voir paramètre KODLAC sur le vecteur facultatif LAC;

$CEKM2$ : superficie des carreaux entiers conformes (km<sup>2</sup>).

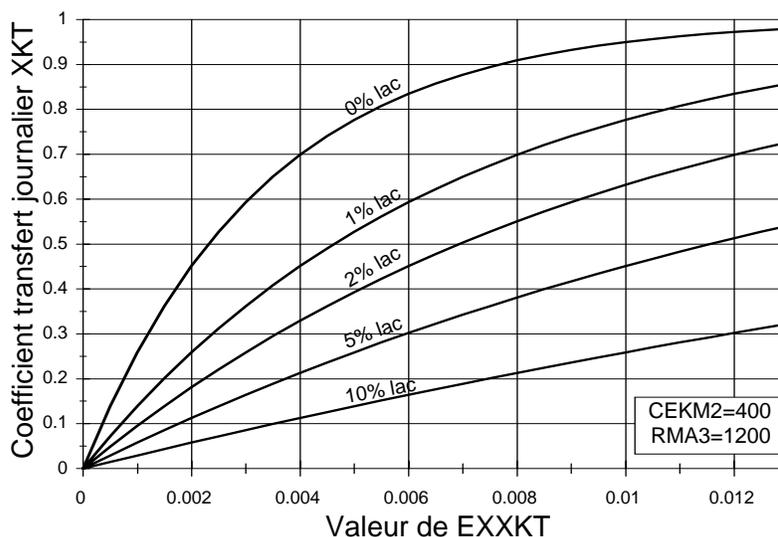


Figure 5.7

Variation du coefficient de transfert journalier suivant le paramètre EXXKT, pour différents pourcentages de lac sur carreau entier de 400 km<sup>2</sup>.

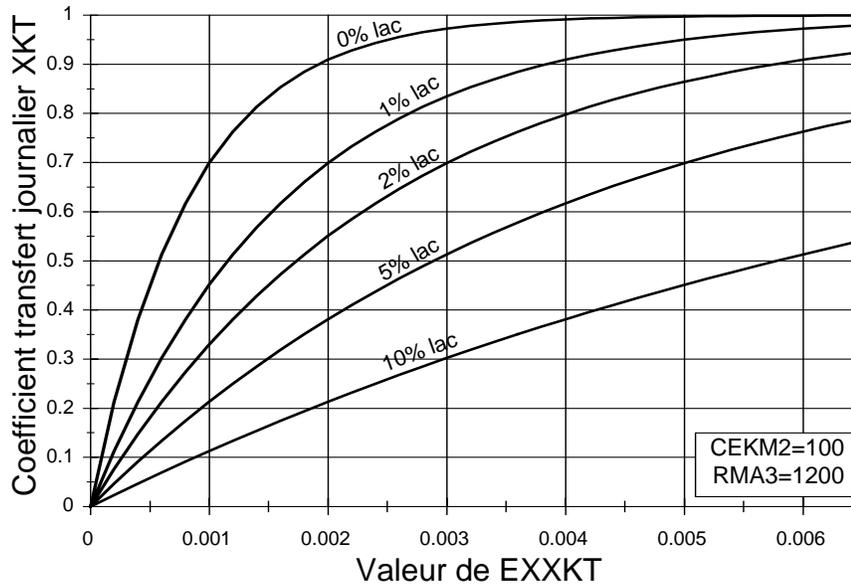


Figure 5.8 Variation du coefficient de transfert journalier suivant le paramètre EXXKT, pour différents pourcentages de lac sur un carreau entier de 100 km<sup>2</sup>.

Les calculs de transfert sont exécutés en partant du carreau le plus en aval (carreau partiel numéro 1) pour remonter jusqu'au carreau le plus en amont. On appelle ce mode de transfert "AVAL-AMONT". Ce mode de transfert est effectué à un pas de temps déterminé par le nombre NT de carreaux partiels sur le chemin le plus long entre l'exutoire et l'amont du bassin et le temps de concentration ZN du bassin. Le paramètre ZN est lu sur le vecteur obligatoire TRANSFERT (Annexe G.1.8) et NT provient du vecteur MARR initial, décrit à l'annexe D.1.1. Par exemple, si le temps de concentration est de trois jours et le nombre de carreaux sur le chemin le plus long est de 12, le nombre NPJO de transferts nécessaires par jour est de 4 (12/3). Pour l'exemple cité (NPJO = 4), une partie de l'eau (fonction de la valeur du coefficient de transfert) se retrouvera quatre carreaux plus en aval à la fin de la journée. Après trois jours, l'eau de la partie la plus en amont arrivera à l'exutoire, ce qui respecte bien le temps de concentration du bassin versant. Les coefficients de transfert calculés précédemment ont été déterminés pour un pas de temps journalier. Lorsque le nombre de transferts par jour est supérieur à 1, les coefficients de transfert doivent être modifiés pour tenir compte du nombre de transferts exécutés par jour. La formule est la suivante:

$$XKT_i = 1 - (1 - XKT_i)^{1/NPJO} \quad (5.24)$$

### 5.3.2 Transfert particulier

La méthode de transfert vue précédemment, à partir d'un coefficient de proportionnalité XKT, peut être erronée pour des carreaux partiels particuliers: un grand lac ou encore une section en travers particulière. La seule solution rigoureuse consiste à connaître, d'une part, la courbe d'emmagasinage en fonction de la cote (ceci peut être fait à l'aide des cartes topographiques) et, d'autre part, la loi de vidange de l'exutoire.

Le recours aux équations de l'hydraulique étant trop lourd pour une simulation journalière ou à un pas de temps inférieur, les relations entre cote et emmagasinage et entre débit et emmagasinage seront données sous forme de deux polynômes de degré inférieur ou égal à cinq. La détermination des coefficients des polynômes est obtenue par la méthode des moindres carrés, et est effectuée en dehors du modèle.

Pour utiliser cette option avec le modèle, les opérations suivantes sont nécessaires:

- 1) spécifier la présence d'une station sur le carreau partiel que nous voulons ainsi traiter. S'il n'y a pas de station réelle, on en spécifie une fictive à l'aide du vecteur facultatif STATIONFIC (Annexe G.2.1);
- 2) spécifier qu'il y a un barrage de code 2 pour la station située sur le carreau partiel à l'aide du vecteur facultatif BARRAGE (Annexe G.2.2);
- 3) donner les paramètres des polynômes à l'aide des vecteurs induits NIVEAU et DEBIT (Annexe G.3.1 et Annexe G.3.2).

Si l'on ne connaît pas la loi de vidange de l'exutoire et que l'on craint que l'équation pour calculer le coefficient de transfert ne soit pas valable pour un ou plusieurs carreaux partiels, on peut fixer ces coefficients directement en utilisant le vecteur facultatif CTP (Annexe G.2.17).

Si l'on veut connaître les débits intermédiaires, on utilisera ce vecteur pour donner un coefficient de transfert nul à un ou plusieurs carreaux partiels.

### 5.3.3 La reconstitution des grands lacs

Pour des lacs chevauchant plusieurs carreaux partiels, la succession des transferts, telle qu'exposée précédemment, peut être notablement différente de la réalité, puisque les lois de l'écoulement sont fondamentalement non linéaires. Pour lever cette restriction, il suffit de calculer le coefficient de transfert du carreau partiel de l'exutoire du lac en prenant pour ce carreau la superficie totale du lac. Ceci est fait en qualifiant les carreaux partiels, où se situe un grand lac, d'un indice permettant de ne pas tenir compte de la superficie des lacs sur ces carreaux. La reconstitution des grands lacs pour chaque carreau partiel est définie à l'aide du vecteur facultatif LAC (Annexe G.2.31). Par défaut, cette variable est prise égale à 0, ce qui implique qu'aucun lac ne doit être reconstitué. Le vecteur LAC permet également d'exclure, dans le calcul des coefficients de transfert, les lacs qui ne sont pas sur le réseau d'écoulement.

## 5.4 Opération avec barrage

Le modèle CEQUEAU permet d'effectuer la simulation des bassins versants ayant un ou plusieurs barrages réels ou fictifs. L'information concernant les barrages, s'il en existe, est donnée en utilisant le vecteur facultatif BARRAGE (Annexe G.2.2).

La procédure et les calculs nécessaires pour la prise en compte des barrages par le modèle CEQUEAU peuvent être suivis à l'aide de l'exemple de la Figure 5.9.

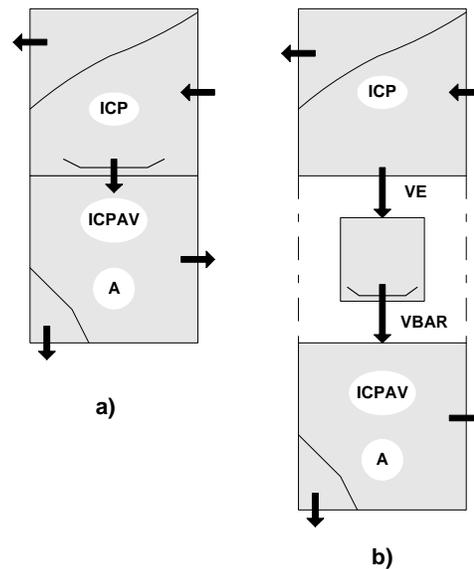


Figure 5.9 Schématisation de la prise en compte des barrages par le modèle CEQUEAU.

La partie a) de cette figure correspond à un barrage à la sortie du carreau partiel ICP. La partie b) en présente la schématisation faite par le modèle, qui introduit le réservoir entre le carreau partiel ICP et le carreau partiel ICPAV immédiatement en aval. Les calculs effectués à chaque pas de transfert sont les suivants:

- Le transfert en rivière depuis le carreau ICP amène dans le barrage, par pas de temps,

$$VE = XKT_{ICP} \times VOLCP_{ICP} \quad (5.25)$$

un apport VE;

où:

VE : écoulement dans le réservoir depuis le carreau partiel ICP (m<sup>3</sup>);

$XKT_{ICP}$  : coefficient de transfert du carreau partiel ICP. Ce coefficient de transfert doit être très près de 1, puisque l'eau dans un barrage est en principe immédiatement disponible pour évacuation. On peut, si nécessaire, fixer ce coefficient de transfert à 1 à l'aide du vecteur facultatif CTP (Annexe G.2.17);

$VOLCP_{ICP}$  : volume d'eau disponible sur le carreau partiel ICP ( $m^3$ ).

- Le volume VBAR sortant du réservoir pour un pas de temps est déterminé selon une des deux méthodes suivantes:
  - 1) si c'est un barrage réel, le débit sortant est lu dans le fichier des données hydrométriques et météorologiques pour être ensuite transformé en volume;
  - 2) si c'est un barrage fictif, le débit sortant est calculé par la méthode de Goodrich, en utilisant la relation "débit en fonction de l'emmagasinage" dont les paramètres sont introduits par le vecteur induit DEBIT (Annexe G.3.3). Ce débit est ensuite transformé en volume selon le pas de temps du transfert.
- Le bilan du réservoir est fait par:

$$VOLEMM_{IST} = VOLEMM_{IST} + \frac{(VE - VBAR)}{10^6} \quad (5.26)$$

où :

$VOLEMM_{IST}$ : le volume d'eau disponible dans le réservoir de la station IST ( $Mm^3$ );

$VE$  : apport entrant dans le réservoir du barrage ( $m^3$ );

$VBAR$  : volume évacué par le barrage ( $m^3$ ).

- Le carreau partiel aval ICPAV reçoit le volume VBAR et le transfert reprend son cours normal.

Trois options de traitement de barrage sont prévues:

a) barrage réel (KODBAR = 1)

Il existe un barrage réel sur le bassin versant dont les évacuations sont connues. Ces débits journaliers évacués ont été introduits dans le fichier des données hydrométriques et météorologiques, de même que le niveau journalier de la réserve.

Le débit évacué constitue une donnée d'entrée du modèle, qui l'introduit dans le carreau partiel immédiatement en aval. Par contre, le niveau journalier de la réserve n'est utilisé que pour vérifier le niveau calculé. Si l'on veut connaître les débits entrant dans le réservoir, on placera une station fictive (vecteur facultatif STATIONFIC) sur le carreau immédiatement en amont du carreau où se situe le barrage.

Si l'on désire connaître les débits naturels sur le bassin versant, les simulations peuvent être faites en enlevant les barrages (KODBAR = 0);

Si l'on désire calculer les débits intermédiaires en amont d'un barrage réel (KODBAR=1), on doit demander la reconstitution des débits à l'aide du paramètre JREC du vecteur OPTION. Les débits intermédiaires sont calculés à l'aide de l'équation suivante:

$$Q_R = Q_S + \Delta V - A_E \quad (5.27)$$

où:

- $Q_R$  : débit reconstitué du bassin versant en amont du barrage réel (KODBAR=1) et en aval de tous les autres barrages réels;
- $Q_S$  : débit évacué du barrage;
- $\Delta V$  : variation de la réserve du barrage en p.c.s/j;
- $A_E$  : apport externe soit des barrages de code KODBAR=1 ou 3 qui se jette dans le bassin intermédiaire.

Les informations pour les stations où les débits sont reconstitués se trouvent dans le fichier des résultats généraux (SIM). Les débits reconstitués, observés et calculés, sont ajoutés aux fichiers des données journalières (DJO) et mensuelles (DME). Ils possèdent le même numéro de station que le barrage où les débits ont été reconstitués mais avec le code 4 (KODBAR=4).

Pour les stations avec barrage réel, si la reconstitution est demandée, on peut produire des graphiques des niveaux d'eau des réserves ainsi que des débits reconstitués. Les débits reconstitués sont calculés en utilisant la variation de la réserve d'eau dans les réservoirs, ce qui peut entraîner quelquefois une erreur. On peut même obtenir des débits négatifs. Cette erreur est cependant compensée par les débits calculés pour les jours qui précèdent ou qui suivent.

Lorsque l'on désire reconstituer les débits on ne doit pas utiliser de barrage fictif (KODBAR=2).

#### b) barrage fictif (KODBAR = 2)

On introduit sur le bassin versant un ou plusieurs barrages fictifs pour simuler l'aménagement ultérieur du bassin versant. Les débits évacués de chaque barrage sont calculés par la méthode de laminage de Goodrich (Section 4.3.5), à l'aide de la réserve d'eau disponible dans le réservoir en utilisant la relation donnant le débit en fonction de l'emmagasinement. On peut introduire, si on le désire, des contraintes d'exploitation à ces barrages (Section 4.3.6) de même qu'un débit fixe de turbinage. Ceci est fait par les vecteurs facultatifs CONTRAINTE et TURBINAGE (Annexe G.2.16 et Annexe G.2.36).

Le débit de turbinage, s'il existe, est toujours évacué en autant que la réserve d'eau dans le barrage le permet.

c) barrage réel (KODBAR = 3)

Il existe, en dehors du bassin versant simulé, un barrage dont les évacuations entrent dans un carreau partiel du bassin. Ceci se produit, entre autres, si l'on veut simuler la partie en aval d'un barrage. Les débits de ce barrage doivent être introduits dans le carreau partiel où il se déverse. Pour utiliser cette option avec le modèle, les opérations suivantes sont nécessaires:

- spécifier qu'il y a une station réelle sur le carreau partiel recevant l'évacuation, lors de la préparation des données physiographiques, et introduire, pour cette station, les débits du barrage en amont;
- spécifier qu'il y a un barrage de code 3 pour la station située sur ce carreau partiel (vecteur facultatif BARRAGE, Annexe G.2.2).

d) barrage réel ou fictif (KODBAR = 5)

Ce code permet de définir un barrage avec une fonction particulière. Ce type de barrage permet plus d'une loi d'évacuation dans le bassin versant (sur le carreau immédiatement en aval) et en plus il permet de calculer des évacuations vers l'extérieur du bassin ou vers un carreau qui n'est pas nécessairement immédiatement en aval du barrage avec des lois qui sont variables dans le temps, par exemple pour la période d'étiage on peut retirer de l'eau du barrage pour l'envoyer sur un carreau quelconque du bassin versant ou à l'extérieur du bassin versant. Pour la période de crue, on peut utiliser une autre loi de vidange. Le modèle permet d'introduire 5 barrages de code 5 et chaque barrage peut avoir de 0 à 3 lois de vidange sur le carreau immédiatement en aval et jusqu'à 20 lois d'évacuations sur un carreau quelconque du bassin versant ou à l'extérieur du bassin. Ces lois sont associées à une période de l'année. Pour utiliser cette option avec le modèle, les opérations suivantes sont nécessaires:

- Spécifier qu'il y a une station fictive sur le carreau partiel introduire ce type de barrage (vecteur STATIONFIC) introduire le code 5 dans le vecteur BARRAGE pour cette station, le vecteur BARKOD5 sera induit;
- selon le nombre de lois d'évacuation dans le bassin et le nombre d'évacuation à l'extérieur du bassin, (NBEVIN et NBEVEX), valeurs lues sur le vecteur BARKOD5 les vecteurs suivants seront introduits: NIVEAU et VOLUME
- NBEVIN vecteurs DÉBITS, si NBEVIN = 0 aucun vecteur DEBIT, maximum 3 vecteurs;.
- NBEVEC vecteurs (INFBAR5 et DEBIT) si NBEVEX = 0 aucun de ces vecteurs. NBEVEX maximum est de 20 c'est-à-dire un maximum de 40 vecteurs.
- **ATTENTION** : L'éditeur CEQUEAU introduit automatiquement les vecteurs pour NBEVIN et NBEVEX égal à 1. L'éditeur de données de CEQUEAU est utilisé pour

introduire les codes de barrage sur le vecteur KODBAR, ainsi on a l'ordre des vecteurs à introduire. Par la suite comme l'éditeur de CEQUEAU ne peut ajouter correctement les vecteurs pour les barrages de code 5, il faut utiliser un éditeur de données pour s'assurer de l'ordre décrit précédemment et ne plus utiliser l'éditeur de données de CEQUEAU pour les fichiers contenant un ou des barrages de code 5.

### 5.4.1 Méthode de Goodrich<sup>1</sup>

La méthode de Goodrich permet de calculer les débits évacués d'un barrage fictif (KODBAR = 2). Pour un barrage, l'équation de continuité peut s'écrire:

$$V_2 - V_1 = (\bar{I} - \bar{O}) \Delta t \quad (5.28)$$

où:

$V_1, V_2$  : volume emmagasiné au début et à la fin du pas du temps;

$\Delta t$  : intervalle de temps;

$\bar{I}$  : débit moyen entrant;

$\bar{O}$  : débit moyen sortant.

On suppose que le pas de temps  $\Delta t$  permet d'estimer  $\bar{O}$  par:

$$\bar{O} = \frac{1}{2} (O_1 + O_2) \quad (5.29)$$

où:

$O_1$  et  $O_2$  : représentent respectivement le débit en début et en fin de période. Les calculs seront d'autant plus précis que le pas de temps sera faible.

Les calculs seront d'autant plus précis que le pas de temps utilisé pour la simulation sera faible.

---

<sup>1</sup> Goodrich, R.D. (1931). "Rapid calculation of reservoir discharge". Civil Engineering, 1: 417-418.

L'équation de continuité peut alors être mise sous la forme:

$$\begin{aligned} \frac{2V_2}{\Delta t} + O_2 &= \frac{2V_1}{\Delta t} - O_1 + 2\bar{I} \\ \frac{2V_2}{\Delta t} + O_2 &= \alpha \end{aligned} \quad (5.30)$$

La partie droite de l'équation est connue, ce qui fournit donc une première relation entre le débit sortant et le volume en fin de période.

Par ailleurs, on connaît la relation permettant de calculer le débit à l'aide du volume dans le réservoir (elle est donnée à l'aide du vecteur induit DEBIT, voir Section 5.4.3 et l'Annexe G.3.3):

$$O_2 = \mathcal{F}\left(\frac{V_2}{10^6}\right) \quad (5.31)$$

La fonction  $\mathcal{f}$  est un polynôme de degré inférieur ou égal à 5, entre le débit sortant ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) et le volume emmagasiné (millions de  $\text{m}^3$ ).

La combinaison des deux dernières équations donne:

$$\frac{2V_2}{\Delta t} + \mathcal{F}\left(\frac{V_2}{10^6}\right) - \alpha = 0 \quad (5.32)$$

Le problème se ramène à la détermination de la racine de l'équation  $g(x) = 0$

où:

$$g(x) = \frac{2x}{\Delta t} + \mathcal{F}\left(\frac{x}{10^6}\right) - \alpha \quad (5.33)$$

La résolution est faite par dichotomie sur un intervalle  $[b, a]$  qui doit être déterminé à chaque pas de temps.

Pour déterminer la borne supérieure  $a$ , il suffit de supposer que l'évacuation  $O_2$  est nulle:

$$a = V_1 + \bar{I} \cdot \Delta t \quad (5.34)$$

La borne inférieure est plus délicate à choisir, car  $O_2$  peut être inférieur ou supérieur à  $O_1$ . Un premier essai est fait en supposant  $O_2$  égal à  $O_1$ , et en supposant l'apport  $I$  nul, d'où:

$$b = V_1 - O_1 \cdot \Delta t \quad (5.35)$$

Lorsque l'équation n'admet pas de racines sur l'intervalle  $[b, a]$  ainsi déterminé, le modèle recalcule un second intervalle en conservant la borne qui donne la plus faible valeur absolue pour la fonction  $g$ , tandis que la nouvelle borne est déterminée par proportionnalité de l'accroissement de  $g(a)$  à  $g(b)$ .

### 5.4.2 Opération de barrage avec contrainte

La seule contrainte admise présentement par CEQUEAU pour les barrages fictifs (KODBAR=2) est relative aux cotes maximales à atteindre. La gestion proprement dite est effectuée avec l'hypothèse suivante: il faut tendre vers la cote imposée pour chaque jour; lorsque les évacuateurs de crues sont utilisés, ils le sont de manière à toujours garder en réserve le plus grand volume compatible avec les contraintes imposées.

Définissons tout d'abord les variables:

$V$  : volume emmagasiné dans le barrage au début du pas de temps;

$VE$  : apport journalier;

$VBAR$  : volume évacué;

$F$  : fonction de transformation hauteur-volume;

$COTMAX$  : cote imposée du jour;

$VBARMA$  : volume maximal pouvant être évacué, fonction du niveau de l'eau et des caractéristiques des évacuateurs.

Selon la cote atteinte par rapport à la cote imposée, trois possibilités peuvent se produire:

- a)  $F(V + VE) \leq COTMAX$ : même toutes vannes fermées, on n'atteint pas la cote maximale. Dans ce cas, on accumule l'eau et il n'y a pas d'évacuation ( $VBAR = 0$ );
- b)  $F(V + VE - VBAR) > COTMAX$ : les vannes évacuant à pleine capacité, il y a quand même débordement. Le modèle génère un message d'avertissement et le volume lâché correspond au maximum possible ( $VBAR = VBARMA$ );

- c) dans le cas intermédiaire, il faut ouvrir partiellement les vannes puisqu'on veut respecter la cote imposée. Le volume à évacuer est calculé par dichotomie, entre les valeurs extrêmes  $V_{BAR} = V_{BARMA}$  et  $V_{BAR} = 0$ , à partir de l'équation implicite  $F(V + V_E - V_{BAR}) = COTMAX$ .

### 5.4.3 Préparation des données de barrage

Le menu préparation Préparation (section 1.10.4) donne accès à la préparation des vecteurs DEBIT, NIVEAU et VOLUME selon le type de barrage,

Dans la fenêtre Projet, la commande Préparation - Barrage, on obtient la figure suivante:

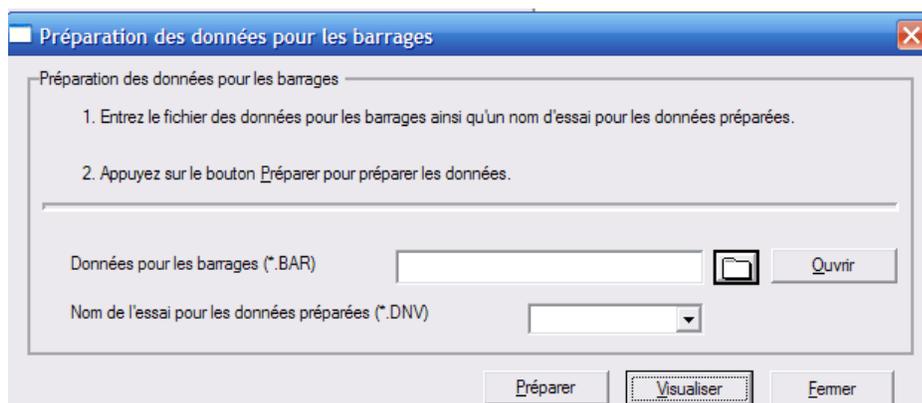
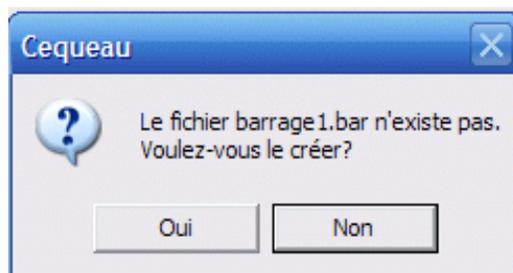


Figure 5.10 Préparation des données pour les barrages

Si un fichier des données de barrage (extension BAR) existe on donne le nom sur la première ligne et on donne un nom de fichier pour sauvegarder les données préparées et on lance la préparation.

Si le fichier de données de barrage n'existe pas on donne un nom de fichier dans lequel on veut introduire les données de barrage puis on clique sur Ouvrir. On a le message suivant:



Si on répond oui la fenêtre de l'éditeur de CEQUEAU pour la préparation des données de barrage s'ouvre. Une fois le fichier créé on revient à la figure 5.10 et on donne un nom de fichier pour sauvegarder les données préparées et on lance la préparation.

Dans le fichier de données de barrage préparées on retrouve les vecteurs DEBIT, NIVEAU ou VOLUME préparés il s'agit d'utiliser un éditeur pour copier ces vecteurs dans le fichier de paramètre de la simulation (extension PAH).

## 5.5 Prévision en temps réel

Le modèle CEQUEAU permet la prévision des débits en temps réel à court et à moyen terme avec ou sans mise à jour. Les options disponibles sont:

### 5.5.1 Prévision à court terme sans mise à jour

Cette première méthode utilise les simulations normales du modèle CEQUEAU. Cela consiste à simuler normalement les débits jusqu'au jour actuel (appelé le jour J) puis à introduire les données météorologiques prévues pour continuer les simulations hydrologiques, sans aucune mise à jour pour les jours J+1 à J+N, où N représente le nombre de jours pour lequel on désire prévoir les débits. Dans le fichier PAH il faut introduire le vecteur PREVISTA et spécifier les dates voulues et le nombre de pas de prévision. L'éditeur va introduire automatiquement le ou les vecteurs VECTMAJS. Comme on ne fait pas de mise à jour, on laisse les zéros sur ce vecteur.

### 5.5.2 Prévision à court terme avec mise à jour statistique

Pour cette seconde méthode, on suppose que si le débit calculé par le modèle est sur-estimé ou sous-estimé pour le jour J, il est probable que le débit calculé pour le jour J+1 sera également sur-estimé ou sous-estimé. On peut corriger cette erreur en utilisant les relations mathématiques reliant les résidus précédents le jour J. Les résidus sont la différence entre les débits observés et les débits calculés par le modèle.

Pour établir les relations mathématiques entre les résidus, on utilise la période de calibration pour déterminer par régression les coefficients qui s'appliquent pour les jours J+1 à J+N. On a les relations suivantes:

$$\begin{aligned}
\Delta_{J+1} &= cte + A_1 \Delta_J + A_2 \Delta_{J-1} + A_3 \Delta_{J-2} + \dots \\
\Delta_{J+2} &= cte + B_1 \Delta_J + B_2 \Delta_{J-1} + B_3 \Delta_{J-2} + \dots \\
&\quad \vdots \\
&\quad \vdots \\
\Delta_{J+N} &= cte + X_1 \Delta_J + X_2 \Delta_{J-1} + X_3 \Delta_{J-2} + \dots
\end{aligned}
\tag{5.36}$$

où:

- ) : résidu (différence entre le débit observé et le débit calculé par le modèle);
- cte : constante;
- A, B, X : coefficients;
- J : jour précédent la prévision;
- N : nombre de jours à prévoir.

S'il n'y a pas d'erreur systématique entre les débits observés et calculés, la constante est nulle. Si on utilise un processus d'ordre 1, les coefficients  $A_1, B_1, \dots, X_1$  sont les coefficients d'autocorrélation des résidus.

Les débits prévus pour les jours J+1 à J+N sont alors obtenus par les équations suivantes:

$$\begin{aligned}
Qs_{J+1} &= Q_{J+1} + \rho_1 \Delta_J \\
Qs_{J+2} &= Q_{J+2} + \rho_2 \Delta_J \\
&\quad \vdots \\
&\quad \vdots \\
Qs_{J+N} &= Q_{J+N} + \rho_N \Delta_J
\end{aligned}
\tag{5.37}$$

où:

- Qs : débits prévus avec mise à jour statistique pour les jours J+1 à J+N;
- Q : débits simulés par le modèle pour les jours J+1 à J+N;
- D** : coefficient d'autocorrélation des résidus d'ordre 1 à N;
- J : jour précédent le début de la prévision;
- N : nombre de jours à prévoir.

Dans le fichier PAH il faut introduire le vecteur PREVISTA et spécifier les dates voulues et le nombre de pas de prévision. L'éditeur va introduire automatiquement le ou les vecteurs VECTMAJS. On doit introduire sur ces vecteurs les coefficients d'autocorrélation pour le

nombre de pas de prévision qu'on a demandé. Les coefficients d'autocorrélation des résidus sont estimés avec les données de la période de calibration et peuvent être calculés facilement avec CEQUEAU. Dans la fenêtre projet faire: Graphique, Débits/Niveaux temporels, puis dans la fenêtre choisir Autocorrélation et Écarts absolus.

### 5.5.3 Prévision à court terme avec mise à jour déterministe

Cette méthode consiste à simuler les débits jusqu'au jour J pour ensuite faire la mise à jour (updating), si nécessaire, des variables d'état du modèle en utilisant au besoin toutes les données antérieures au jour J, y compris les débits mesurés aux stations hydrométriques pour les jours précédents. Il s'agit ensuite de continuer la simulation pour quelques jours en introduisant les prévisions météorologiques comme données d'entrées.

Les variables d'états que l'on corrige sont la quantité d'eau dans les réservoirs SOL et NAPPE pour chacun des carreaux entiers ainsi que la quantité d'eau en transit, (réservoir TRANSFERT) dans les tronçons de rivière de chacun des carreaux partiels. Les quantités d'eau dans les réservoirs sont corrigées en fonction du résidu entre les débits observés et les débits calculés par le modèle hydrologique pour le ou les jours précédents le jour J.

La difficulté de cette méthode de mise à jour est de déterminer dans quel réservoir on doit modifier le niveau d'eau et de quelle quantité. Par exemple, en période d'étiage, le débit est produit par le réservoir NAPPE seulement et la correction des réserves d'eau doit être faite dans les réservoirs TRANSFERT et NAPPE. En période de crue, l'écoulement provient principalement du réservoir SOL et la correction doit être faite dans les réservoirs TRANSFERT et SOL. Pour déterminer le réservoir devant faire l'objet d'une correction, on calcule les précipitations antérieures pour une période donnée. Si ces précipitations dépassent un certain seuil, on suppose que l'écoulement provient principalement du réservoir SOL. Dans le cas contraire, on considère que la rivière est en étiage et l'écoulement provient du réservoir NAPPE. La quantité d'eau à ajouter ou à soustraire des réservoirs est estimée de la façon suivante:

- on calcule l'erreur moyenne entre les débits observés et calculés pour les N pas précédents le jour J (N est une variable lue sur le vecteur PREVIDET et peut varier de 1 à 10 pas de temps):

$$\Delta = \frac{\sum_{i=1}^N (q_{ci} - q_{oi})}{N} \quad (5.38)$$

où:

) :erreur moyenne (m<sup>3</sup>/s) des N pas précédent la date de prévision (jour J);

$q_{ci}$  et  $qo$  : débits calculés et observés ( $m^3/s$ ) des N jours précédent le jour J;  
 N : nombre de jours, précédent le jour de prévision J.

- on calcule le débit observé moyen QM ( $m^3/s$ ) pour les N jours précédent le jour J:

$$QM = \sum_{i=1}^N \frac{(q_{oi})}{N} \quad (5.39)$$

- on calcule l'erreur relative pour les N jours précédent le jour J:

$$ERR = \frac{\Delta}{QM} \quad (5.40)$$

- on corrige les réserves d'eau dans le réservoir TRANSFERT qui représente l'eau disponible dans chaque tronçon des cours d'eau sur le bassin versant:

$$VOLCP_i = VOLCP_i + (VOLCP_i \times ERR) \times FACTRA \quad (5.41)$$

où:

- $VOLCP_i$  : volume d'eau dans le tronçon du carreau partiel i;  
 FACTRA : coefficient d'ajustement à déterminer par essais et erreurs ou par optimisation;  
 i : indice du carreau partiel, varie de 1 à NBCP.

Le calcul de la correction ERR ne tient pas compte des variations des coefficients de transfert d'un carreau partiel à l'autre et du fait qu'on peut avoir des inversions d'erreur, c'est-à-dire que les débits simulés sont sous-estimés une journée et surestimés le lendemain ou l'inverse. Lorsqu'il y a inversion d'erreur la correction des réserves d'eau amplifie l'erreur pour les jours suivants. Pour déterminer la correction optimale on a introduit le coefficient FACTRA qui est déterminé par essais et erreurs ou par optimisation sur une longue période.

- Si les précipitations antérieures sont inférieures au seuil fixé, on suppose que les écoulements proviennent du réservoir NAPPE et on modifie le volume d'eau dans ce réservoir pour tous les carreaux entiers de la façon suivante:

$$VOLNAP_j = VOLNAP_j + \frac{\Delta}{FCBV} \times CORNAP \quad (5.42)$$

$$FCBV = 0.01157 \times BV$$

Où:

- $VOLNAP_j$  : volume d'eau (mm) dans le réservoir NAPPE du carreau entier  $j$ ;  
 $CORNAP$  : coefficient d'ajustement à déterminer par essais et erreurs ou par optimisation;  
 $j$  : indice du carreau entier, varie de 1 à NBCE;  
 $BV$  : superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>);  
0,01157 : débit en m<sup>3</sup>/s pour 1 mm d'écoulement sur 1 km<sup>2</sup>.

Comme précédemment, pour tenir compte des inversions d'erreurs et de la variation des coefficients de vidange basse et haute du réservoir NAPPE, le coefficient CORNAP est déterminé par essais et erreurs ou par optimisation.

- si les précipitations antérieures sont supérieures au seuil fixé, on suppose que les écoulements proviennent du réservoir SOL et on modifie le volume d'eau dans ce réservoir pour tous les carreaux entiers de la façon suivante:

$$VOLNAP_j = VOLNAP_j + \frac{\Delta}{FCBV} \times CORNAP \quad (5.43)$$

$$FCBV = 0.01157 \times BV$$

où:

- $VOLSOL_j$  : volume d'eau dans le réservoir SOL du carreau entier  $j$ ;  
 $CORSOL$  : coefficient d'ajustement à déterminer par essais et erreurs ou par optimisation;  
 $j$  : indice du carreau entier (varie de 1 à NBCE);  
 $BV$  : superficie du bassin versant (km<sup>2</sup>);  
0,0157 : débit en m<sup>3</sup>/s pour 1 mm d'écoulement sur 1 km<sup>2</sup>.

Le coefficient CORSOL est déterminé pour tenir compte des inversions d'erreurs et des variations des coefficients de vidange du réservoir SOL.

Pour faire cette prévision On doit introduire dans le fichier PAH le vecteur PREVIDET et spécifier les dates voulues et le nombre de pas de prévision etc. L'éditeur va introduire automatiquement le vecteur induit VECTMAJD. On doit introduire sur ces vecteurs les coefficients. Les coefficients CORSOL, CORNAP et FACTRE sont estimés avec les données de la période de calibration par essai et erreur ou par optimisation.

#### 5.5.4 Prévision à court terme avec mise à jour manuelle

Avec cette méthode les débits sont simulés jusque au jour J en utilisant les données météorologiques observées puis jusqu'au J+N avec le prévisions météorologiques. Le

modèle affiche alors à l'écran le graphique des débits observés et simulés jusqu'au jour J et les débits prévus pour les jours J+1 à J+N. Si les débits simulés sont imprécis par rapport aux débits observés pour les jours précédents le jour J on peut effectuer la mise à jour manuelle par la modification de une (1) à sept (7) variables, utilisées par le modèle, dans le but d'améliorer la qualité des simulations pour les jours précédant le jour J. Dans ce cas une nouvelle simulation est faite et le nouveau graphique est reproduit à l'écran. Ce processus est répété jusqu'à ce que les résultats soient jugés satisfaisants et les débits prévus sont ceux qui apparaissent à l'écran pour les jours J+1 à J+N.

Cette mise à jour manuelle est faite facilement à l'aide de l'interface de CEQUEAU qui permet la présentation graphique de chacune des six (6) premières variables pour la mise à jour manuelle. La modification des variables est introduite dans un tableau qui spécifie les dates et la correction absolue ou relative.

Les sept (7) variables qui peuvent être modifiées sont:

- la précipitation;
- la fonte;
- la température de l'air ;
- la quantité de neige au sol;
- le niveau d'eau dans le réservoir SOL;
- le niveau d'eau dans le réservoir Nappe;
- la quantité d'eau dans le réservoir TRANSFERT.

Pour faire cette prévision, on doit introduire sur le vecteur OPTION du fichier PAH une valeur pour la variable MAJMAN. La variable MAJMAN détermine en même temps le nombre de jours ou de pas de temps qu'on gardera dans le fichier (extension ETA) les valeurs des variables d'état. Le fichier des corrections (extension MAJ) gardera les corrections faites durant la mise à jour manuelle.

### 5.5.5 Prévision à moyen terme

Le modèle CEQUEAU permet de faire la prévision des débits à moyen terme après les prévisions à court terme faites avec la méthode de mise à jour déterministe ou manuelle.

Cette prévision est faite en utilisant les données météorologiques historiques (extension HIS) disponibles pour le bassin versant étudié. Pour le jour J on garde les variables d'états tel que simulés par le modèle et on introduit successivement les données météo du jour (J+1) au jour (J+ NJPMT) des années NADPMT et NAFPMT. On peut alors estimer les prévisions à moyen terme pour différentes probabilités. Les prévisions tiennent compte des réserves d'eau dans les réservoirs et de la quantité de neige au sol à la fin de la période de prévision à court terme.

Cette prévision, peut être, faite, de deux façons: après la mise à jour déterministe ou après la mise à jour manuelle, dans les deux cas on a simplement à introduire les variables NADPMT, NAFPMT et NJPMT sur le vecteur PREVIDET du fichier PAH et d'introduire le code pour spécifier quelles données historiques l'on veut utiliser.

## 5.6 Simulation diverses

Le modèle permet de nombreuses options qui ne nécessitent pas d'explications détaillées. Elles sont donc pas citées dans ce chapitre. Cependant, la Section 5.7, qui décrit tous les vecteurs de données pouvant être lus par le modèle CEQUEAU détaille ces options en décrivant les paramètres lus sur ces vecteurs.

## 5.7 Les paramètres du modèle

L'ordre général des vecteurs du fichier des paramètres et options du modèle (extension PAH) est montré à la Figure 5.10.

Ce fichier peut être facilement créé en utilisant l'éditeur de données de CEQUEAU (Voir le Guide de l'utilisateur). On trouve dans ce fichier des vecteurs de type obligatoires, induits et optionnels. Pour plus de détail sur l'organisation de l'information des vecteurs dans les fichiers des paramètres, consultez la Section 1.2.3 .

### 5.7.1 Les vecteurs obligatoires

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée aux Annexes G.1.1 à G.1.10.

- 1) **SIMULATION**  
Vecteur obligatoire à insérer avant tous les autres vecteurs. Il permet de spécifier les dates des périodes de simulation et les paramètres d'impression.
- 2) **NEIGE**  
Ce vecteur définit les valeurs des différents paramètres régissant la fonte de la neige.
- 3) **OPTION**  
Ce vecteur permet de fixer les options du programme.
- 4) **SOL1**  
Ce vecteur permet de définir les paramètres de vidange des réservoirs.

- 5) **SOL2**  
Ce vecteur permet de définir les paramètres de hauteur de vidange des réservoirs.
- 6) **SOL3**  
Ce vecteur permet de définir les paramètres de vidange des réservoirs.
- 7) **SOLINITIAL**  
Ce vecteur permet de définir les conditions initiales le premier jour de la simulation.
- 8) **TRANSFERT**  
Ce vecteur permet de fixer les paramètres de transfert
- 9) **POSTEMETEO**  
Ces vecteurs spécifient les principales caractéristiques des stations météorologiques utilisées lors de la simulation. Ces vecteurs doivent correspondre aux stations réellement existantes sur le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées (HMC) pour la période que l'on désire simuler.
- 10) **EXECUTION**  
Ce vecteur termine obligatoirement le groupe des vecteurs facultatifs, que ces derniers soient présents ou non.

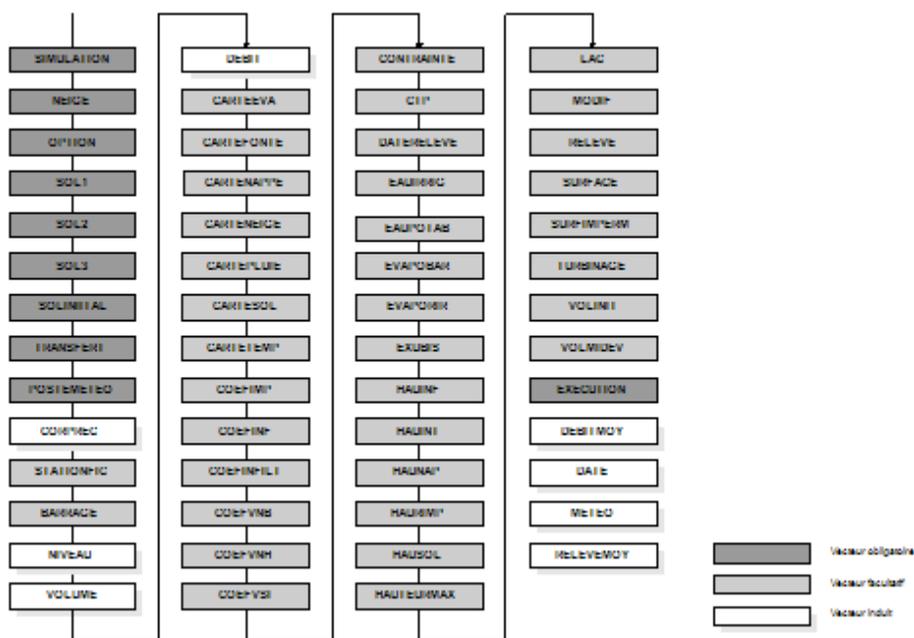


Figure 5.10 Ordre général des vecteurs du fichier des paramètres et options du modèle

## 5.7.2 Les vecteurs facultatifs

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée aux Annexes G.2.1 à G.2.47.

1) **STATIONFIC**

Ce vecteur permet de spécifier les numéros de carreaux partiels où l'on désire calculer les débits ailleurs qu'aux stations hydrométriques.

2) **BARRAGE**

Ces vecteurs permettent de spécifier les stations (réelles ou fictives) où se trouvent les barrages.

3) **CARTEEVA**

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique des données spatiales de l'évaporation, sur chaque carreau entier.

4) **CARTEFONTE**

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique des données spatiales de la fonte, sur chaque carreau entier.

5) **CARTENAPPE**

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique de la hauteur d'eau dans le réservoir NAPPE, sur chaque carreau entier.

6) **CARTENEIGE**

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique de l'équivalent en eau moyen du stock de neige au sol, sur chaque carreau entier, calculé à partir des valeurs en clairière et en forêt, pondérées suivant le pourcentage de superficie de ces deux zones.

7) **CARTEPLUIE**

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique de la précipitation liquide, sur chaque carreau entier.

8) **CARTESOL**

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique représentant la hauteur d'eau dans le réservoir SOL, sur chaque carreau entier.

9) **CARTETEMP**

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique représentant la température, sur chaque carreau entier.

10) **COEFIMP**

Ce vecteur permet de définir la fraction de surface imperméable sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX

pour laquelle on veut imposer une fraction de surface imperméable différente de TRI lue sur le vecteur SOL3.

11) **COEFINF**

Ce vecteur permet de définir le coefficient d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer un coefficient d'infiltration différent de CIN lu sur le vecteur SOL1.

12) **COEFINFILT**

Ce vecteur permet de définir carreau par carreau, les coefficients d'infiltration particuliers du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE.

13) **COEFVNB**

Ce vecteur permet de définir le coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer un coefficient de vidange bas du réservoir NAPPE différent de CVNB lu sur le vecteur SOL1.

14) **COEFVNH**

Ce vecteur permet de définir le coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer un coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE différent de CVNH lu sur le vecteur SOL1.

15) **COEFVSI**

Ce vecteur permet de définir le coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer un coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL différent de CVSI lu sur le vecteur SOL1.

16) **CONTRAINTE**

Ce vecteur permet de spécifier les cotes à atteindre pour certains jours, pour les barrages fictifs de code 2 (voir vecteur facultatif BARRAGE).

17) **CTP (Coefficient de Transfert Particulier)**

Vecteur donnant les coefficients de transfert particulier.

18) **DATARELEVE**

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on veut réajuster les stocks de neige sur le bassin à partir des relevés faits ces jours là.

19) **DEBITMOY**

Ce vecteur permet de réinitialiser le débit moyen sortant de chaque carreau partiel et les hauteurs d'eau dans les réservoirs, lorsque le modèle fonctionne par périodes discontinues (NBJRAN inférieur à 365 sur le vecteur obligatoire SIMULATION).

- 20) **EAUIRRIG**  
Ce vecteur permet de fixer les volumes d'eau qui seront prélevés dans chacun des réservoirs pour l'irrigation.
- 21) **EAUPOTAB**  
Ce vecteur permet de fixer les volumes d'eau qui seront prélevés dans les réservoirs pour l'eau potable.
- 22) **EVAPOBAR**  
Ce vecteur permet de fixer le pourcentage d'évaporation qui sera prélevé à la surface de chaque réservoir. Par défaut, aucune évaporation dans les réserves d'eau des barrages n'est prélevée.
- 23) **EVAPORIV**  
Ce vecteur permet de fixer les options d'évaporation en rivière. Par défaut, aucune évaporation en rivière n'est prélevée.
- 24) **EXUBIS**  
Le vecteur EXUBIS permet de définir une sortie supplémentaire sur un carreau partiel. C'est le cas d'un lac qui possède un second exutoire ou d'une dérivation partielle de l'eau transitant dans le carreau.
- 25) **HAUINF**  
Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer un seuil d'infiltration vers le réservoir NAPPE différent de HINF lu sur le vecteur SOL2.
- 26) **HAUINT**  
Ce vecteur permet de définir le seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant (mm). Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer un seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL différent de HINT lu sur le vecteur SOL2.
- 27) **HAUNAP**  
Ce vecteur permet de définir le seuil de vidange supérieure du réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant (mm). Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer le seuil de vidange supérieur du réservoir NAPPE différent de HNAP lu sur le vecteur SOL2.
- 28) **HAUPOT**  
Ce vecteur permet de définir spatialement le seuil (mm) de prélèvement de l'eau à taux potentiel, par évapotranspiration dans le réservoir SOL. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer un seuil d'évaporation à taux potentiel différent de HPOT lu sur le vecteur SOL2.
- 29) **HAURIMP**  
Ce vecteur permet de définir spatialement la lame d'eau nécessaire pour que débute le ruissellement sur les surfaces imperméables (mm). Ce vecteur définit la zone IMIN,

IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut imposer une lame d'eau nécessaire pour que débute le ruissellement différent de HRIMP lu sur le vecteur SOL2.

30) **HAUSOL**

Ce vecteur permet de définir la hauteur du réservoir SOL sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant (mm). Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut que la hauteur du réservoir SOL soit différente de HSOL lue sur le vecteur SOL2.

31) **HAUTEURMAX**

Ce vecteur définit la hauteur maximale possible d'emmagasinage pour les barrages de code 1 (vecteur facultatif BARRAGE).

32) **LAC**

Ce vecteur permet de tenir compte, pour le calcul des coefficients de transfert, des lacs chevauchant plusieurs carreaux partiels ou encore d'exclure du carreau partiel les lacs non situés sur le réseau d'écoulement.

33) **MODIF**

Ce vecteur permet de modifier les données physiographiques des carreaux entiers, après qu'elles eurent été lues sur le fichier des données physiographiques préparées.

34) **PREVIDET**

Vecteur permettant de spécifier les options et les dates pour la mise à jour déterministe des débits simulés par le modèle.

35) **PREVISTA**

Vecteur permettant de spécifier les options et les dates pour la mise à jour statistique des débits simulés par le modèle.

36) **RELEVE**

Ce vecteur permet d'initialiser en début de simulation, et avant chaque nouvelle période, les stocks de neige à chacune des stations météorologiques.

37) **SURFACE**

Ce vecteur permet de spécifier la superficie réelle de chacun des bassins versants correspondant aux stations hydrométriques réelles et aux stations fictives dans l'ordre défini par le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparés et le vecteur STATIONFIC. Les débits simulés seront corrigés en fonction de la superficie calculée par le modèle et la superficie réelle tel que spécifié sur ce vecteur.

38) **SURFIMPERM**

Vecteur donnant la fraction de surface imperméable de chaque carreau entier du bassin versant on doit introduire le nombre de vecteurs nécessaire pour introduire les NBCE coefficients..

39) **TURBINAGE**

Ce vecteur permet de spécifier les débits journaliers constants qui doivent être évacués des barrages.

**40) VALSSTN**

Vecteur permettant de définir le seuil de transformation pluie-neige, sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut que le seuil de transformation soit différent de STRNE lue sur le vecteur NEIGE.

**41) VALSTFC**

Vecteur permettant de définir le taux potentiel de fonte en forêt, sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut que le taux potentiel de fonte en forêt, soit différent de TFC lue sur le vecteur NEIGE.

**42) VALSTFD**

Vecteur permettant de définir le taux potentiel de fonte en clairière, sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut que le taux potentiel de fonte en clairière, soit différent de TFD lue sur le vecteur NEIGE.

**43) VALSTSC**

Vecteur permettant de définir le seuil de température de fonte en forêt, sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut que le seuil de température de fonte en forêt, soit différent de TSC lue sur le vecteur NEIGE.

**44) VALSTSD**

Vecteur permettant de définir le seuil de température de fonte en clairière, sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut que le seuil de température de fonte en clairière, soit différente de TSD lue sur le vecteur NEIGE.

**45) VALSTTS**

Vecteur permettant de définir la température du mûrissement du stock de neige, sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant. Ce vecteur définit la zone IMIN, IMAX, JMIN et JMAX pour laquelle on veut que la température de mûrissement du stock de neige, soit différente de TTS lue sur le vecteur NEIGE.

**46) VOLINIT (VOLUME INITIAL)**

Ce vecteur permet d'initialiser les volumes emmagasinés dans les barrages au premier jour de simulation.

**47) VOLIMIDEV**

Ce vecteur permet de fixer le volume minimal que doit contenir un barrage fictif (KODBAR=2) pour que le déversement soit calculé par le modèle.

### 5.7.3 Les vecteurs induits

Les informations contenues sur ces vecteurs est donnée aux Annexes I.3.1 à I.3.8.

1) **BARKOD5**

Ce vecteur permet de spécifier le nombre de lois pour évacuation dans le bassin versant et le nombre de lois pour le calcul des évacuations vers l'extérieur du bassin versant pour un barrage de code 5

2) **CORPREC (CORrection PRECipitations)**

Ce vecteur permet de modifier les précipitations sur chaque carreau entier. Ce vecteur est induit par la variable KPREC du vecteur obligatoire OPTION.

3) **DEBIT**

Ce vecteur est induit par le vecteur facultatif BARRAGE, lorsque ce dernier comporte des barrages de code 2 et 5.

4) **DEBITMOY**

Ce vecteur permet de réinitialiser le débit moyen sortant de chaque carreau partiel et les hauteurs d'eau dans les réservoirs, lorsque le modèle fonctionne par périodes discontinues (NBJRAN inférieur à 365 sur le vecteur obligatoire SIMULATION).

5) **INFBAR5**

Ce vecteur permet de spécifier le carreau d'évacuation vers l'extérieur du bassin versant et les dates d'application de la loi de vidange pour les barrages de code 5.

6) **NIVEAU**

Ce vecteur est induit par le vecteur facultatif BARRAGE, lorsque ce dernier comporte des barrages de code 1 ou 2 et donne la niveau-volume.

7) **RELEVEMOY**

Ce vecteur permet de réajuster l'équivalent en eau du manteau nival sur une partie ou l'ensemble du bassin versant.

8) **VOLUME**

Ce vecteur permet de calculer le volume dans un barrage en fonction du niveau d'eau est induit lorsque le code du barrage correspondant vaut 1.

## 5.8 Les messages d'avertissement et d'erreurs

Le programme vérifie les vecteurs et les options utilisés par l'utilisateur et s'il y a erreur ou incompatibilité, un message est produit. Selon le cas, trois types de messages peuvent être produits:

- a) certaines options sont soit inconsistantes, soit d'usage très particulier. Le programme produit un message d'avertissement "... ATTENTION etc ...", puis s'exécute normalement;

- b) certains vecteurs sont erronés. Le programme produit un message et va tenter de poursuivre ses lectures le plus possible, pour s'arrêter avant la phase de simulation proprement dite. Nous appellerons ce cas "erreur fatale en différé";
- c) les erreurs rencontrées sont trop graves ou se produisent lors de la simulation proprement dite. Le programme produit un message et s'arrête aussitôt.

Dans chaque cas, le message produit indique la cause de l'erreur et donne, entre parenthèse, le nom du programme ou du sous-programme qui a détecté l'erreur et la section du manuel où l'on peut trouver des informations supplémentaires sur les causes de l'erreur.

## 5.8.1 Les messages d'avertissement

### 5.8.1.1 Attention (dans ECRIRE), coefficient d'infiltration variable

Ce message signifie simplement que les vecteurs facultatifs COEFINFILT ont été utilisés. Les valeurs des coefficients seront produites ultérieurement.

### 5.8.1.2 Attention (dans ECRIRE), coefficient de transfert = X "y"ième station, carreau partiel numéro "z"

Lorsqu'un barrage est situé sur le bassin versant, le carreau partiel immédiatement en amont doit avoir un coefficient de transfert très proche de l'unité (Section 5.3.4). Toutefois, ce coefficient étant calculé automatiquement, cela peut ne pas être le cas.

Le programme produit ce message pour le carreau immédiatement en amont de chaque barrage, dont le coefficient de transfert est inférieur à 0,999.

Il est possible de redéfinir ces coefficients de transfert à l'aide des vecteurs facultatifs CTP.

### 5.8.1.3 Attention (dans AMORCE), modification des stations météorologique du fichier HYDROMETEO (HMC)

Ce message avertit que les stations météorologiques utilisées changent entre la date correspondant au début des données de la banque MÉTÉO et la date réelle de simulation.

### 5.8.1.4 Attention (dans CEQUEAU), NCP1 = i, hors limites

Le programme s'assure que le paramètre NCP1 dans le vecteur obligatoire SIMULATION, est compris dans l'intervalle [0, NBCP]. Dans le cas contraire, zéro est affecté à NCP1, ainsi qu'à NCE1, au lieu de la valeur rencontrée (NCE1 est le numéro du carreau entier contenant le carreau partiel NCP1).

### 5.8.1.5 Attention (dans ECRIRE), pourcentage de sol imperméable variable

Ce message signifie simplement que les vecteurs facultatifs SURFIMPERM ont été utilisés. Les pourcentages seront produits ultérieurement.

### 5.8.1.6 Attention (dans CEQUEAU), transfert supprimé

Ce message apparaît quand la variable MOTRAN du vecteur obligatoire OPTION vaut -1. Dans ce cas là, seule la phase production du modèle est activée. Cela est utile quand on ne s'intéresse qu'à l'enneigement au sol (voir vecteur facultatif CARTENEIGE).

### 5.8.1.7 Attention (dans EXPLOI), 50 itérations

Dans le cas d'un barrage avec contrainte sur les cotes journalières, le modèle essaie d'arriver à la cote imposée par dichotomie (Section 5.3.5).

S'il est impossible d'arriver à la cote imposée à 3 cm près, le message est produit, suivi des variables suivantes:

- volume évacué du barrage ( $Mm^3$ );
- cote à la cinquantième itération (m);
- cote imposée du jour (m);
- volume entrant dans le barrage ( $m^3$ );
- volume emmagasiné dans le barrage ( $Mm^3$ ).

### 5.8.1.8 Attention (dans DEBAR), 50 itérations, station i

Le calcul du débit sortant des réservoirs se fait par dichotomie, en résolvant l'équation  $g(x) = 0$  sur un intervalle  $[b, a]$  déterminé à chaque pas de temps (Section 5.3.5).

Le critère d'arrêt  $g$  est calculé à chaque pas de temps, avec:

$$g = \max(10, a/10\,000)$$

Ce message apparaît lorsque la longueur de l'intervalle  $[b, a]$  reste supérieure à  $g$  après 50 itérations.

Le modèle continuera de s'exécuter, en retenant pour solution de l'équation  $g(x) = 0$ , la valeur  $x = 1/2 (a_{50} + b_{50})$ , où  $a_{50}$  et  $b_{50}$  sont les valeurs des bornes à l'itération 50.

### 5.8.1.9 Attention (dans CEQUEAU), NTHIES = 1, NTEMP = 3 Le programme affecte la valeur 1 à NTEMP

Le programme affecte la valeur 1 à NTEMP et poursuit les calculs normalement. Ceci est nécessaire car si NTHIES = 1, il faut que NTEMP soit aussi égal à 1 (voir vecteur obligatoire OPTION).

**5.8.1.10 Attention (dans CEQUEAU), NTHIES = 3, NTEMP = 1 et COET = "X"**  
**Le programme affecte la valeur 3 À NTEMP**

Le programme affecte 3 à NTEMP et poursuit les calculs normalement. Ceci est nécessaire, car si COET est différent de zéro, NTEMP doit avoir la même valeur que NTHIES (voir vecteur obligatoire SOL3).

## **5.8.2 Les erreurs fatales différées**

### **5.8.2.1 Erreur (dans CEQUEAU), coïncidence carreau partiel = i**

Le modèle ne tolère pas la présence d'un second exutoire sur le carreau partiel i, où il y a déjà un barrage. Revoir les vecteurs facultatifs EXUBIS et BARRAGE pour éliminer cette coïncidence.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### **5.8.2.2 Erreur (dans CEQUEAU), date sur un vecteur "X" hors simulation**

où "x" représente l'un ou l'autre des mots-clé CARTEEVA, CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL, CARTETEMP ou DATERELEVE.

Les dates spécifiées doivent être postérieures au début de la simulation. Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### **5.8.2.3 Erreur (dans CEQUEAU), double définition de station, carreau partiel = i**

Le modèle vérifie que les stations fictives ne sont pas situées sur le même carreau partiel qu'une station hydrométrique. Le nombre i est le numéro du carreau partiel en cause.

Vérifier le vecteur facultatif STATIONFIC.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### **5.8.2.4 Erreur (dans CEQUEAU), fin des données météo le i-j-k**

La banque des données météorologiques n'a été créée que jusqu'au jour i-1, du mois j de l'année k. Lorsque la fin du fichier est rencontrée au début d'une nouvelle année de simulation, le programme s'arrête aussitôt. Dans le cas contraire, il y a sortie de la boucle journalière pour produire les résultats de la portion d'année simulée avant la détection de l'erreur, puis arrêt. Revoir le paramètre JFIN du vecteur obligatoire SIMULATION.

### 5.8.2.5 Erreur (dans CEQUEAU), le fichier commence en i

On demande de simuler le bassin versant à une date antérieure à l'année i, année où débute l'enregistrement des données météorologiques.

Revoir le paramètre JDEB du vecteur obligatoire SIMULATION ou la préparation des données hydrométriques et météorologiques.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### 5.8.2.6 Erreur (dans CEQUEAU), trop de stations

**NBSH = i**  
**NSTAT = j**  
**NBGRA = k**

On peut avoir au maximum 150 stations.

Si le fichier est correct (nombre de stations hydrométriques NBSH inférieur ou égal à 50), vérifier que le nombre de stations fictives NSFIC, ainsi que le nombre NB2E de carreaux à double exutoire (vecteur facultatif EXUBIS), respectent l'inégalité  $NSFIC + NB2E \leq 150$ .

Rappelons que l'on a  $NSTAT = NBSH + NSFIC$ .

Le programme tentera d'analyser les vecteurs suivants pour s'arrêter avant la boucle annuelle, mais il y a risque de débordement de mémoire aboutissant à un arrêt aléatoire.

### 5.8.2.7 Erreur (dans LIRFAC), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR INDUIT - NIVEAU -

Au moment de lire un vecteur induit NIVEAU, le mot-clé "x" a été lu. Pour chaque station, fictive ou réelle, pour laquelle on a déclaré un barrage de code 1 ou 2 (voir vecteur facultatif BARRAGE), on doit lire un vecteur induit NIVEAU.

Revoir l'ordre des vecteurs précédents et les codes de barrage sur le vecteur BARRAGE.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### 5.8.2.8 Erreur (dans AFFECT)

**Nombre de postes reconnus = i, sur fichier = j**  
**Numéro sur vecteur(\*.PAH)      Numéro sur fichier (\*.HMC)**

-----X <sub>1</sub> -----	-----Y <sub>1</sub> -----
-----X <sub>2</sub> -----	-----Y <sub>2</sub> -----
-----X <sub>j</sub> -----	-----Y <sub>j</sub> -----

Le fichier des données hydrométriques et météorologiques a été préparé avec j stations, mais la lecture des vecteurs obligatoires POSTEMETEO n'a permis d'en reconnaître qu'un nombre i.

Les X représentent les numéros lus sur vecteur et les Y ceux lus sur le fichier des données hydrométriques et météorologiques

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.9 Erreur (dans LIRFAC), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR INDUIT - VOLUME -**

Au moment de lire un vecteur induit VOLUME, le mot-clé "x" a été lu. Pour chaque station réelle pour laquelle on a déclaré un barrage de code 1 (voir vecteur facultatif BARRAGE), on doit lire un vecteur induit VOLUME.

Revoir l'ordre des vecteurs BARRAGE, NIVEAU, VOLUME et DEBIT.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.10 Erreur (dans AFFECT), i stations météo sur le carreau entier j**

Le modèle CEQUEAU ne tolère pas qu'il y ait plus d'une station météorologique par carreau entier. Il faut modifier les paramètres ICA et JCA des vecteurs obligatoires POSTEMETEO.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.11 Erreur (dans AMORCE), "X"ième station Station hydrométrique (fichier HMC) = j Station hydrométrique (fichier PBR) = k**

Il y a incompatibilité entre le numéro j d'une station hydrométrique définie dans le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées et le numéro k de cette même station définie dans le premier vecteur MARR. Cette erreur est apparue sur la "X"ième station.

Cette erreur découle d'une mauvaise création du fichier des données hydrométriques et météorologiques.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.12 Erreur (dans DURUB), dimensionnement incorrect**

**NBCE = i**

**NBCP = j**

**NBSH = k**

**NBPMAX = l**

La dimension actuel des vecteurs du programme nécessite que toutes les inégalités suivantes soient réalisées:

- nombre de carreaux entiers NBCE # 1000;
- nombre de carreaux partiels NBCP # 2500;
- nombre de stations hydrométriques NBSH # 50;
- nombre de stations météorologiques NBPMAX # 100.

Les nombres i, j, k et l représentent les valeurs réellement rencontrées.

#### **5.8.2.13 Erreur (dans DURUB), fichier (\*.PBR) non conforme bloc = "X"**

Les données du fichier des données physiographiques (extension PBR) ne sont plus compatibles avec le modèle CEQUEAU, à partir du bloc "x", qui est le nom du vecteur en défaut, à savoir l'un des suivants:

MARR INI  
MARR  
MACE  
MACP  
IJS

L'information à partir du bloc "x" est absente du fichier des données physiographiques; cette erreur découle d'une mauvaise création du fichier des données physiographiques.

Le programme tentera d'analyser les vecteurs suivants pour s'arrêter avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.14 Erreur (dans DURUB), système métrique nécessaire**

Les données météorologiques et hydrométriques doivent être dans le système métrique.

Le programme analysera les vecteurs de données et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.15 Erreur (dans LIRFAC), VECTEUR CTP**

Un numéro de carreau partiel dont on veut modifier le coefficient de transfert est négatif ou supérieur à NBCP, nombre total de carreaux partiels du bassin versant.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.16 Erreur (dans LIRFAC), VECTEUR EXUBIS, ICP = i, ICPBIS = j**

Le carreau partiel ICP, ayant un double exutoire, n'existe pas (i en dehors de l'intervalle [1, NBCP]), où le second exutoire n'est pas un numéro vraisemblable (j en dehors de l'intervalle [0, NBCP]).

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.17 Erreur (dans LIRFAC), VECTEUR MODIF, Code = i**

Seules sont modifiables les données physiographiques suivantes: pourcentage de lac, pourcentage de forêt, pourcentage de marais et altitude des carreaux entiers (code respectif 1, 2, 3 ou 4).

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.18 Erreur (dans LIRFAC), Code LAC = 1 pour l'exutoire**

Il ne peut pas y avoir de reconstitution de lac sur le carreau partiel de l'exutoire principal, puisque ce lac chevauche le carreau partiel numéro 1 et celui qui est en aval. Revoir les vecteurs facultatifs LAC.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.19 Erreur (dans LIRFAC), Jour = i sur VECTEUR CONTRAINTE**

Le modèle a rencontré une valeur i supérieure à 366. Seule la valeur de la cote imposée au jour i est sautée, le reste du vecteur est analysé.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.20 Erreur (dans LIRFAC), trop de barrages**

En raison des dimensions du programme, on ne peut pas définir plus de 100 barrages à l'aide des vecteurs facultatifs BARRAGE, que ce soit de code 1 ou 2.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.21 Erreur (dans LIRFAC), trop de barrages code 5**

En raison des dimensions du programme, on ne peut pas définir plus de 5 barrages de code 5 à l'aide des vecteurs facultatifs BARRAGE.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **5.8.2.22 Erreur (dans LIREFAC), trop de vecteurs "X"**

où "x" représente l'un ou l'autre des mots-clé suivants: CARTEEVA, CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL, CARTETEMP, DATERELEVE, CONTRAINTE ou EXUBIS. Voir les descriptions de ces vecteurs pour les restrictions.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### **5.8.2.23 Erreur (dans LIRFAC), "X" est un mot-clé des VECTEURS FACULTATIFS INCONNU ou DÉPLACÉ**

où "x" représente les 10 premiers caractères du vecteur lu.

Ce message est donné par le sous-programme LIRFAC, au cours du décodage des vecteurs facultatifs.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### **5.8.2.24 Erreur (dans LIRFAC), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR INDUIT - DEBIT -**

Au moment de lire un vecteur induit DEBIT, le mot-clé "x" a été lu. Pour chaque station fictive pour laquelle on a déclaré un barrage de code 2 (voir vecteur facultatif BARRAGE), on doit lire un vecteur induit DEBIT.

Revoir l'ordre des vecteurs BARRAGE, NIVEAU, VOLUME et DEBIT.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### **5.8.2.25 Erreur (dans LIRFAC), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire "N" VECTEURS "Y"**

En fonction des variables lues sur le fichier des données hydrométriques et météorologiques ou sur vecteur obligatoire, on peut être obligé de lire plusieurs vecteurs facultatifs de même mot-clé pour obtenir l'information complète.

Le programme calcule le nombre de vecteurs nécessaires (N) et essaie de les lire.

Si le mot-clé n'est pas reconnu pour les N vecteurs, le programme génère ce message où "Y" est le mot-clé qui doit être lu et "X" représente le mot-clé lu.

Revoir les vecteurs "Y". Le tableau suivant liste les vecteurs où cette erreur peut se produire et donne le nombre de vecteurs qui doivent être lus en fonction du format de lecture.

MOT-CLÉ	NOMBRE DE MOTS À LIRE	FORMAT	NOMBRE DE <sup>1</sup> VECTEURS À LIRE
BARRAGE	NSTAT	I5	NSTAT/14
COEFINFILT	NBCE	F5.4	NSTAT/14
HAUTEURMAX	NSTAT	F10.3	NSTAT/14
LAC	NBCP	I1	NBCP/70
MODIF	NBCE	I5	NBCE/14
RELEVE	NBPM * 2	F5.2	NBPM/7
SURFACE	NSTAT	F10.3	NSTAT/7
SURFIMPERM	NBCE	F5.4	NBCE/14
TURBINAGE	NSTAT	F10.3	NSTAT/7
VOLINIT	NSTAT	F10.3	NSTAT/7
VOLMIDEV	NSTAT	F10.3	NSTAT/7

où:

NSTAT : nombre total de stations (réelles et fictives);  
NBCE : nombre de carreaux entiers;

NBCP : nombre de carreaux partiels;  
NBPM : nombre de stations météorologiques.

Le programme tentera d'analyser les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### 5.8.2.26 Erreur (dans LIRFAC), trop de stations fictives

A la lecture des vecteurs facultatifs STATIONFIC, on a dépassé la limite permise par les dimensions actuelles du programme, de 100 stations fictives.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### 5.8.2.27 Erreur (dans CEQUEAU), la période à simuler est discontinu et chevauche deux années

JRDEP = i, JRFIN = j, NJRAN = k

En simulation discontinu, la période à simuler doit être comprise dans une même année.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

---

<sup>1</sup> Le nombre obtenu par la division est complété à l'unité supérieure.

### **5.8.2.28 Erreur (dans LIRFAC) numéro de stations fictives = "no" Nombre de carreaux partiels NBCP = nb"**

Le numéro "no" d'une station fictive est plus grand que le nombre de carreaux partiels "nb".

Les numéros des stations fictives doivent être compris entre 2 et NBCP.

### **5.8.2.29 Erreur (dans LIRBAR5), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR INDUIT - BARKOD5 -**

Au moment de lire un vecteur induit BARKOD5, le mot-clé "X" a été lu. Pour chaque station pour laquelle on a déclaré un barrage de code 5 (voir vecteur facultatif BARRAGE), on doit lire un vecteur induit BARKOD5.

Revoir l'ordre des vecteurs BARRAGE, BARKOD5, NIVEAU, VOLUME et DEBIT.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

### **5.8.2.30 Erreur (dans LIRBAR5), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR INDUIT - INFBAR5 -**

Au moment de lire un vecteur induit INFBAR5, le mot-clé "X" a été lu. Pour chaque station pour laquelle on a déclaré un barrage de code 5 on doit lire NBEVEX vecteurs vecteur induit INFBAR5 (voir BARKOD5 pour la variable NBEVEX).

Revoir l'ordre des vecteurs BARRAGE et , BARKOD5.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

## **5.8.3 Les erreurs entraînant un arrêt immédiat du programme**

### **5.8.3.1 NOMBRE D'ERREURS FATALES = i**

Ce message est la conséquence des erreurs fatales en différé, listées dans la section précédente.

### **5.8.3.2 Erreur (dans CEQUEAU), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé des VECTEURS OBLIGATOIRES**

où "x" représente les huit premiers caractères du vecteur lu.

Deux causes peuvent engendrer cette erreur:

- "x" ne correspond pas à un mot-clé autorisé pour les vecteurs obligatoires;
- "x" n'a pas été lu dans l'ordre prévu. Rappelons que les vecteurs obligatoires doivent être introduits en ordre (Section 5.4.1).

Lorsqu'un tel cas se produit, le programme liste les vecteurs suivants sans les analyser et s'arrête après le dernier vecteur.

### **5.8.3.3 Erreur (dans AMORCE), fin de fichier (\*.HMC) nombre de records lus = x**

Les données hydrométriques et météorologiques créées par le programme de préparation des données hydro-météorologiques est incomplet pour les dates de simulation demandées. Voir le Chapitre 3.

Le programme liste les vecteurs suivants, sans les analyser, et se termine.

### **5.8.3.4 Erreur (dans RESTOK), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR INDUIT - RELEVEMOY -**

Lors de la lecture des stocks de neige, afin de les réajuster, le programme n'a pas trouvé le mot-clé RELEVEMOY.

Le programme liste les vecteurs suivants, sans les analyser, et se termine.

### **5.8.3.5 Erreur (dans STOKAM), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR INDUIT - DEBITMOY - ou un VECTEUR FACULTATIF -RELEVE - ou - VOLINIT**

Pour le premier jour de chaque période discontinue de simulation, on doit lire obligatoirement un vecteur induit DEBITMOY et, facultativement, des vecteurs RELEVE et VOLINIT.

Dans le cas présent, aucun de ces trois mots-clé n'a été reconnu et "x" indique le mot lu. Vérifier l'ordre des vecteurs.

Le programme liste les vecteurs suivants et se termine.

### **5.8.3.6 Erreur (dans DEBAR), 50 changements de bornes, station i**

Il est impossible de calculer le débit sortant du réservoir de la station  $i$ . En effet, le modèle a tenté de trouver un intervalle  $[b, a]$  où l'équation  $g(x) = 0$  avait une racine (Section 4.3.5), mais cela n'était pas possible après 50 changements de bornes.

Après la détection de cette erreur, le modèle s'arrête. Il est possible que la loi donnant le débit en fonction de l'emmagasinement soit incorrecte. Revoir le vecteur induit DEBIT et s'assurer que la loi reste satisfaisante, même pour les valeurs extrêmes. Vérifier également que le volume initial dans le barrage (vecteur facultatif VOLINIT) est cohérent avec le débit du premier jour.

**5.8.3.7 Erreur (dans AFFECT), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR OBLIGATOIRE - POSTEMETEO -**

Au moment de lire les vecteurs obligatoires POSTEMETEO, on a rencontré le mot-clé "x".

Le programme liste les vecteurs suivants et s'arrête.

**5.8.3.8 Erreur (dans LIRFAC), le ou les VECTEURS FACULTATIFS - STATIONFIC - doivent être les premiers VECTEURS FACULTATIFS**

Si on utilise les vecteurs facultatifs STATIONFIC, ils doivent être placés après les vecteurs induits CORPREC, s'ils existent, sinon immédiatement après les vecteurs POSTEMETEO.

Le programme liste les vecteurs suivants et s'arrête.

**5.8.3.9 Erreur (dans STOKAM), "Y" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire "N" VECTEURS "X"**

En fonction du nombre de stations météorologiques et du nombre de stations hydrométriques réelles et fictives, on peut être obligé de lire plusieurs vecteurs RELEVE et VOLINIT.

Le programme calcule le nombre de vecteurs nécessaires

$$N = (\text{NBPM} * 2) / 14$$

ou

$$N = \text{NSTAT} / 7$$

et essaie de les lire. Si le mot-clé n'est pas reconnu pour les "N" vecteurs, le message ci-dessus est affiché, où "Y" représente le mot-clé qui a été lu.

Notons que cette erreur, avec les vecteurs RELEVE et VOLINIT, peut être détectée à deux endroits différents: soit dans LIRFAC, au début de la simulation, et dans STOKAM, si on simule des périodes discontinues.

Le programme liste les vecteurs suivants et s'arrête.

**5.8.3.10 Erreur (dans AFFECT) "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé. On doit lire un VECTEUR INDUIT - CORPREC -**

Si la variable KPREC du vecteur obligatoire OPTION est égale à 1, on doit nécessairement lire au moins un vecteur induit CORPREC à chaque fois qu'on affecte ou réaffecte les stations météorologiques sur le bassin versant.

Le programme liste les vecteurs suivants et s'arrête.

#### **5.8.3.11 Erreur (dans FCUN), "X" est un mot-clé inconnu ou déplacé ligne "J" du fichier "Y" . On doit lire un VECTEUR OBLIGATOIRE -**

"X" est le mot clé lu à la ligne "J".du fichier "Y"

Le programme liste les vecteurs suivants et s'arrête.

## **5.9 Ajustement des paramètres du modèle**

L'application du modèle CEQUEAU à un bassin versant nécessite l'ajustement des paramètres pour que le modèle reproduise le mieux possible les débits observés. L'ajustement des paramètres du modèle CEQUEAU se fait par essais et erreurs et par optimisation. Par essais et erreurs, on modifie les paramètres et on analyse les nouveaux résultats, pour déterminer si l'on doit continuer à modifier les paramètres et dans quel sens. Les essais permettent également de se familiariser avec les interactions des paramètres du modèle, c'est-à-dire de connaître le sens et l'amplitude des modifications de l'hydrogramme simulé apportées par la modification d'un paramètre. La procédure d'ajustement des paramètres varie d'un bassin versant à l'autre; on peut cependant en déterminer les étapes nécessaires et les règles générales. Normalement on utilise l'optimisation des paramètres après avoir fait l'ajustement préliminaire par essais et erreurs.

### **5.9.1 Premier essai**

Pour obtenir une première simulation, on doit préparer le fichier des paramètres et options de simulation (Section 5.4). Pour le premier essai, on peut simuler pour une période limitée de temps. Par exemple, même si les données météorologiques sont disponibles pour plusieurs années, on utilise, pour débiter, seulement une ou deux années complètes.

La valeur des paramètres pour le premier essai peut être déterminée de la façon suivante:

- les constantes sont déterminées à l'aide des caractéristiques hydrologiques et physiographiques du bassin versant étudié (ex.: latitude moyenne, temps de concentration, etc...);
- les paramètres déterminés en relation avec la physique du phénomène sont fixés par des études extérieures au modèle (ex.: paramètre de fonte de neige, coefficient de correction des précipitations en fonction de l'altitude, etc...);
- quant aux autres paramètres, aucune règle fixe ne peut en déterminer la valeur; seules l'expérience et la connaissance de leur interaction peuvent permettre un bon ajustement. Pour déterminer les valeurs de ces paramètres pour le premier essai, on peut prendre les valeurs utilisées pour la simulation d'un bassin versant voisin, si elles existent. Sinon, on peut utiliser les mêmes paramètres que ceux utilisés pour les bassin

versant de la rivière Eaton et Mistassibi pour une simulation à l'échelle journalière et du bassin versant Kénogami pour la simulation au pas de temps horaire. Les données de ces trois bassins versants sont distribuées avec le programme CEQUEAU. Les exemples qui suivent utilisent les données de ces bassins versants

## 5.9.2 Analyse des résultats

La vérification de l'ajustement du modèle se fait par l'analyse des résultats numériques et graphiques. Le modèle génère pour chaque essai simulé plusieurs fichiers qui serviront à analyser les résultats obtenus à l'aide de critères numériques ou graphiques.

### a) Analyse des résultats numériques

Pour chacune des stations hydrométriques du bassin versant étudié, et pour chaque année simulée, le modèle CEQUEAU calcule:

- la lame annuelle des débits observés et calculés;
- le coefficient de Nash

Le coefficient de Nash<sup>1</sup> (NTD), est défini par:

$$NTD = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (q_{ci} - q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^n (q_{oi} - \bar{q}_o)^2} \quad (5.44)$$

où:

$q_{ci}$  et  $q_{oi}$  : débits calculés et observés du jour  $i$ ;

$\bar{q}_{oi}$  : moyennes de  $q_{oi}$  sur les  $n$  jours servant au calcul du coefficient.

Il représente le rapport de la variance résiduelle à la variance des débits observés. Il vaut 1 lorsque les débits simulés  $q_{ci}$  sont identiques aux débits observés  $q_{oi}$ . À mesure que la différence entre les débits calculés et observés s'accroît, le coefficient décroît et peut même devenir négatif.

Le fichier,  $Q_{nom-de-l'essai}.STA$ , montre ces résultats pour chacune des stations hydrométriques réelles sur le bassin versant pour chaque année de la simulation. On peut également, avec les graphiques, obtenir les valeurs des lames d'écoulement, en

<sup>1</sup> Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. (1970). "Riverflow forecasting through conceptual model". Journal of Hydrology, 10: 282-290.

millimètres et les débits moyens journaliers ou mensuels, en m<sup>3</sup>/s, observés et calculés, ainsi que le coefficient de Nash pour différentes périodes.

b) Analyse des résultats présentés sur graphique

Les critères numériques vus précédemment nous permettent d'obtenir un indice global de la précision des simulations mais ils ne nous indiquent pas la partie du cycle hydrologique qui est simulée correctement. Des graphiques tels que l'hydrogramme, l'hyétogramme, la courbe des débits classés, etc, peuvent nous permettre l'analyse des simulations pour déterminer la précision des simulations des composantes spécifiques telles que les étiages, les crues, la fonte de neige, le synchronisme des débits calculés par rapport aux débits observés, etc. Pour faciliter cette étude, CEQUEAU permet de produire différents graphiques à partir des débits observés et calculés, des données météorologiques et avec des données spatiales utilisées pour les simulations.

Les graphiques disponibles et leur utilité seront montrés à la Section 5.9.4.

### 5.9.3 Modification des paramètres

En fonction des résultats obtenus lors des simulations précédentes, la modification des paramètres pour améliorer l'ajustement du modèle peut se faire en respectant les étapes suivantes:

- ajuster les paramètres pour que les lames annuelles des débits observés et calculés soient à peu près égales. Les paramètres à considérer sont ceux qui sont reliés à l'évapotranspiration pour augmenter ou diminuer l'écoulement annuel selon le cas. Le paramètre à considérer, en premier lieu, est HPOT (vecteur obligatoire SOL2). Les paramètres XAA et XIT (vecteur obligatoire SOL3), qu'on estime initialement à l'aide des températures moyennes mensuelles (voir section 1.12.1), peuvent également être modifiés.

La lame annuelle des débits calculés dépend également des données de précipitation. Si des études sur la qualité des données permettent de croire que les données d'une station sont fausses, on peut exclure cette station ou diminuer son influence en modifiant les I-J de cette station (vecteur obligatoire POSTEMETEO);

- si les données de précipitations ne sont pas représentatives d'une région, on peut augmenter ou diminuer les précipitations pour les rendre plus représentatives (vecteur induit CORPREC) ;
- ajuster les paramètres pour que les lames mensuelles des débits observés et calculés soient à peu près égales. Les paramètres à considérer sont ceux qui sont reliés à la fonte de neige et aux différents réservoirs;

- ajuster le synchronisme des crues. Les paramètres à considérer sont ceux qui sont reliés au transfert.

Règle générale, il apparaît plus utile de faire varier fortement le paramètre que l'on veut modifier. De plus, les paramètres n'étant pas tous indépendants les uns des autres, il est préférable de modifier un nombre restreint de paramètres par essai.

La version 4 du modèle CEQUEAU fournit un programme qui permet de déterminer la valeur des paramètres par optimisation (voir section 1.12.2 et 5.10) en fonction d'une des quatre fonctions objectives proposées à l'utilisateur. Ce programme doit cependant être utilisé judicieusement pour ne pas introduire des valeurs de paramètres qui non pas de sens physique.

## 5.10 Optimisation des paramètres

Le programme CEQUEOPT permet de trouver par optimisation la valeur de quelques paramètres du modèle, en maximisant ou minimisant une fonction objective afin de reproduire les débits observés avec un minimum d'erreur. L'exécution de ce programme est demandé dans le menu Outils.

### 5.10.1 Le programme d'optimisation

L'algorithme d'optimisation (BOTM) est basé sur la méthode de M.J.D. Powell<sup>1</sup>. Le programme principal et un exposé de la méthode sont donnés dans Optimization Techniques with Fortran<sup>2</sup>. Le programme permet d'optimiser simultanément vingt et un (21) paramètres choisis parmi vingt-huit (28) (voir Tableau 5.2). L'optimisation est faite avec une fonction objective choisie parmi quatre méthodes de calcul permettant une estimation de la précision des simulations. Le programme lit d'abord les paramètres du modèle, (extension .PAH) puis les paramètres d'optimisation, (extension PAO). Les données météorologiques et hydrométriques sont lues une première fois sur le fichier de données hydro-météo, (extension HMC). Ces données sont ensuite écrites sur un fichier temporaire. Il est recommandé d'utiliser un disque virtuel pour l'écriture du fichier temporaire, afin d'accélérer le traitement d'optimisation.

---

<sup>1</sup> POWELL, M.J.D. (1964). An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives. Computer j., 7, 155-162.

<sup>2</sup> KUESTER, J.L., MIZE, J.H. (1973). Optimisation Techniques with Fortran. MCGRAW-HILL BOOK COMPANY

### 5.10.2 Optimisation avec ou sans contrainte

L'algorithme d'optimisation BOTM permet une optimisation sans contrainte. Ainsi, les paramètres peuvent prendre n'importe quelles valeurs en autant qu'elles contribuent à minimiser la fonction objective. Deux cas peuvent se produire.

Dans le premier cas, les paramètres optimisés prennent des valeurs débordant de leur domaine. Par exemple, le coefficient de vidange du réservoir sol intermédiaire (CVSI) doit avoir une valeur entre 0.0 et 1.0. Si le programme d'optimisation avec contrainte fait un essai en utilisant une valeur en dehors de ces limites, la fonction objective est modifiée afin que le programme rejette cet essai.

Le deuxième cas se produit lorsque les paramètres prennent des valeurs qui n'ont pas de sens physique. Prenons par exemple le seuil de température de fonte de la neige en clairière (TSD). En optimisant, le programme cherche la valeur de TSD qui minimise la fonction objective, même si la valeur de TSD n'a aucun sens physique. Le résultat obtenu permet de simuler les débits avec un minimum d'erreur sur la période de calibration. Cependant, sur d'autres périodes, les résultats peuvent être très différents. C'est pourquoi, lorsque les paramètres optimisés ont des valeurs qui n'ont pas de sens physique, il est nécessaire d'intervenir dans l'optimisation pour leur imposer des limites en introduisant une modification dans la fonction objective.

L'algorithme BOTM ne permettant pas une optimisation avec contrainte, on peut quand même limiter la variation des paramètres hydrométéorologiques en modifiant la fonction objective. On peut également procéder à l'optimisation de façon normale pour ensuite, si nécessaire, imposer une valeur aux paramètres qui ne sont pas dans les limites que l'on s'est fixées. On reprend alors l'optimisation avec les paramètres qui sont demeurés dans les limites.

Si l'on désire optimiser avec contrainte, on doit modifier la fonction objective si un ou plusieurs paramètres prennent des valeurs hors limites. Dans ce cas, on donne une valeur plus grande que zéro à la variable COFOOB sur le vecteur OPTIMIS1, et on donne sur les vecteurs PAROPTxx, les valeurs minimum et maximum que l'on désire imposer aux paramètres à optimiser. La section suivante montre de quelle façon la fonction objective est modifiée. Cette méthode peut cependant entraîner des problèmes de convergence.

### 5.10.3 Fonction objective

Le programme cherche à établir la valeur des paramètres en minimisant les erreurs de simulation à l'aide d'une fonction objective. On peut choisir la fonction objective que l'on désire utiliser à l'aide de la variable NOFOB lue sur le vecteur OPTIMIS1.

### 5.10.3.1 Somme des carrées des différences (NOFOB = 1)

La fonction à minimiser est obtenue en calculant la somme des carrées des différences entre les débits journaliers observés et calculés pour toute la période de simulation, soit:

$$F = \sum_{n=1}^{NNE} \sum_{i=1}^{365} (QO_{ni} - QC_{ni})^2 \quad (5.45)$$

où:

$QO_{ni}$  : débits observés de l'année n et du jour i;

$QC_{ni}$  : débits calculés de l'année n et du jour i;

$NNE$  : nombre d'années simulées.

Si la variable COFOOB lue sur le vecteur OPTIMIS1 est supérieure à zéro, la fonction objective est modifiée si la valeur des paramètres optimisés dépasse les limites que l'on a fixées sur les vecteurs PAROPTxx. La modification est faite de la façon suivante:

$$F^* = F + \sum_{k=1}^{NPPAR} \text{MAX} [(COFOOB (XMIN_k - X_k) , 0.0] \quad (5.46)$$

$$+ \sum_{k=1}^{NPPAR} \text{MAX} [(COFOOB (X_k - XMAX_k) , 0.0]$$

où:

$F^*$  : fonction objective modifiée;

$COFOOB$  : paramètre de correction de la fonction objective. Ce paramètre est lu sur le vecteur OPTIMIS1;

$XMIN_k$  : valeur minimum du paramètre lue sur le vecteur PAROPTxx;

$X_k$  : valeur actuelle du paramètre optimisé;

$XMAX_k$  : valeur maximum du paramètre lue sur le vecteur PAROPTxx.

Note: La valeur à donner au paramètre COFOOB dépend de la grandeur de la fonction F. Si COFOOB n'est pas assez grand, la valeur finale du paramètre peut quand même être en dehors des limites imposées.

Si l'utilisation de COFOOB peut entraîner des problèmes de convergence. On peut alors diminuer la valeur de COFOOB ou ne pas optimiser le paramètre qui nuit à la convergence.

### 5.10.3.2 Critère NTD (NOFOB = 2)

La fonction à maximiser est obtenue en calculant le critère NTD à partir des débits observés et calculés pour toute la période de simulation. Le critère NTD a été proposé par Nash et Sutcliffe<sup>1</sup>. et retenu par l'Organisation Météorologique Mondiale pour l'intercomparaison des modèles hydrologiques<sup>2</sup>.

$$F = 1 - \frac{\sum_{n=1}^{NNE} \sum_{i=1}^{365} (QO_{ni} - QC_{ni})^2}{\sum_{n=1}^{NNE} \sum_{i=1}^{365} (QO_{ni} - \overline{QO})^2} \quad (5.47)$$

où:

$\overline{QO}$  : moyenne des débits observés

Le critère NTD varie de -4 à +1. La simulation est considérée parfaite pour NTD = 1. Un NTD négatif indique qu'il est préférable d'utiliser la moyenne à long terme  $\overline{QO}$ . Le programme BOTM minimisant la fonction objective, on doit utiliser -F pour trouver la valeur optimale des paramètres.

Si le paramètre COFOOB lu sur le vecteur OPTIMIS1 est supérieur à zéro et que la valeur des paramètres optimisés dépasse les limites que l'on a fixées sur les vecteurs PAROPTxx, la fonction objective est modifiée. La modification est faite de la façon suivante:

$$F^* = F + \sum_{k=1}^{NBPAP} \text{MAX} [(COFOOB (XMIN_k - X_k), 0.0)] + \sum_{k=1}^{NBPAP} \text{MAX} [(COFOOB (X_k - XMAX_k), 0.0)] \quad (5.48)$$

où:

$F^*$  : fonction objective modifiée;  
 $COFOOB$  : paramètre de correction de la fonction objective. Ce paramètre est lu sur le vecteur OPTIMIS1;

<sup>1</sup> NASH, J.E. and SUTCLIFFE, J.V. (1970). Riverflow forecasting through conceptual model. Journal of Hydrology, 10: 282-290.

<sup>2</sup> WMO (1986). Intercomparison of models of snowmelt runoff, Operational Hydrology Report No 23 WMO-No 646. Secretariat of World Meteorological Organization Geneva, Switzerland.

$XMIN_k$	:	valeur minimum du paramètre lue sur le vecteur PAROPTxx;
$X_k$	:	valeur actuelle du paramètre optimisé;
$XMAX_k$	:	valeur maximum du paramètre lue sur le vecteur PAROPTxx.

Note: La valeur de la fonction F étant généralement entre 0.0 et 1. La valeur à donner à COFOOB est d'environ 10.

L'utilisation de COFOOB peut entraîner des problème de convergence. On peut alors, soit diminuer la valeur de COFOOB, où ne pas optimiser le paramètre qui nuit à la convergence.

### 5.10.3.3 Somme des différences absolues (NOFOB = 3)

La fonction à minimiser est obtenue en calculant la somme des différences absolues entre les débits observés et calculés pour toute la période de simulation soit:

$$F' = \sum_{n=1}^{NNE} \sum_{i=1}^{365} | (QO_{ni} - QC_{ni}) | \quad (5.49)$$

Si le paramètre COFOOB lu sur le vecteur OPTIMIS1 est supérieur à zéro et que la valeur des paramètres optimisés dépasse les limites que l'on a fixées sur les vecteurs PAROPTxx, la fonction objective est modifiée. La modification est faite de la façon suivante:

$$F^* = F + \sum_{k=1}^{NPAR} \text{MAX} [ (\text{COFOOB} (XMIN_k - X_k) , 0.0 ] \quad (5.50)$$

$$+ \sum_{k=1}^{NPAR} \text{MAX} [ (\text{COFOOB} (X_k - XMAX_k) , 0.0 ]$$

où:

$F^*$	:	fonction objective modifiée;
$\text{COFOOB}$	:	paramètre de correction de la fonction objective. Ce paramètre est lu sur le vecteur OPTIMIS1;
$XMIN_k$	:	valeur minimum du paramètre lue sur le vecteur PAROPTxx;
$X_k$	:	valeur actuelle du paramètre optimisé;
$XMAX_k$	:	valeur maximum du paramètre lue sur le vecteur PAROPTxx.

Note: La valeur à donner à la variable COFOOB dépend de la grandeur de la fonction F. Si COFOOB n'est pas assez grand, la valeur finale du paramètre peut être en dehors des limites imposées.

L'utilisation de COFOOB peut entraîner des problèmes de convergence. On peut

alors, soit diminuer la valeur de COFOOB, soit ne pas optimiser le paramètre qui nuit à la convergence.

#### 5.10.3.4 Critère NS (NOFOB = 4)

La fonction à maximiser est obtenue en calculant le critère NS à partir des débits observés et calculés pour toute la période de simulation. Le critère NS a été retenu par l'Organisation Météorologique Mondiale pour l'intercomparaison des modèles hydrologique<sup>[4]</sup>. **Ce critère peut être utilisé que si on simule plus d'un an.**

$$F = 1 - \frac{\sum_{n=1}^{NNE} \sum_{i=1}^{365} (QO_{ni} - QC_{ni})^2}{\sum_{n=1}^{NNE} \sum_{i=1}^{365} (QO_{ni} - \overline{QO}_i)^2} \quad (5.51)$$

où:

$\overline{QO}_i$  : moyenne du jour i des débits observés

Le critère NS varie de -4 à +1. Nous avons une simulation parfaite pour NS = 1. Un NS négatif indique qu'il est préférable d'utiliser la moyenne journalière  $\overline{QO}_i$ . Le programme BOTM minimisant la fonction objective on doit utiliser -F pour trouver la valeur optimale des paramètres.

Si le paramètre COFOOB lu sur le vecteur OPTIMIS1 est supérieur à zéro et que la valeur des paramètres optimisés dépasse les limites que l'on a fixées sur les vecteurs PAROPTxx, la fonction objective est modifiée. La modification est faite de la façon suivante:

$$F^* = F + \sum_{k=1}^{NBPAP} \text{MAX} [(COFOOB (XMIN_k - X_k), 0.0] \\ + \sum_{k=1}^{NBPAP} \text{MAX} [(COFOOB (X_k - XMAX_k), 0.0] \quad (5.52)$$

où:

- $F^*$  : Fonction objective modifiée;
- $COFOOB$  : paramètre de correction de la fonction objective. Ce paramètre est lu sur le vecteur OPTIMIS1;
- $XMIN_k$  : valeur minimum du paramètre lue sur le vecteur PAROPTxx;
- $X_k$  : valeur actuelle du paramètre optimisé;
- $XMAX_k$  : valeur maximum du paramètre lue sur le vecteur PAROPTxx.

Note: La valeur de la fonction  $F$  étant généralement entre 0.0 et 1. La valeur à donner à COFOOB est d'environ 10.

L'utilisation de COFOOB peut entraîner des problèmes de convergence. On peut alors, soit diminuer la valeur de COFOOB, soit ne pas optimiser le paramètre qui nuit à la convergence.

#### 5.10.4 Vecteurs de données

En plus des vecteurs des paramètres du modèle CEQUEAU (extension PAH), la mise en opération du programme d'optimisation nécessite la lecture du fichier de paramètres d'optimisation (extension PAO). Dans ce fichier on a deux vecteurs obligatoires, suivis d'un certain nombre de vecteurs induits qui dépend du nombre de paramètres que l'on veut optimiser.

Tous les vecteurs du modèle CEQUEAU (extension PAH) peuvent être lus mais ils ne sont pas toujours pris en considération. Par exemple, on peut faire lire le vecteur CARTEPLUIE par le programme d'optimisation mais aucune donnée relative à la pluie ne sera imprimée ni conservée. Le premier vecteur lu par le programme d'optimisation a pour mot-clé OPTIMIS1. Ce vecteur est obligatoire et donne les informations générales relatives à l'optimisation que l'on veut effectuer.

Le vecteur OPTIMIS2, deuxième vecteur obligatoire, donne le numéro des paramètres à optimiser tel que donnés au Tableau 5.2. Ce deuxième vecteur est suivi de NBPARG vecteurs induits, où NBPARG est le nombre de paramètres que l'on désire optimiser. Ces vecteurs induits ont pour mot-clé PAROPTxx, où xx est le numéro du paramètre. Les vecteurs induits donnent les informations pour chaque paramètre que l'on veut optimiser.

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée à l'annexe H. Le programme d'édition des paramètres du modèle CEQUEAU permet de préparer les vecteurs nécessaires pour faire fonctionner le programme d'optimisation.

#### 5.10.5 Remarques

L'utilisation du programme d'optimisation est simple et permet d'obtenir rapidement les valeurs des paramètres qui minimisent les différences entre les débits observés et les débits calculés pour la période d'optimisation. Cependant, pour s'assurer que les valeurs des paramètres permettent aussi d'obtenir des résultats satisfaisants sur d'autres périodes, il est important de conserver une période qui sera utilisée pour la vérification.

Le programme modifie la valeur des paramètres pour minimiser les erreurs, même si la valeur des paramètres n'a pas de sens physique. Par exemple, prenons le cas hypothétique où l'on optimise le taux de fonte en forêt (TFC). On s'attend à trouver une valeur positive alors que le programme peut converger vers une valeur négative si les erreurs de simulation diminuent. Dans ce cas, il est évident que les résultats n'ont pas de sens et que le programme "corrige" des erreurs sur les données d'entrée ou des erreurs

sur les valeurs utilisées pour les autres paramètres. On doit, dans ce cas, soit trouver la cause de l'erreur et reprendre l'optimisation, soit assigner une valeur qui a un sens physique au paramètre. Même si tous les paramètres n'ont pas une limite physique aussi facile à déterminer, il est important de s'interroger sur la valeur obtenue pour chaque paramètre optimisé.

**Tableau 5.2 Liste des paramètres que l'on peut optimiser**

No.	Nom	Description
1	STRNE	Seuil de transformation pluie-neige (°C).
2	TFC	Taux potentiel de fonte en forêt (mm/°C/jour).
3	TFD	Taux potentiel de fonte en clairière (mm/°C/jour).
4	TSC	Seuil de température de fonte en forêt (°C).
5	TSD	Seuil de température de fonte en clairière (°C).
6	TTD	Coefficient de déficit calorifique. L'optimisation de ce paramètre provoque l'arrêt du programme parce qu'il ne modifie pas suffisamment la fonction objective.
7	TTS	Température du mûrissement du stock de neige (°C).
8	CIN	Coefficient d'infiltration dans le réservoir NAPPE. Le coefficient doit être le même pour tous les carreaux entiers.
9	CVMAR	Coefficient de vidange du réservoir LACS et MARAIS.
10	CVNB	Coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE.
11	CVNH	Coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE.
12	CVSB	Coefficient de vidange basse du réservoir SOL.
13	CVSI	Coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL.
14	XINFMA	Infiltration maximale (mm/jour).
15	HINF	Seuil d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE (mm).
16	HINT	Seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL (mm).
17	HMAR	Seuil de vidange du réservoir LACS et MARAIS (mm).

18	HNAP	Seuil de vidange supérieure du réservoir NAPPE (mm).
19	HPOT	Seuil de prélèvement de l'eau à taux potentiel, par évapotranspiration (mm).
20	HSOL	Hauteur du réservoir SOL (mm).
21	HRIMP	Lame d'eau nécessaire pour que débute le ruissellement sur les surfaces imperméables (mm).
22	COEP	Coefficient de correction des précipitations annuelles en fonction de l'altitude (mm/mètre/an). Pour optimiser ce paramètre les vecteurs CORPREC (voir manuel de référence du modèle CEQUEAU-ONU section 5.4.3 et Annexe I.3.8) ne doivent pas être utilisées.
23	EVNAP	Fraction de l'évapotranspiration prise dans le réservoir NAPPE (de 0.0 à 1.0).
24	TRI	Fraction de surface imperméable des carreaux entiers (de 0.0 à 1.0). La fraction doit être la même pour tous les carreaux.
25	XAA	Exposant de la formule de Thornthwaite.
26	XIT	Valeur de l'index thermique de Thornthwaite.
27	COET	Correction des températures en fonction de l'altitude (°C/1 000 m).
28	EXXKT	Paramètre d'ajustement des coefficients de transfert d'un carreau partiel à l'autre, pour le pas de temps d'une journée.

## 5.11 Résultats du programme

Selon les options choisies dans le fichier des paramètres du modèle (extension PAH), le programme crée de 6 à 15 fichiers qui peuvent être utilisés pour analyser, à l'aide des graphiques, la précision des simulations ou pour conserver les débits calculés à différents endroits sur le bassin versant. Chaque fichier créé porte le nom de la simulation suivie de l'une des extensions suivantes.

### 5.11.1 Fichiers toujours créés

Pour chaque simulation les six fichiers suivant sont créés. Ces fichiers couvrent la période complète de la simulation et les données sont au même pas de temps que celui utilisé pour la simulation:

SIM	Fichier des résultats généraux;
DJO	Fichier des débits ou niveaux observés et calculés aux stations hydrométriques réelles;
TPF	Fichier des températures, de la pluie et de fonte moyenne sur chaque bassin ayant une station hydrométrique réelle.
DSP	Fichier des données spatiales du bassin versant;
HSN	Fichier des hauteurs d'eau dans les réservoirs SOL et Nappe sur chaque bassin ayant une station hydrométrique réelle;
STA	Fichier des statistiques annuelles des débits observés et calculés aux stations hydrométriques réelles;

#### 5.11.1.1 Fichier des résultats généraux (extension SIM)

Ce fichier est toujours créé et contient les informations générales sur la simulation. On retrouve entre autres sur ce fichier:

- C le nom des fichiers utilisés pour la simulation;
- C les valeurs des paramètres utilisés pour la simulation;
- C le ou les numéros des stations météorologiques affectées à chaque carreau entier et la pondération pour chaque station;
- C les facteurs de correction des données météorologiques pour chacun des carreaux entiers;
- C les coefficients de transfert calculés pour chaque carreau partiel;
- C les résultats intermédiaires, s'ils ont été demandés (vecteur OPTION, paramètres JD1, JF1, NF1 et NCP1);

- C la comparaison des lames d'eau mensuelles et annuelles observées et calculées à chaque station hydrométrique;
- C les coefficients de précisions de Nash et de corrélation, calculés à partir des débits observés et simulés;
- C les réserves d'eau dans les réservoirs et les quantités de neige au sol, en forêt et en clairière à la fin de chaque année;
- C les informations sur les données utilisées pour la reconstitution si la reconstitution des débits en amont des barrages de code 1 a été demandée.

### 5.11.1.2 Fichier des débits journaliers (extension DJO)

Ce fichier est toujours créé. Il contient cinq séries d'informations générales suivies des débits de chaque pas de temps observés et calculés pour chacune des stations hydrométriques.

Les cinq séries d'informations générales donnent:

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: la date du début et la date de fin de la simulation, le nombre de jours simulés par an et le numéro du mois de l'année hydrologique, le nombre de stations hydrométrique et le nombre de bassins reconstitués;
- C les numéros des stations hydrométriques du bassin versant;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations hydrométriques;
- C le code de calcul des stations hydrométriques tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE. Si la reconstitution des débits en amont des barrages de code 1 a été demandé, ces débits sont introduits à la suite des stations hydrométriques en donnant le même numéro que la station barrage et le code 4 pour indiquer que ce sont des débits reconstitués;
- C une ligne de commentaires.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque pas de temps de la simulation, la date (année, mois, jour et période) et les débits du pas de temps observés et calculés aux stations hydrométriques. La valeur -1.0 indique un manque de donnée.

### 5.11.1.3 Fichier de la température de la pluie et de la fonte moyenne journalière (extension TPF)

Ce fichier est toujours créé. Il contient cinq séries d'informations générales suivies de la température, de la pluie et de la fonte moyenne du pas de temps sur le bassin versant principal et sur les sous-bassins versants ayant une station hydrométrique (maximum 50).

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: la date du début et la date de fin de la simulation, le nombre de jours simulés par an et le numéro du mois de l'année hydrologique, le nombre de stations hydrométrique et le nombre de bassins reconstitués;
- C les numéros des stations hydrométriques du bassin versant;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations hydrométriques;
- C le code de calcul des stations hydrométriques tel que spécifié sur le vecteur

BARRAGE. Si la reconstitution des débits en amont des barrages de code 1 a été demandé, ces débits sont introduits à la suite des stations hydrométriques en donnant le même numéro que la station barrage et le code 4 pour indiquer que ce sont des débits reconstitués;

- C une ligne de commentaires.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque pas de la simulation, la date (année, mois, jour et la période) et les températures moyennes de l'air, la précipitation moyenne et la fonte moyenne calculée pour le bassin versant principal et pour les sous-bassins versants ayant une station hydrométrique.

#### 5.11.1.4 Fichier des données spatiales (extension DSP)

Ce fichier est toujours créé. Il contient des informations générales sur le bassin versant principal et les sous-bassins. En fonction des options demandées, on peut également retrouver pour les jours demandés, la fonte, la température, la pluie, la quantité de neige au sol et les lames d'eau dans les réservoirs SOL et NAPPE pour tous les carreaux entiers du bassin versant.

Les six séries d'informations générales donnent:

- C le nombre de carreaux entiers sur le bassin versant et le nombre de bassins versant;
- C le numéro des carreaux partiels où se situent les stations hydrométriques;
- C le numéro des carreaux entiers où se situent les stations hydrométriques;
- C les numéros des stations hydrométriques du bassin versant;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations hydrométriques;
- C le code de calcul des stations hydrométriques tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE;
- C une ligne de commentaires

Les informations que l'on retrouve à la suite sur ce fichier sont:

- C les coordonnées (I-J) des stations météorologiques utilisées pour la simulation;
- C une ligne de commentaires
- C les coordonnées (I-J) des carreaux entiers appartenant au bassin versant principal;
- C une ligne de commentaires
- C l'altitude moyenne (m), le pourcentage de lac et marais et le pourcentage de forêt pour chacun des carreaux entiers du bassin versant (ces données sont identifiées par une ligne de commentaires)

Les lignes suivantes donnent, pour le bassin versant principal et pour chacun des sous-bassins, un chiffre indiquant si le carreau entier appartient au bassin versant. Si le carreau entier n'appartient pas au bassin versant, on retrouve le chiffre zéro (0).

En fonction des options demandées, on peut également retrouver sur ce fichier, pour chaque

carreau entier du bassin versant et pour chaque pas de temps demandé, les données suivantes: l'évaporation, la fonte, la température de l'air, la pluie, la quantité de neige au sol et les lames d'eau dans les réservoirs SOL et NAPPE. On spécifie les jours où l'on veut obtenir ces informations à l'aide des vecteurs facultatifs CARTEEVA, CARTEFONTE, CARTETEMP, CARTEPLUIE, CARTENEIGE, CARTESOL et CARTENAPPE.

#### **5.11.1.5 Fichier des hauteurs d'eau dans les réservoirs, d'évaporation et stock de neige moyennes sur le bassin (extension HSN)**

Ce fichier est toujours créé. Il contient cinq séries d'informations générales suivies des hauteur d'eau dans les réservoirs de l'évaporation réelle et des stocks de neige en forêt et en clairière moyen sur le bassin versant principal pour de chaque pas de temps de la simulation.

Les cinq séries d'informations générales donnent:

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: la date du début et la date de fin de la simulation, le nombre de jours simulés par an et le numéro du mois de l'année hydrologique, le nombre de stations hydrométrique et le nombre de bassins reconstitués;
- C les numéros de la station hydrométrique principale;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) du bassin versant;
- C le code de calcul de la stations hydrométrique tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE;
- C une ligne de commentaires

Les lignes suivantes donnent, pour le bassin versant principal, la date (année, mois, jour et période) puis la hauteur d'eau dans les réservoirs SOL, NAPPE, LACS-MARAIS, l'évaporation réelle sur le bassin versant et les stocks de neige en forêt et en clairière. Ces valeurs sont les moyennes sur le bassin versant principal.

#### **5.11.1.6 Fichier des statistiques annuelles des débits observés et calculés généraux (extension STA)**

Ce fichier est toujours créé. Il donne pour chaque année de la simulation les lames d'eau observées et calculées sur le bassin versant principal et les sous-bassins. Il donne également les différences entre les lames observées et calculées et le coefficient de Nash.

### **5.11.2 Fichiers optionnels**

Selon les options choisies l'un ou plusieurs des fichiers suivants seront créés

- |     |   |
|-----|---|
| DFI | Fichier des débits ou niveaux calculés aux stations fictives; |
| PRE | Fichier des débits prévus à court terme;                      |

PMT	Fichier des débits prévus à moyen terme;
PMR	Fichier des débits prévus à toutes les stations réelles pour toute la durée des prévision à moyen terme;
PMF	Fichier des débits prévus à toutes les stations fictives pour toute la durée des prévision à moyen terme;
PLN	Fichier des températures, précipitations (Pluie+neige) et fonte moyenne sur les bassins versants avec hydrométriques réelles;
ETA	Fichier qui garde les variables d'état du système pour faciliter la mise à jour manuelle;
MAJ	Fichier qui garde les mises à jour manuelles apportées au système;
ERS	Fichier des erreurs produit seulement si la simulation ne se termine pas normalement.

Selon les options choisies l'un ou plusieurs des fichiers suivants seront créés

### 5.11.2.1 Fichier des débits journaliers calculés aux stations fictives (extension DFI)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que si l'on désire calculer les débits ailleurs qu'aux stations hydrométriques. Dans ce cas, le vecteur STATIONFIC est utilisé pour déterminer les carreaux partiels où l'on désire calculer les débits. Ce fichier contient cinq séries d'informations générales suivies des débits au pas de temps calculés pour chacune des stations fictives (maximum (100)).

Les cinq séries d'informations générales donnent:

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: l'année, le mois, le jour du début et de la fin de la simulation, le nombre de jours simulés par an et le numéro du mois de l'année hydrologique et le nombre de stations fictives;
- C les numéros des carreaux partiels des stations fictives (maximum 100);
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations fictives;
- C le code de calcul des stations fictives tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE.
- C une ligne de commentaires

Les lignes suivantes donnent, pour chaque pas de temps de la simulation, la date (année, mois, jour et période ) et les débits au pas de temps calculés aux stations fictives.

### 5.11.2.2 Fichier des débits prévus à court terme (extension PREI)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que si l'on demande la prévision en temps réel. Il contient six lignes d'informations générales suivies des débits prévus.

Les six lignes d'informations générales donnent:

- C la période du début et de la fin de la prévision, le nombre de jours simulés par an, le nombre de période par jour, code pour prévision à une station réelle (0=non, 1=oui), code pour prévision à une station fictive (0=non, 1=oui), et le nombre de pas de prévision;
- C les numéros de la station;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) du bassin versant;
- C le code de calcul de la stations hydrométrique tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE;
- C le numéro de la station (1 à NSTAT)
- C une ligne de commentaires

Les lignes suivantes donnent la date (année, mois, jour et période) puis les débits observés et prévus pour le nombre de pas de prévision. Si il n'existe pas de débit pour la date de prévision ou si la prévision est faite à une station fictive on retrouve -1.00 (code de manque de donnée) pour le débit observé.

### 5.11.2.3 Fichier des débits prévus à moyen terme (extension PMT)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que si l'on demande la prévision à moyen terme (voir le vecteur PREVIDET) . Il contient cinq lignes d'informations générales suivies des débits prévus à moyen terme.

Les six lignes d'informations générales donnent:

- C la période du début et de la fin de la prévision, le nombre de jours simulés par an, le nombre de période par jour, code pour prévision à une station réelle (0=non, 1=oui), code pour prévision à une station fictive (0=non, 1=oui), l'année du début (NAD) et de fin (NAF) des données météo historiques utilisées et le nombre de jour de prévision(NJPRE)
- C les numéros de la station;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) du bassin versant;
- C le code de calcul de la stations hydrométrique tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE;
- C le numéro de la station (1 à NSTAT)
- C une ligne de commentaires

Après on retrouve sur une ligne l'année des données météo utilisées et la première date de prévision puis les NJPRE données prévues. Après on donne sur une première ligne l'année des données météo utilisées et ensuite les NJPRE prévisions. Cette information se répète pour toutes les années et après on recommence pour une autre date.

#### 5.11.2.4 Fichier des débits prévus aux stations réelles (extension PMR)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que, si l'on désire sauvegarder les débits prévus à court et moyen terme aux stations réelles. Cette demande est faite à l'aide de la variable KFDMT du vecteur OPTION. Il contient cinq lignes d'informations générales suivies des débits prévus à court terme puis à moyen terme.

Les cinq lignes d'informations générales donnent:

- C la date du début et de fin de la prévision, le nombre de jours simulés par an et le nombre de période par jour et le nombre de stations hydrométriques réelles;
- C les numéros des stations réelles;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants des stations;
- C une ligne de commentaires avec le nombre de prévisions à court terme (NBCT)
- C une ligne vierge

Après on retrouve NBCT lignes qui donne la date et les débits prévus à court terme.

Une ligne vierge.

Une ligne de commentaires avec la période (NAD et NAF) et le nombre de jours de prévision à moyen terme.

Une ligne vierge

Une série de lignes donnant la date et les débits prévus à moyen terme aux stations réelles pour tous les jours de prévision. La série se répète pour les années NAD à NAF.

#### 5.11.2.5 Fichier des débits prévus aux stations fictives (extension PMF)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que, si l'on désire sauvegarder les débits prévus à court et moyen terme aux stations fictives. Cette demande est faite à l'aide de la variable KFDMT du vecteur OPTION. Il contient cinq lignes d'informations générales suivies des débits prévus à court terme puis à moyen terme. Ce fichier a exactement le même format que le fichier TPR sauf que dans ce cas ci les débits sont ceux simulés aux stations fictives.

#### 5.11.2.6 Fichier des températures, des précipitations totales et fonte moyenne (extension PLN)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que, si l'on désire sauvegarder les températures, les précipitations totales (Pluie + neige) et la fonte moyenne sur le bassin versant. Cette demande est faite à l'aide de la variable KODPN du vecteur OPTION. Ce fichier a exactement le même format que le fichier TPF sauf que dans ce cas ci la précipitation totale (pluie + neige) remplace la précipitation liquide du fichier TPF.

#### 5.11.2.7 Fichier des variables d'état du système (extension ETA)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que, si l'on désire faire la mise à jour manuelle. Cette demande est faite à l'aide de la variable MAJMAN du vecteur OPTION. Ce fichier donne la valeur de quelques variables utilisées par le modèle dans le but de faciliter les corrections de ces variables par la mise à jour manuelle.

Il contient deux lignes d'informations générales suivies des variables d'état.

Les deux lignes d'informations générales donnent:

- C la description des données qui sont gardées
- C la variable MAJMAN qui représente combien de pas de temps avant le début de la mise à jour on doit garder les variables d'état et le nombre de prévision à court terme.

Les variables gardées sont: la précipitation, la fonte, la température, la hauteur d'eau dans les réservoirs SOL et NAPPE, la quantité d'eau dans le transfert et la transformation pluie-neige.

Toutes ces variables sont des valeurs moyennes sur le bassin versant principal

#### 5.11.2.8 Fichier des mise à jour manuelle (extension MAJ)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que, si l'on fait la mise à jour manuelle. Cette demande est faite à l'aide de la variable MAJMAN du vecteur OPTION, et les corrections seront introduite dans ce fichier lors de l'analyse graphique des débits observés et simulés pour les MAJMAN pas de temps précédent le début de la prévision à court terme. Chaque ligne de ce fichier donne la correction que l'on veut faire aux variables d'état. Sur chaque ligne on retrouve: un code 1 ou zéro (1 indique que la correction est active, 0 implique que l'on ne fait pas la correction), la date du début et de la fin de la correction (année, mois, jour et la période), le nom de la variable à corriger, la correction absolue et finalement la correction relative.

Le nom des variables à corriger que l'on peut retrouver dans ce fichier sont: PLUIE, FONTE, TEMP, SOL, NAPPE et TRANS.

#### 5.11.2.9 Fichier des erreurs (extension ERS)

ce fichier est créé seulement si la simulation ne se déroule pas normalement, le programme écrit alors dans ce fichier un message pour décrire le genre d'erreur rencontré et s'arrête. La lecture de ce fichier facilite la correction à faire avant de relancer la simulation.

## 5.12 Exemple d'utilisation

Pour illustrer les données nécessaires à la simulation de quantité ainsi que les résultats obtenus, cette section montre une application sur le bassin versant de la rivière EATON (Figure 5.11). Tous les fichiers nécessaires à la préparation des données physiographiques, météorologiques et hydrométriques sont données, ainsi que le fichier des paramètres pour les simulations. La rivière Eaton est située au sud du Québec et a un bassin versant de 629 km<sup>2</sup>. La superficie des carreaux utilisés est de 16 km<sup>2</sup>. Il y a huit stations hydrométriques sur le bassin versant et 10 stations météorologiques sont utilisées pour les simulations. Les options ont été choisies afin de limiter la dimension des fichiers des résultats.

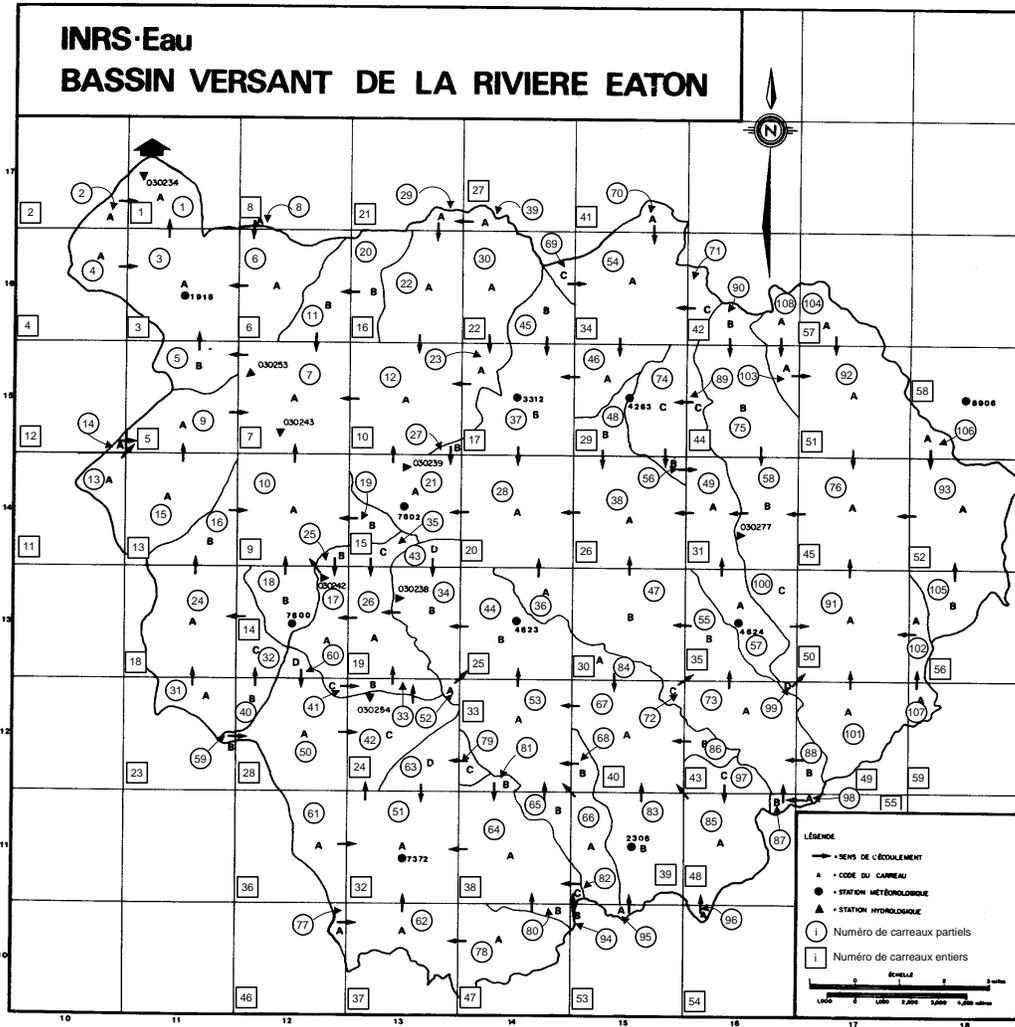


Figure 5.11 Schématisation du bassin versant de la rivière Eaton.

### 5.12.1 Les vecteurs de données d'entrée du programme

Le Tableau 5.3 donne la liste des vecteurs nécessaires au programme pour simuler les débits pour les années 1973 et 1974. Tous les vecteurs facultatifs et induits qui peuvent être utilisés avec le modèle ne sont pas introduits puisque l'essai a volontairement été limité.

Pour débiter les simulations sur d'autres bassins versants, on peut utiliser les mêmes paramètres, sauf ceux qui dépendent réellement du bassin versant ou d'une région, tels que: latitude moyenne du bassin versant, temps de réponse, gradient de pluviométrie, etc. Ces paramètres ne donneront pas nécessairement des résultats finaux mais peuvent être utilisés comme première simulation pour le calage du modèle.

### 5.12.2 Analyse des résultats généraux

Il est important de vérifier les paramètres listés dans le fichier des résultats généraux (extension .SIM) afin de s'assurer qu'il n'y a pas eu d'erreur d'introduction sur le fichier des paramètres (.PAH). Il est intéressant également d'observer sur ce fichier le poids relatif de chacune des stations météorologiques, les valeurs des coefficients de transfert et les informations générales afin de s'assurer qu'il n'y a pas eu d'erreur dans les options demandées.

### 5.12.3 Analyse des résultats numériques

Le fichier des résultats généraux et des statistiques annuelles (extension SIM et STA) contient les résultats numériques que l'on doit vérifier afin de valider la simulation. Ces résultats sont:

- C les lames annuelles des débits observés et calculés pour toutes les années afin de s'assurer qu'il n'y a pas d'erreur systématique. Si on observe une erreur systématique, comme par exemple les lames des débits calculés toujours trop élevées par rapport à celles des débits observés, on doit refaire la simulation en modifiant les paramètres d'évaporation pour obtenir un meilleur ajustement des lames annuelles.
- C les lames mensuelles (à l'aide du graphique des débits à l'échelle mensuelle) afin de s'assurer qu'il y a correspondance entre les lames des débits observés et calculés. Si on observe des erreurs systématiques, on doit refaire la simulation pour obtenir des lames mensuelles observées et calculées semblables. Les paramètres à considérer sont ceux reliés à la fonte de neige et aux différents réservoirs.
- C les critères numériques, le critère de Nash qui nous indique la variance des débits calculés par rapport aux débits observés. Plus le critère de Nash est près de 1, meilleures sont les simulations. Normalement, on fait l'essai de différents paramètres et on vérifie l'évolution du critère de Nash.

**Tableau 5.3** Liste des vecteurs d'entrée nécessaires au programme CEQUEAU (fichier EATON.PAH).

	10*	20*	30*	40*	50*	60*	70*	80*
	R	R	R	R	R	R	R	R
*SIMULATION	73	1	74	365	365	1	365	0
*NEIGE	+1.		3.5	4.0		-1.0		0.70
*OPTION	80	80	0	0	1			1
*SOL1		0.15		0.025	0.020			0.35
*SOL2	65.	65.		250.	50.		60.	75.
*SOL3	.75		0.	.05	1.		30.	4530.
*SOLINITIAL	70.		30.	250.	5.663		+14.	0.0
*TRANSFERT		0.001	1.					
*POSTEMETEO COOKSHIRE				7021918	11	16	1138.68	213
*POSTEMETEOEATON SC B				7022306	15	11	1188.72	488
*POSTEMETEO IS BROOK				7023312	14	15	1149.86	346
*POSTEMETEO LAWRENCE				7024263	15	15	1273.56	442
*POSTEMETEO MPL LEAF				7024623	14	13	1052.07	363
*POSTEMETEO MPL LEAF E				7024624	16	13	1159.51	434
*POSTEMETEO ST ISIDORE				7027372	13	11	1089.66	381
*POSTEMETEO SAWYERV.				7027800	12	13	1084.83	273
*POSTEMETEO SAWYERV. N				7027802	13	14	1184.40	346
*POSTEMETEO W. DITTON				7028906	18	15	1254.25	498
*CORPREC		13	16	11	13		0.97	
*CORPREC								
*CARTEFONTE		300373						
*CARTENAPPE		240773						
*CARTENEIGE		200273		230373				
*CARTEPLUIE		300673		180774				
*CARTESOL		300673						
*DATERELEVE		251274		0	0	0	0	0
*RELEVE	100.	125.	100.	125.	100.	125.	100.	125.
*RELEVE	100.	125.	100.	125.	100.	125.	100.	125.
*SURFACE	629.10		20.71	191.58	88.02	85.43	243.35	108.73
*SURFACE	253.71							
*EXECUTION								
*RELEVEMOY	10	14	10	17	30.			
*RELEVEMOY	15	18	10	17	35.			
*RELEVEMOY								

L'analyse numérique est utile pour corriger les erreurs importantes et systématiques telles que les lames annuelles et mensuelles. Pour la calibration de tous les paramètres du modèle, il est préférable d'utiliser la représentation graphique des résultats qui permet de déterminer la partie du cycle hydrologique sur laquelle l'on doit s'attarder afin d'améliorer la correspondance entre les débits observés et calculés.

### 5.12.4 Analyse des résultats présentés sur graphiques

Normalement, on utilise la représentation graphique des débits observés et calculés pour faciliter l'ajustement des paramètres lors de la calibration du modèle. Comme les paramètres utilisés pour la simulation des débits de la rivière Eaton ont déjà été ajustés, nous allons utiliser les résultats de simulation sur cette rivière pour présenter les principaux graphiques disponibles et énumérer brièvement l'utilisation que l'on peut en faire lors de la calibration.

Les graphiques utilisés pour cet exemple ont été produits à l'aide de la version 4.1 de CEQUEAU. Dans les exemples ci-dessous, nous utilisons les principaux graphiques dans le cadre de la vérification des données et de l'ajustement des paramètres du modèle lors de la calibration. Pour la description de tous les graphiques et des options disponibles, consultez la section 1.14.

### 5.12.4.1 Graphique du schéma de production

Le graphique du schéma de production (Figure 5.12) est le seul graphique ne découlant pas des simulations. Il représente le schéma de production utilisé pour la simulation selon les valeurs fixées dans le fichier des paramètres (extension PAH).

Ce graphique est disponible à partir du menu Données (voir section 1.6.2). C'est à partir du schéma de production que l'on peut vérifier les valeurs des principaux paramètres utilisés pour la simulation.

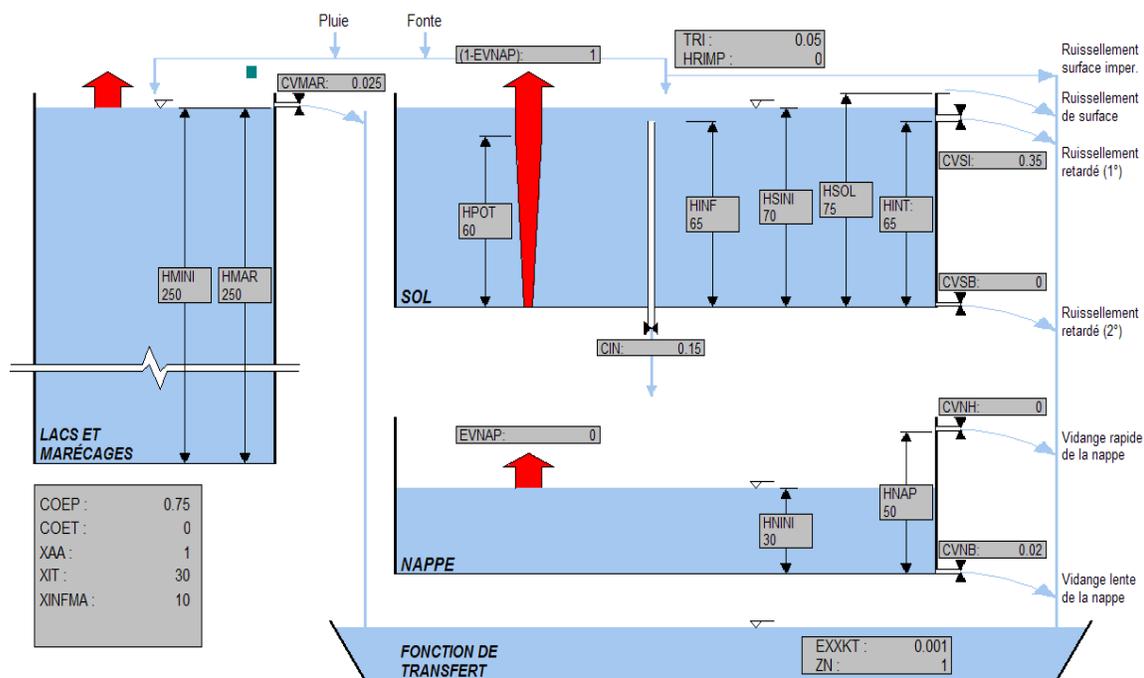


Figure 5.12 Le schéma de production du bassin versant de la rivière Eaton

Lorsque l'on analyse le schéma de production en relation avec les résultats de simulation, on doit s'assurer que le schéma est bien celui qui est relié au fichier des paramètres (extension PAH) qui a été utilisé pour la simulation considérée. Le schéma de production que l'on fait apparaître est associé au fichier des paramètres inscrit dans la fenêtre du projet.

#### 5.12.4.2 Graphique des données spatiales

Les graphiques des données spatiales sont divisés en trois groupes: les données physiographiques, météorologiques et les niveaux des réservoirs. Ces graphiques permettent une représentation spatiale de ces données calculées sur chaque carreau entier.

- Le premier groupe de graphiques des données spatiales représente les données physiographiques suivantes:
  - les références des carreaux entiers
  - l'altitude moyenne des carreaux entiers
  - le pourcentage de forêt sur les carreaux entiers
  - le pourcentage de lacs et marais sur les carreaux entiers

Ces graphiques sont utilisés pour visualiser les principales données physiographiques utilisées par le modèle. Ils sont utiles pour valider les valeurs du fichier des données physiographiques (extension PHY). Ils servent également à déceler les différences de caractéristiques entre les sous bassins. La Figure 5.13 représentant l'altitude moyenne des carreaux entiers du bassin versant de la rivière Eaton, montre un exemple de ce type de graphique.

- Le deuxième groupe de graphiques des données spatiales représente les données météorologiques suivantes:
  - la pluie journalière
  - la température moyenne journalière
  - l'enneigement au sol
  - la fonte moyenne journalière
  - l'évaporation journalière

Les données météorologiques sont produites seulement pour les jours choisis par l'utilisateur à l'aide des vecteurs CARTEEVA, CARTEPLUIE, CARTETEMP, CARTENEIGE et CARTEFONTE du fichier des paramètres de simulation (extension PAH).

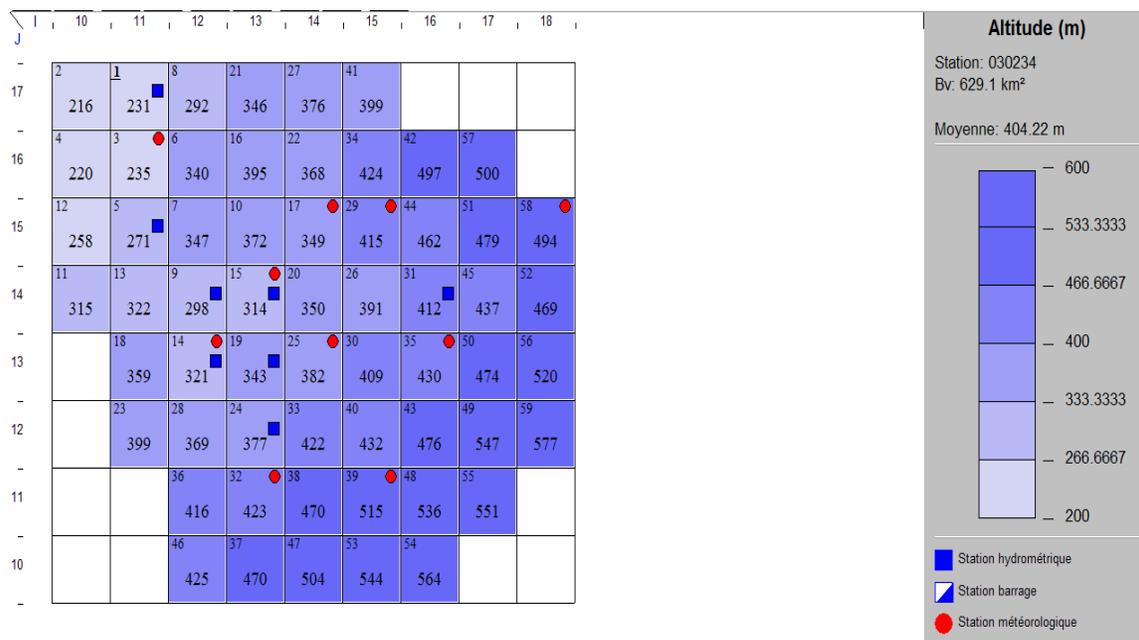


Figure 5.13 La représentation spatiale des altitudes des carreaux entiers du bassin versant de la rivière Eaton

Ces graphiques sont utilisés pour visualiser les variations spatiales des données météorologiques. Ils servent également à la vérification des données météorologiques spatiales utilisées par le modèle à des jours précis. Les données sont disponibles pour le bassin versant principal ainsi que pour chacun des sous bassins. La Figure 5.14, représentant la précipitation sur le bassin versant de la rivière Eaton le 30 juin 1973, montre un exemple de ce type de graphique.

- Le troisième groupe de graphiques des données spatiales représente les niveaux des réservoirs suivants:
  - le niveau du réservoir SOL
  - le niveau du réservoir NAPPE

Les données des niveaux des réservoirs sont produites seulement pour les jours choisis par l'utilisateur à l'aide des vecteurs CARTESOL et CARTENAPPE du fichier des paramètres de simulation (extension PAH).

Ces graphiques sont utilisés pour visualiser l'état des réserves à différentes dates. La Figure 5.15 montre le niveau d'eau dans le réservoir SOL sur chaque carreau entier du bassin versant de la rivière EATON pour le 29 juin 1973.

Pour la calibration du modèle, il peut être utile de connaître l'état des réserves pour comprendre le comportement du modèle. Comme exemple, supposons que le modèle ne reproduise pas la crue du 30 juin 1973. On voit sur la Figure 5.14 qu'il y a eu des pluies importantes sur tout le bassin versant pour cette journée. Si le modèle ne répond pas, c'est peut être dû au manque d'eau dans les réservoirs. L'analyse du graphique des niveaux du réservoir SOL (figure 5.15) nous renseigne sur la disponibilité des réserves avant le début de la précipitation, soit le 29 juin.

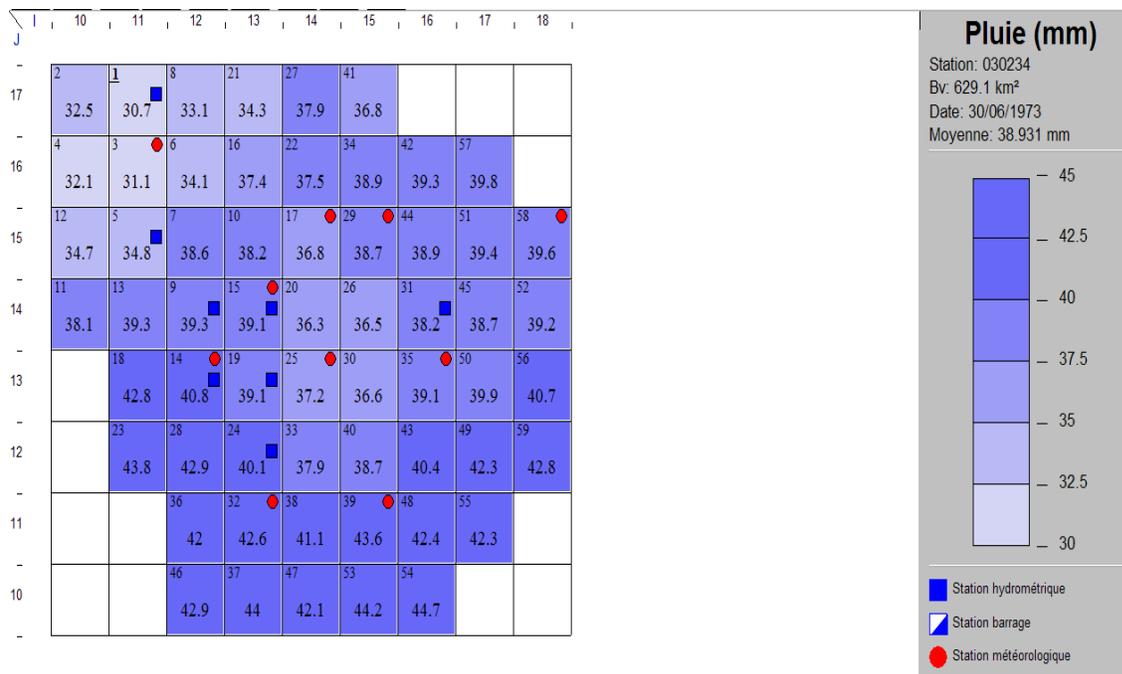


Figure 5.14 La représentation spatiale de la pluie du 30 juin 1973 sur les carreaux entiers du bassin versant de la rivière Eaton

Il faut également considérer la valeur des paramètres pour comprendre le comportement du modèle. Dans l'exemple qui précède, en plus de considérer la précipitation et le niveau des réserves, on doit également vérifier la hauteur de vidange intermédiaire (HINT) et le coefficient de vidange intermédiaire (CVSI) sur le schéma de production (Figure 5.12) afin de bien comprendre la réponse du modèle pour ce jour.

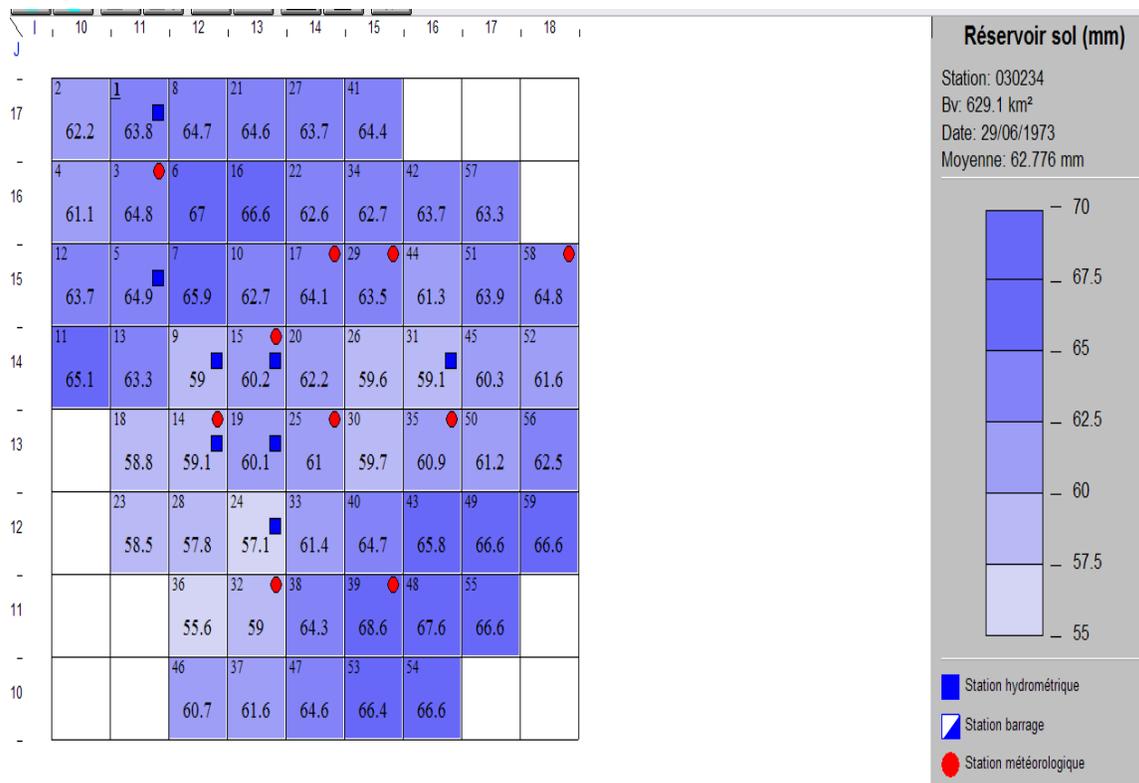


Figure 5.15 La représentation spatiale des niveaux d'eau dans le réservoir SOL le 29 juin 1973 sur les carreaux entier du bassin versant de la rivière Eaton

### 5.12.4.3 Graphique des données temporelles

Les graphiques des données temporelles sont divisés en trois groupes: les débits et/ou les niveaux, les données météorologiques et les données de qualité.

- Le premier groupe de graphiques des données temporelles représente les débits/niveaux suivants:
  - Débits/niveaux temporels
  - Données météorologiques temporelles
  - Autres données temporelles
  - Données de qualité temporelles

- Le premier groupe de graphiques des données temporelles représente les débits/niveaux.

Les données nécessaires à ces graphiques sont écrites dans un fichier (extension DJO) lors des simulations. Ces graphiques sont utilisés pour représenter de différentes façons les valeurs observées et calculées des débits aux stations hydrométriques réelles ou des niveaux pour les barrages. Ces graphiques servent à guider l'ajustement des paramètres lors de la calibration du modèle ainsi qu'à la représentation finale des résultats.

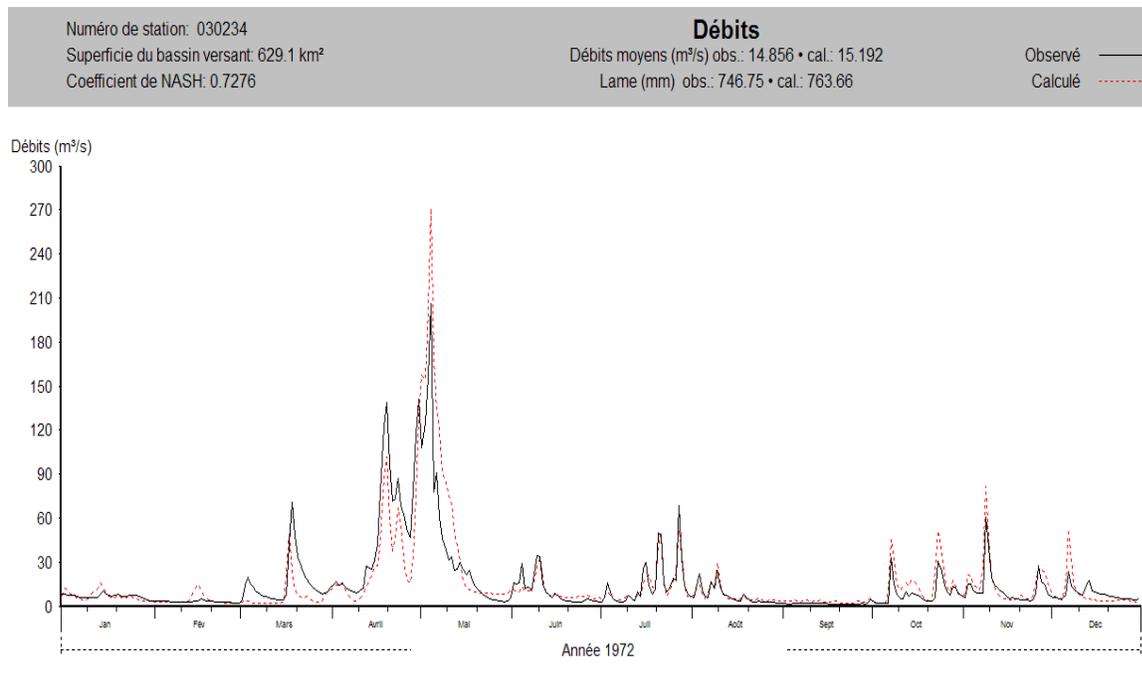


Figure 5.16 Débits journaliers observés et calculés pour l'année 1972 à la station 030234 de la rivière Eaton

La Figure 5.16 montre les débits journaliers observés et calculés pour l'année 1972 pour la station 030234 de la rivière Eaton.

La période représentée par l'abscisse peut varier pour une simulation journalière d'un mois à la période complète. Pour une simulation au pas de temps inférieur au jour l'abscisse peut varier d'un jour à la période complète de simulation. Ce graphique est le plus utilisé pour l'analyse des résultats de simulation parce qu'il nous renseigne sur toutes les composantes de l'hydrogramme. Cela permet de déterminer les paramètres à modifier afin d'améliorer les simulations lors du

calage du modèle. On peut voir sur ce graphique la précision de la simulation des étiages, des crues, de la simulation de la fonte de neige, du synchronisme entre les débits observés et calculés, etc.

Si une de ces composantes est mal reproduite, on modifie les paramètres appropriés pour ensuite refaire une simulation. On analyse par la suite ces nouveaux résultats pour s'assurer que les modifications des paramètres ont amélioré la composante sans affecter les autres. Par exemple, si on modifie les paramètres de transfert dans le but d'améliorer le synchronisme, les débits des crues peuvent être affectés et être moins précis que précédemment. Il faut dans ce cas modifier les paramètres reliés aux crues et refaire une simulation.

Lors de l'ajustement du modèle, il est important de se rappeler que les paramètres ne sont pas indépendants les uns des autres et qu'il peut être nécessaire de modifier plusieurs paramètres afin d'améliorer un processus. Si une modification n'améliore pas la simulation, on doit revenir en arrière et essayer la modification d'autres paramètres. Ce type d'ajustement, appelé essai et erreur, est facilité par la bonne connaissance du comportement de chaque paramètre.

Il est intéressant d'analyser le graphique des débits/niveaux temporels en utilisant d'autres styles de graphique proposés par le logiciel. On voit sur la Figure 1.45 que le logiciel permet cinq styles différents:

- linéaire
- linéaires cumulés
- histogramme
- dispersion
- classé

Par exemple le style de représentation classé (Figure 5.17), permet de comparer la courbe des fréquences des débits calculés à celle des débits observés.

En comparant les courbes des débits observés et calculés pour les fréquences au dépassement près de 1, on peut évaluer la représentativité de la simulation des débits d'étiage. Il en est de même pour les fréquences près de 0 qui nous renseignent sur la précision des crues simulées par rapport à celles observées, ici on voit que les crues sont trop importantes par rapport aux débits observés. De plus, le graphique permet de déterminer les débits correspondants à une période de récurrence données. Par exemple, sur la courbe de la Figure 5.17, le débit pour les crues correspondant à une période de retour de 10 ans est obtenu à partir de la fréquence au dépassement ( $1/\text{période}$ ) et est d'environ  $47 \text{ m}^3/\text{s}$ . Pour les étiages, le débit pour la même période de retour est de  $3,5 \text{ m}^3/\text{s}$ , découlant cette fois de la fréquence au non-dépassement  $0,9$  ( $1 - 1/\text{période}$ ).

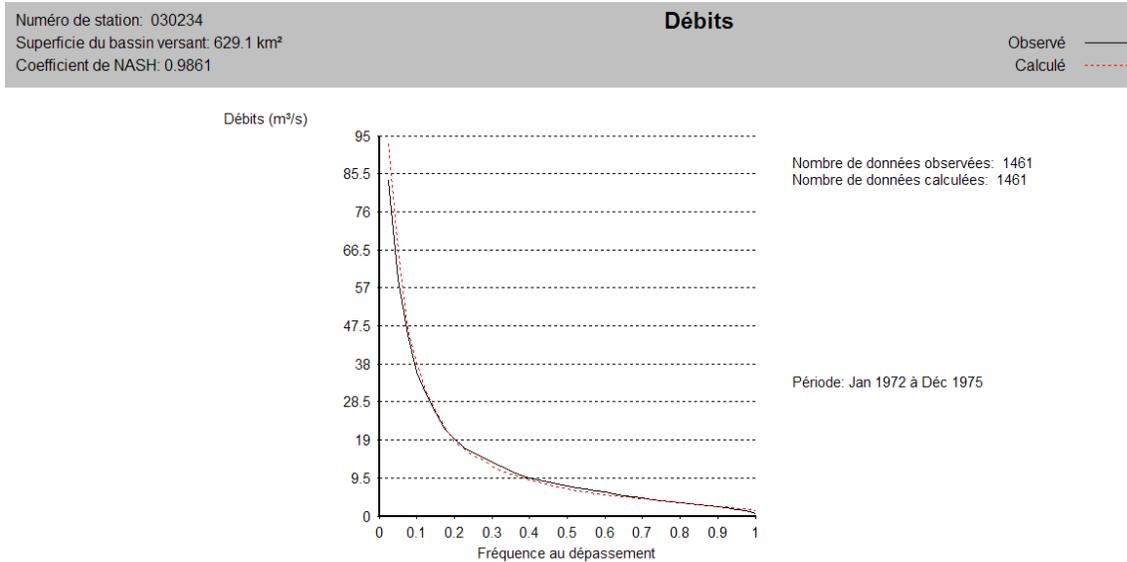


Figure 5.17 Les débits journaliers classés de la station 030234 de la rivière Eaton, pour les années 1972 à 1975

Sur la Figure 1.45 on voit également que l'on peut changer le Pas à utiliser. Pour une simulation journalière on peut présenter le graphique sous forme de débit mensuel. Pour un pas de simulation de une heure on fait les graphiques pour des pas de 2, 4, 6, 8, 12, 24 heures et mensuel.

Le graphique des débits moyens mensuels interannuels présenté avec le style histogramme (Figure 5.18), nous permet de comparer les moyennes mensuelles observées et calculées afin de s'assurer que les débits de tous les mois sont bien simulés.

L'option moyennes interannuelles (Figure 1.45) permet de représenter la moyenne des valeurs mensuelles sur toute la période de simulation. Ainsi, dans le graphique de la Figure 5.18, les valeurs représentent la moyenne des débits mensuels de 1973 et 1974.

Le graphique des débits moyens mensuels présenté avec le style dispersion (Figure 5.19) nous permet de détecter les erreurs systématiques des débits moyens mensuels simulés par rapport aux débits observés.

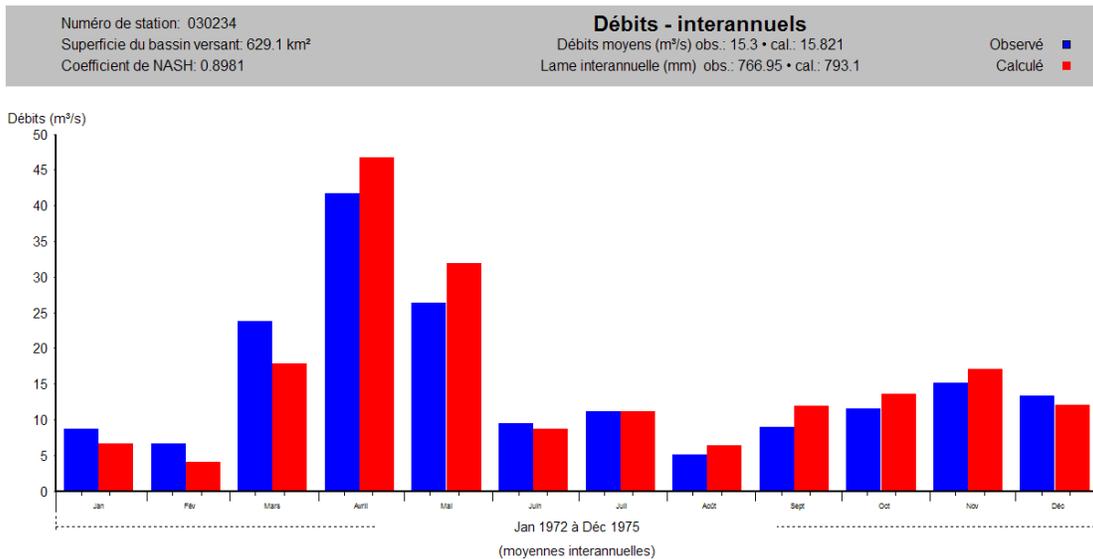


Figure 5.18 Débits mensuels interannuelles des années 1972 à 1975 de la station 030234 de la rivière Eaton

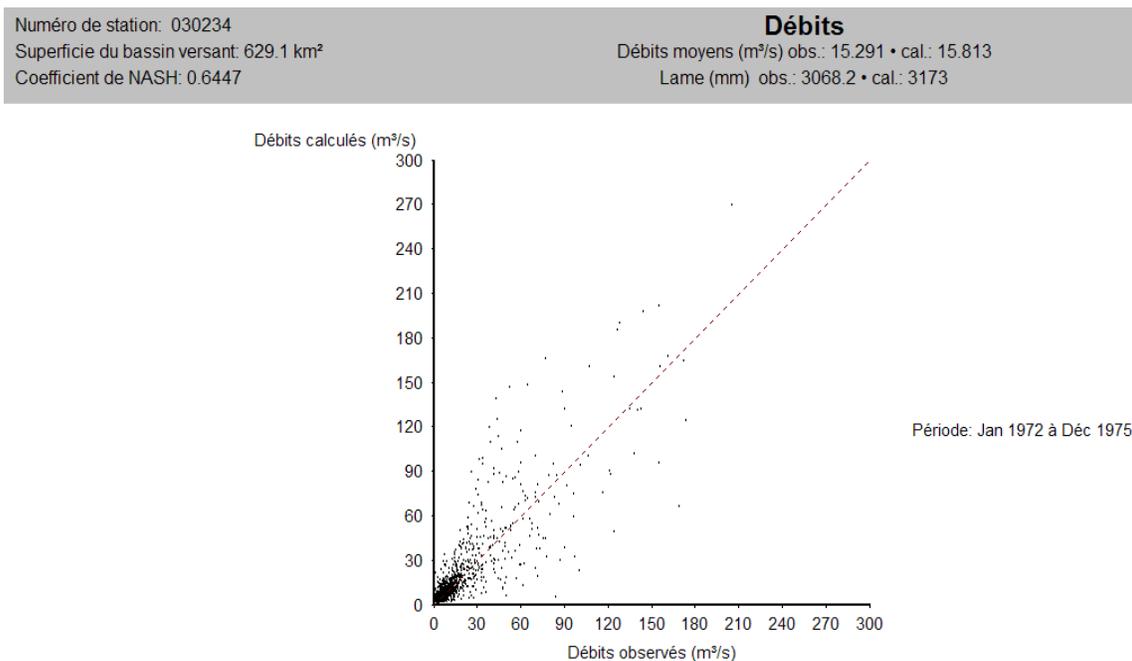


Figure 5.19 Dispersion des débits journaliers de la station 030234 de la rivière Eaton pour la période 1972 à 1975

La position des points par rapport à la ligne oblique fournit de nombreux renseignements. Si les points sont répartis équitablement de part et d'autre de la ligne, il n'y a pas d'erreur systématique. Par contre, un plus grand nombre de points au-dessus de la ligne indique que les débits calculés sont surestimés; au-dessous ils sont sous-estimés. De plus, si ces mêmes points se situent dans le bas de la ligne oblique, ce sont les faibles débits qui sont mal reproduits; dans le haut de la ligne, ce sont les grands débits. Finalement, l'éloignement des points de la ligne oblique nous renseigne sur la précision de la simulation. Plus ils sont près, plus la simulation est précise.

- Le deuxième groupe de graphiques des données temporelles représente les données météorologiques temporelles suivantes:
  - la pluie et/ou la fonte
  - la température moyenne

Les données météorologiques nécessaires aux graphiques sont écrites dans un fichier (extension TPF) lors des simulations. Les données sont générées pour le bassin versant principal ainsi que pour chacun des sous-bassins contenant une station hydrométrique réelle. Ces graphiques des données météorologiques temporelles sont utilisés pour représenter les données météorologiques moyennes utilisées par le modèle pour la simulation des débits. La Figure 5.20 montre le graphique de la pluie et de la fonte journalière moyenne sur le bassin versant de la rivière Eaton pour l'année 1972.

L'analyse simultanée de ce graphique et du graphique des débits/niveaux (Figure 5.16) peut permettre d'expliquer le comportement du modèle. Ainsi, on pourra relier une crue simulée à une date donnée à une précipitation liquide ou à la fonte ayant eu lieu à la même période. Pour ce faire, les options des graphiques des débits/niveaux permettent de superposer à ce graphique les graphiques des données météorologiques de pluie, fonte ou température (Figure 5,21).

Notons finalement qu'il est possible d'obtenir des résultats satisfaisants avec différents ensembles de paramètres. Il est donc utile de tenter le calage du modèle à partir de différents paramètres pour ensuite conserver ceux qui fournissant les meilleurs résultats, en s'assurant toutefois de respecter la physique des phénomènes. L'optimisation des paramètres (Section 5.7) le confirme bien; si on lance plusieurs processus d'optimisation, chacun avec des ensembles de paramètres différents, on pourra obtenir plus d'un résultat satisfaisant.

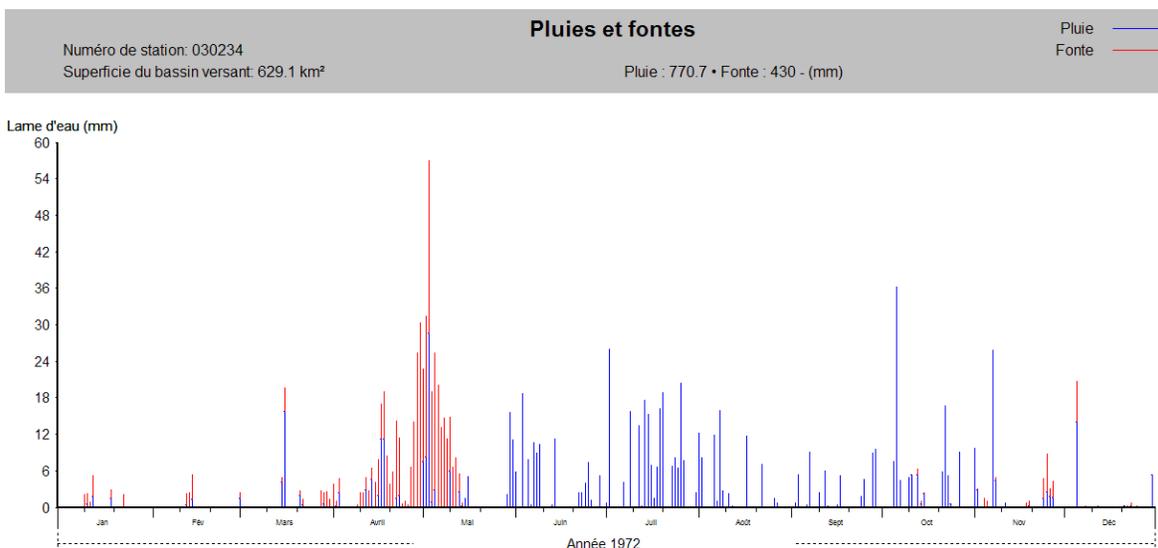


Figure 5.20 Pluies et fontes journalière pour l'année 1972 sur le bassin versant de la station 030234 de la rivière Eaton

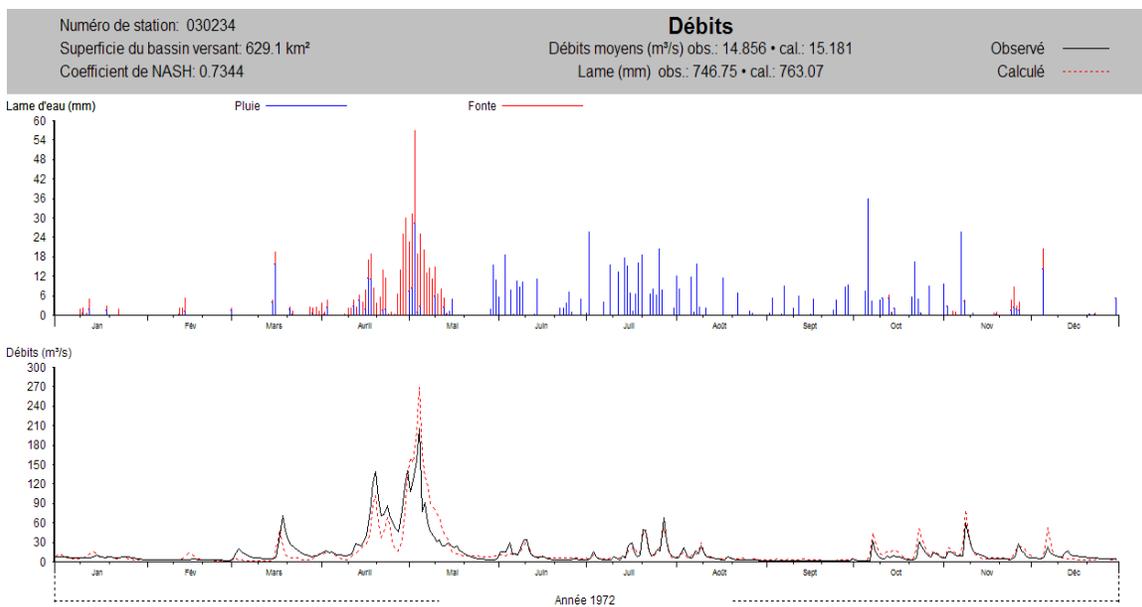


Figure 5.21 Pluies et fontes journalières superposées aux débits journaliers pour l'année 1972 pour le bassin versant de la station 030234 de la rivière Eaton

- Le troisième groupe (Autres données temporelles) donne la possibilité de voir l'évolution temporelle de six variables utilisées pour la simulation. Ces variables sont:
  - Niveaux du réservoir SOL
  - Niveaux du réservoir NAPPE
  - Niveaux du réservoir LACS - MARAIS
  - Évapotranspiration réelle
  - Stocks de neige à couvert
  - Stocks de neige à découvert

Les données nécessaires à ces graphiques sont écrites dans un fichier (extension HSN) lors des simulations. Les données sont générées pour le bassin versant principal seulement.

L'étude de ces graphiques permet, si nécessaire de comprendre le comportement du modèle et de mieux ajuster les paramètres. Par exemple la crue du printemps peut-être sous-estimée si le stock de neige au sol est insuffisant. La figure 5.22 montre l'évapotranspiration journalière moyenne sur le bassin de la rivière Eaton.

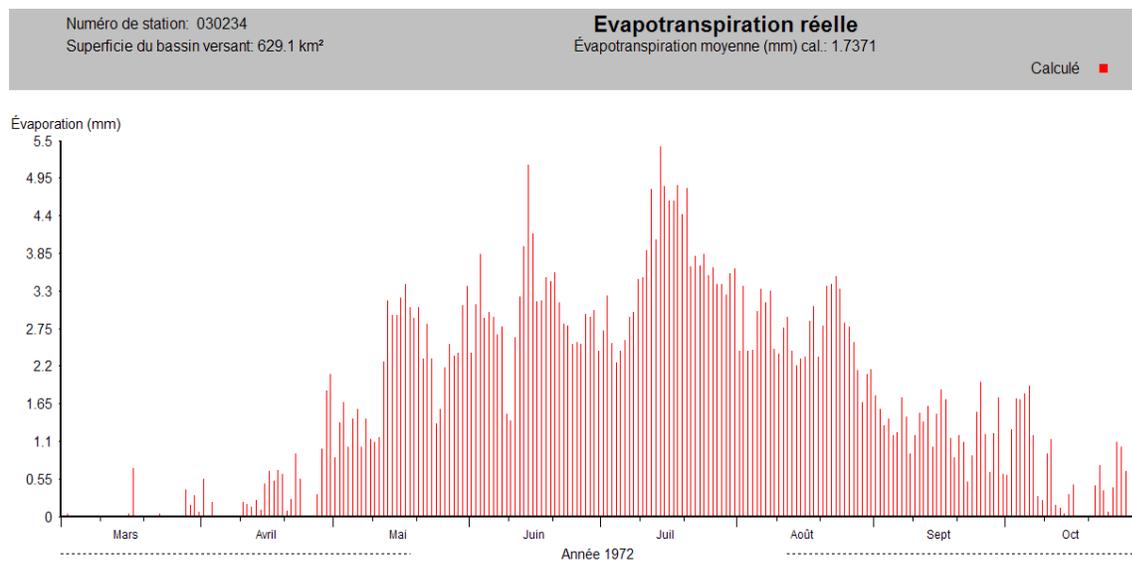


Figure 5.22 Évapotranspiration journalière de mars à octobre 1972 sur le bassin versant de la rivière Eaton

#### 5.12.4.4 Graphique des prévisions

La quatrième section du menu Graphique présente 3 types de graphique de prévision, soit :

- Prévision pour une date
- Prévision pour une période
- Prévision à moyen terme

Les données nécessaires à ces graphiques sont écrites dans deux fichiers. Les données nécessaires aux graphiques de prévision pour une date et pour une période sont gardées dans un fichier du nom de l'essai et de l'extension PRE. Les données pour les graphiques à moyen terme sont gardées dans un fichier du nom de l'essai et de l'extension PMT. Les données sont générées pour la station réelle ou fictive tel que demandé sur les PREVIDET.

La figure 5.23 montre un exemple d'un graphique de prévision pour une période.

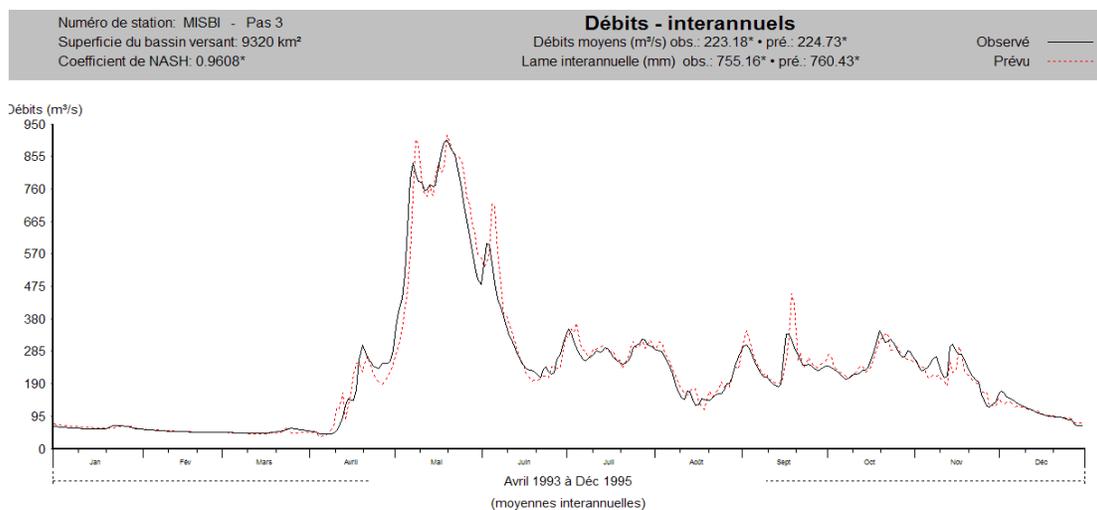


Figure 5.23 Débits observés et prévus pour la rivière Mistassibi pour le jour 3 avec mise à jour déterministe

Avec ce graphique on peut facilement passer d'un pas à un autre pour voir la variation de la précision des prévisions. Normalement la précision décroît si le pas augmente.

Le tableau 5.4 montre les coefficients de Nash des débits prévus pour les jours 1 à 6 pour la période du 4 avril 1993 au 25 décembre 1995. Les débits prévus ont été calculés, sans mise à jour, avec mise à jour statistique et avec mise à jour déterministe en utilisant soit les données météorologiques observées ou prévues.

déterministe en utilisant soit les données météorologiques observées ou prévues.

Tableau 5.4 Coefficient de Nash des débits prévus, pour la rivière Mistassibi pour la période du 3 avril 1993 au 25 décembre 1995.

Jour	Sans mise à jour		Mise à jour statistique		Mise à jour déterministe	
	1)	2)	1)	2)	1)	2)
1	0,76	0,76	0,982	0,982	0,988	0,988
2	0,76	0,757	0,948	0,947	0,953	0,951
3	0,76	0,752	0,917	0,911	0,915	0,903
4	0,76	0,742	0,891	0,875	0,887	0,87
5	0,76	0,726	0,867	0,832	0,861	0,823
6	0,75 9	0,695	0,846	0,771	0,835	0,757

- 1) Simulation avec les données météorologiques observées aux stations.
- 2) Simulation avec les données météorologiques prévues moyenne sur le bassin versant.

Sur le tableau 5.4 on observe que la précision se dégrade avec les jours et que la dégradation est plus importante si on utilise les données météorologiques prévues. Pour les simulations avec les données météorologiques observées, la dégradation de la précision est due à un seul facteur soit la diminution de l'influence de la mise à jour avec les jours. Pour les simulations avec les données météorologiques prévues deux facteurs interviennent soit la diminution de la précision des prévisions météorologique et la diminution de l'influence de la mise à jour.

La différence de précision des débits prévus avec mise à jour statistique et avec mise à jour déterministe n'est pas significative. Pour les débits prévus avec mise à jour statistique ou déterministe les coefficients d'autocorrélation des résidus sont près de 0.0, ce qui indique qu'on ne peut faire d'autre correction pour améliorer la précision.

La figure 5.24 montre un graphique de prévision à moyen terme. Pour cet exemple de prévision à moyen terme sur le bassin versant de la rivière Mistassibi nous utilisons les données météorologiques historiques moyennes sur le bassin versant disponible pour la période 1953 à 1995.

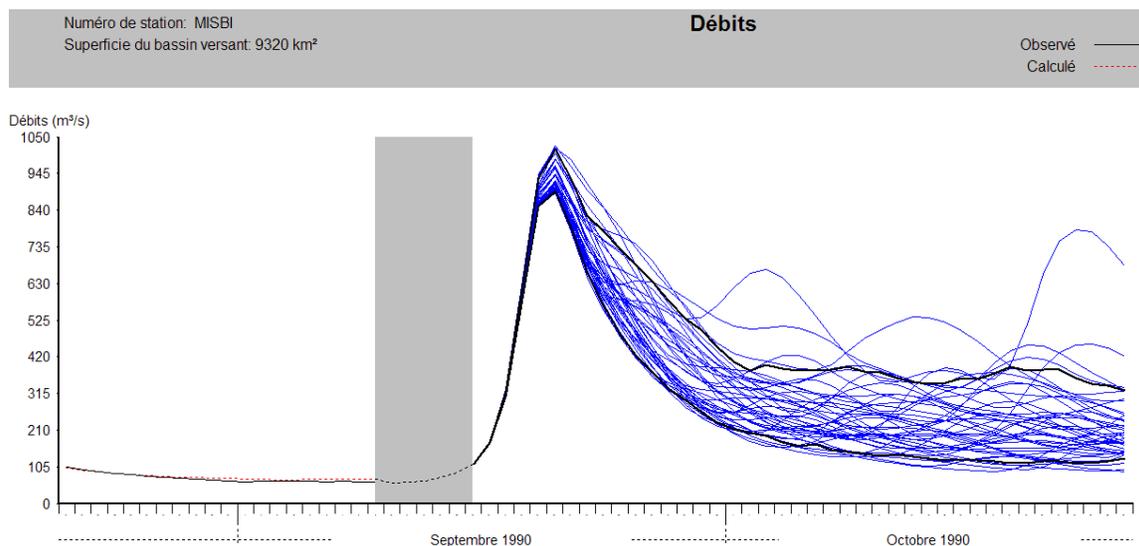


Figure 5.25 Prévision des débits à court et à moyen terme pour la rivière Mistassibi

On voit sur cette figure trois périodes: la période des débits antérieurs, la période de prévision à court terme et finalement la période de prévision à moyen terme.

Pour la gestion des barrages il est intéressant de savoir les volumes d'eau prévus avec différentes probabilités. On peut obtenir cette fenêtre en cliquant sur Volume. La figure 5.26 montre la prévision avec le calcul des volumes.

Sur la fenêtre dans cette figure en plus des probabilités on observe les pourcentages par rapport à la normale. Cette normale est calculée pour la période choisie si au début du fichier (extension HIS) on a introduit les moyennes journalières des débits observés. Ainsi avec les pourcentages on voit rapidement si on prévoit des débits supérieurs ou inférieurs à la moyenne à long terme.

Les calculs de ce tableau peuvent être présentés sous forme de volume, de débit ou de lame d'écoulement.

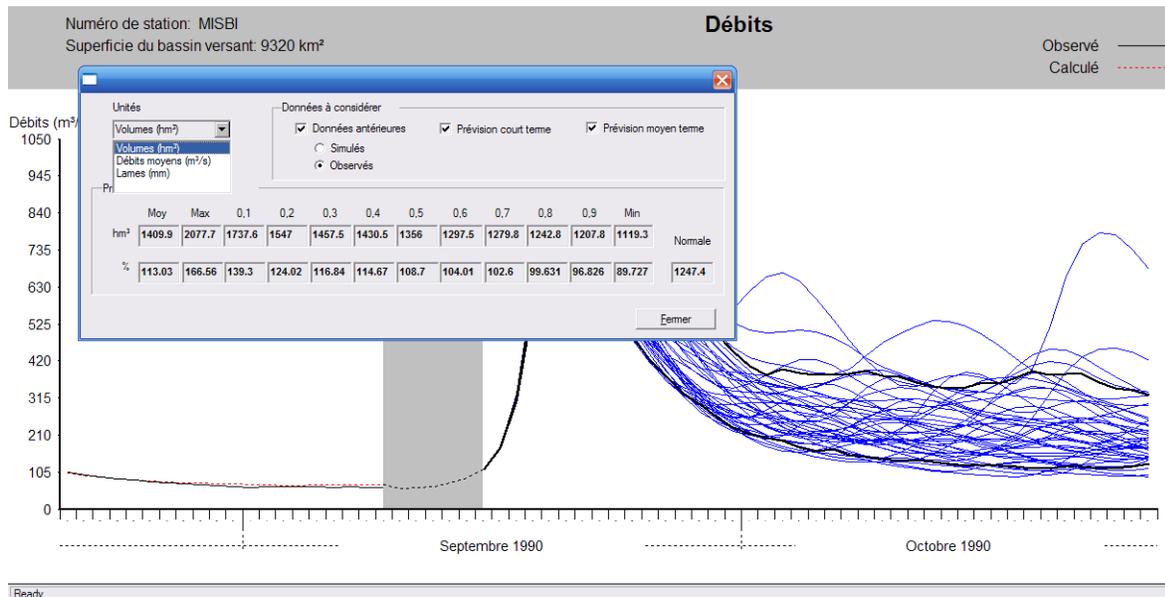


Figure 5.26 Prévision à court et à moyen terme pour la rivière Mistassibi avec le calcul des volumes.

#### 5.12.4.5 Graphique de prévisions avec mise à jour manuelle

Le graphique de prévision avec mise à jour manuelle donne la possibilité d'introduire des corrections aux variables d'états pour que les débits observés et calculés soient semblables avant le début de la prévision à court terme. Pour activer cette option il s'agit d'introduire une valeur pour le paramètre MAJMAN du vecteur OPTION du fichier des paramètres (extension PAH) et d'introduire le vecteur PREVIDET. Sur ce vecteur on donne la date du début et la date de fin de la prévision doivent être la même car avec la mise à jour manuelle on doit faire la prévision pour un jour seulement.

La figure 5.27 montre le graphique qu'on obtient après l'exécution du programme.

Si on appuie sur le bouton 'Mise à jour' on obtient le graphique de la figure 5.28.

Si on appuie sur Ok la simulation est exécutée et le programme affiche une figure semblable à la figure 5.27. Si les débits observés et simulés sont semblables, la mise à jour manuelle est terminée, sinon on introduit d'autres corrections pour améliorer les résultats.

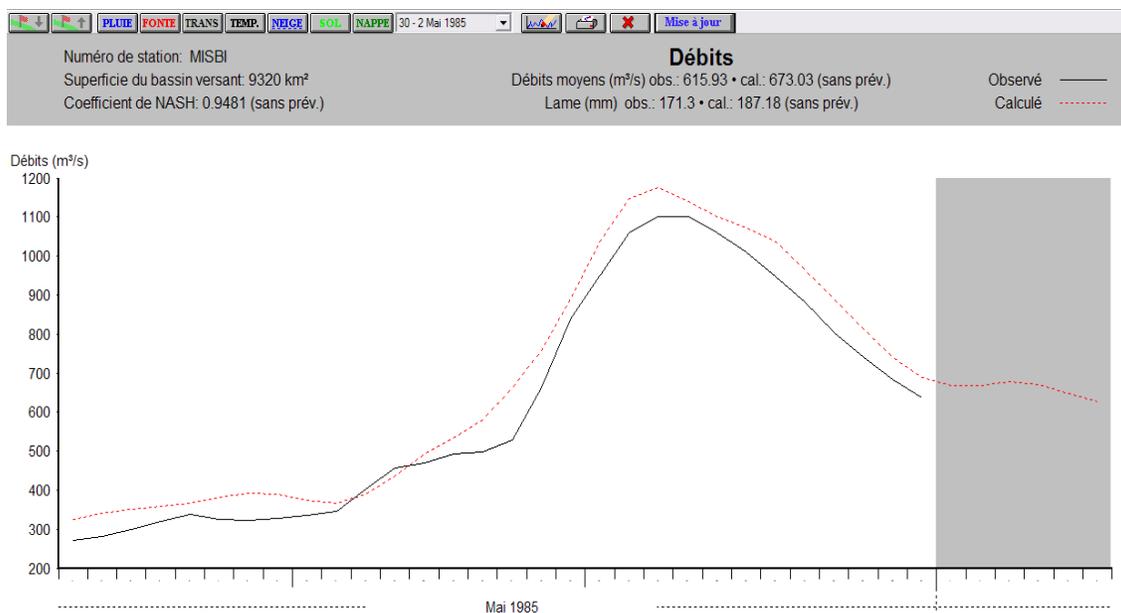


Figure 5.27 Graphique pour la mise à jour manuelle

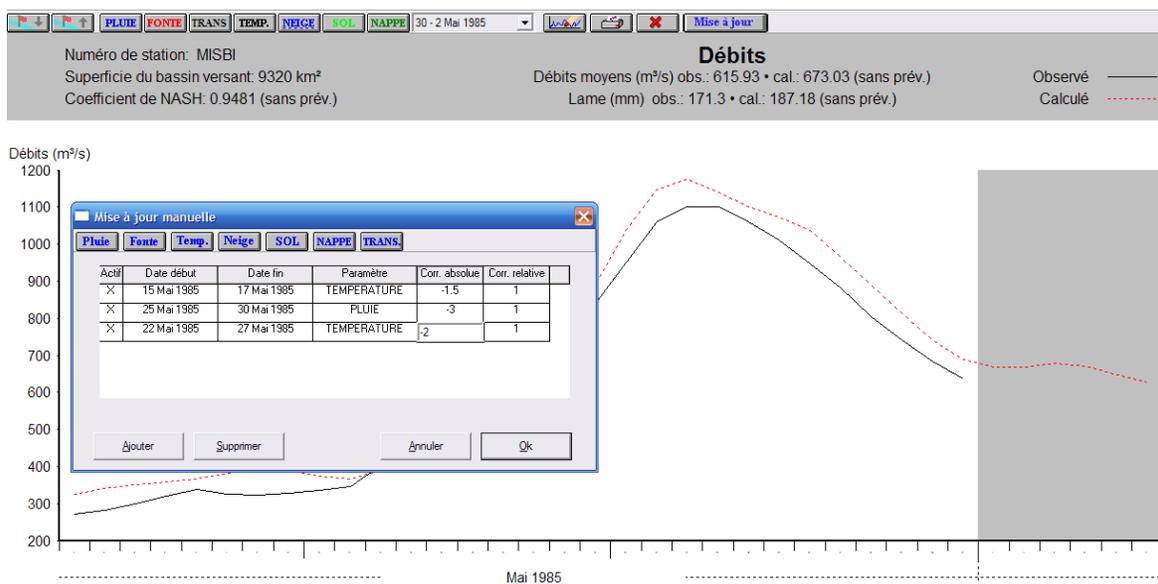


Figure 5.28 Graphique pour la mise à jour manuelle avec correction de la pluie et de la température



# LA SIMULATION DE QUALITÉ

## 6

---

### 6.1 Introduction

Le modèle de qualité CEQUEAU proposée pour la simulation de cinq paramètres de qualité de l'eau en rivière est un modèle déterministe qui tient compte des caractéristiques physiques du bassin versant et de l'utilisation du territoire. Tous les sous-programmes du modèle de qualité comportent deux fonctions principales: une fonction de production et une fonction de transfert, et utilisent le modèle de quantité CEQUEAU comme support hydrologique.

L'approche déterministe que nous utilisons est plus élaborée que l'approche statistique mais elle se prête mieux à l'évaluation de l'impact des modifications au régime naturel d'un cours d'eau.

Les paramètres de qualité de l'eau que l'on peut modéliser sont:

- C la température de l'eau en rivière
- C les solides en suspensions
- C l'oxygène dissous
- C la demande biochimique d'oxygène
- C les solides dissous

### 6.2 Modélisation de la température de l'eau en rivière

La température de l'eau est une variable essentielle et préalable à toute évaluation de la qualité de l'eau. Elle a une influence directe sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques du milieu aquatique et, par conséquent, sur plusieurs paramètres de qualité de l'eau.

Le modèle thermique couplé au modèle hydrologique CEQUEAU (Morin et Couillard, 1990; Morin et al. 1987) permet de calculer les températures journalières de l'eau en rivière à n'importe quel point d'un bassin versant en utilisant la même schématisation du

bassin versant que le modèle hydrologique. Il est implicitement supposé qu'en rivière, les différents volumes d'eau écoulés subissent un mélange complet à l'intérieur des limites spatiales d'un carreau partiel pendant un pas de temps journalier.

### 6.2.1 Conceptualisation du modèle

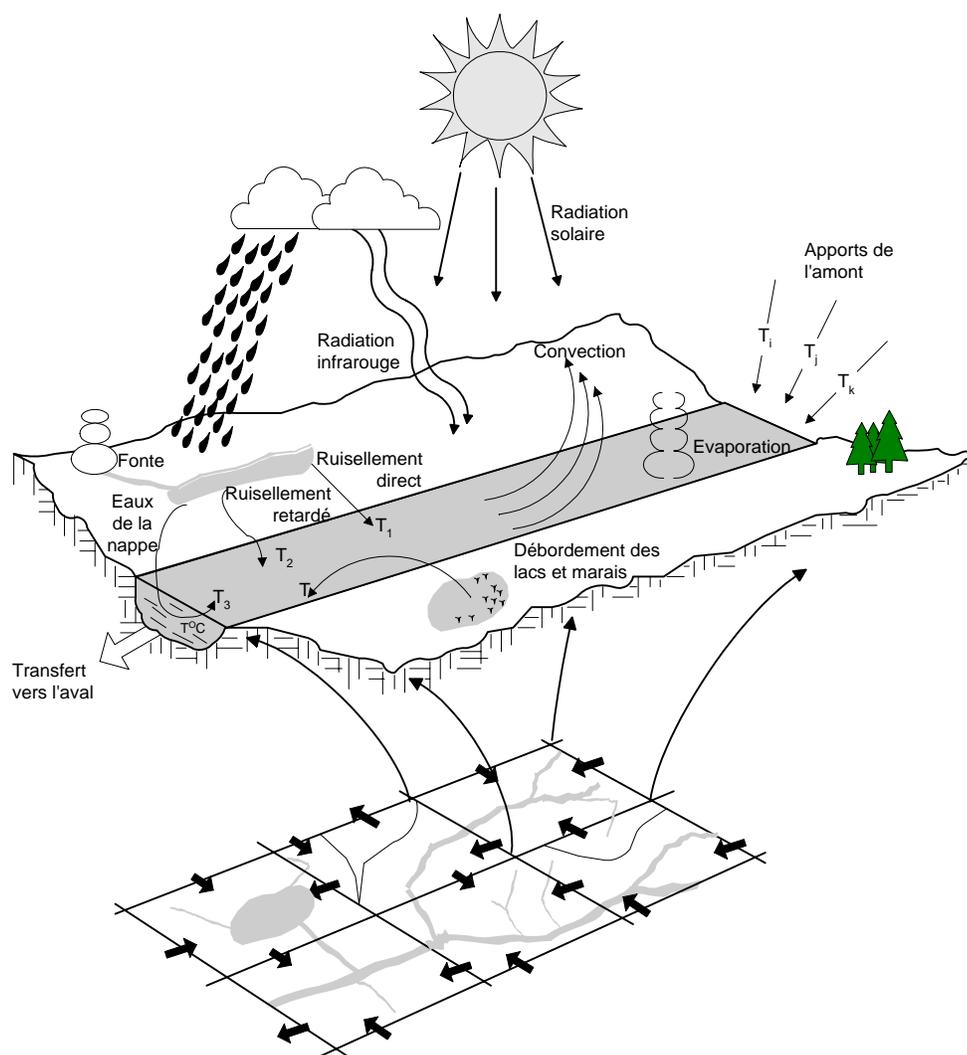
La température de l'eau est calculée en effectuant un bilan d'énergie journalier sur chaque carreau partiel. Ce bilan considère à la fois les échanges d'énergie à la surface de l'eau et les apports thermiques advectifs associés aux différentes formes d'écoulement. Pendant la période où il peut y avoir un couvert de glace sur la rivière, les échanges d'énergie ne sont pas calculés et la température de l'eau est fixée à 0°C. Le modèle est unidimensionnel et calcule la température moyenne journalière à l'exutoire de chaque carreau partiel. La schématisation des principaux éléments considérés pour le calcul de la température de l'eau est montrée à la Figure 6.1

Le modèle utilise les données météorologiques suivantes: la température moyenne quotidienne de l'air sur chaque carreau entier, telle qu'estimée par le modèle hydrologique, et les moyennes mensuelles de rayonnement solaire, de nébulosité, de vitesse du vent et de pression de vapeur pour l'ensemble du bassin versant. Le choix des moyennes mensuelles pour ces dernières données est attribuable à la disponibilité limitée de mesures quotidiennes sur le territoire québécois et permet une plus grande applicabilité du modèle. Toutefois, des données à plus haute fréquence peuvent être facilement introduites si elles sont disponibles.

Le modèle évalue l'enthalpie des volumes d'eau transités sur chaque carreau partiel. L'enthalpie à la fin d'un pas de temps journalier est définie comme étant la somme de l'enthalpie initiale, plus le total des gains et pertes d'énergie subis par le volume d'eau considéré pendant l'intervalle. La température de l'eau ( $T_e$ ) est établie en effectuant le rapport de l'enthalpie ( $E$ ) sur le produit du volume considéré ( $V$ ) par la capacité calorifique de l'eau ( $C$ ):

$$T_e = \frac{E}{VC} \quad (6,1)$$

Pour les besoins du modèle, l'enthalpie de référence est fixée à 0 mégajoule par mètre cube pour un volume d'eau à 0°C. La capacité calorifique de l'eau ( $4,187 \text{ MJ m}^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ) est supposée constante dans la gamme de température qui nous intéresse.



**Figure 6.1** Schématisation des principaux éléments considérés pour le calcul de la température de l'eau sur un carreau partiel.

### 6.2.2 Bilan d'énergie

Les quatre principaux termes d'échange d'énergie à la surface de l'eau, à savoir le rayonnement solaire, le rayonnement infrarouge, l'évaporation et la convection, sont considérés sur chaque carreau partiel. Chacun de ces termes est représenté par une équation dans laquelle la quantité d'énergie échangée est proportionnelle à la surface d'eau libre estimée. De plus, un coefficient empirique déterminé par essais et erreurs, permet d'ajuster l'équation selon les conditions particulières du bassin versant étudié. A priori, la valeur de chaque coefficient d'ajustement devrait être fixée à 1,0. Toutefois, une valeur différente de l'unité peut être utilisée lorsque les données météorologiques ou physiographiques introduites ne sont pas représentatives des conditions qui prévalent sur

$$\beta = (0,74 + 0,0065p) (1 + 0,17n^2) \quad (6,2)$$

le bassin. Ce peut être le cas, par exemple, lorsque l'absence de station météorologique sur le bassin versant oblige l'utilisation de données régionales.

### 6.2.2.1 Radiation solaire

L'apport d'énergie par rayonnement solaire est estimé à l'aide de l'équation suivante.

$$Q_s = C_s A R_s \quad (6,3)$$

où:

- $Q_s$  : apport quotidien d'énergie par rayonnement solaire (MJ);
- $C_s$  : coefficient empirique proche de l'unité;
- $A$  : surface d'échange ( $m^2$ );
- $R_s$  : taux quotidien de rayonnement solaire sur une surface horizontale ( $MJ m^{-2}$ ).

Dans cette équation, le taux quotidien de rayonnement solaire ( $R_s$ ) est évalué par interpolation entre les valeurs mensuelles fournies comme données d'entrée. Cette interpolation est nécessaire compte tenu de la non disponibilité, sur une base journalière, des données du rayonnement solaire. Cependant, si elles sont disponibles, ces données peuvent être facilement utilisées dans le modèle.

### 6.2.2.2 Radiation infrarouge

La quantité nette d'énergie échangée par rayonnement infrarouge est représentée par une équation inspirée de Raphaël (1962) et de Noble et Carroll (1982).

$$Q_i = C_i A \sigma (\beta T_a^4 - T_e^4) \quad (6,4)$$

où:

- $Q_i$  : quantité nette d'énergie échangée par rayonnement infrarouge (MJ);
- $C_i$  : coefficient empirique proche de l'unité;
- $F$  : constante de Stefan-Boltzman pour un pas de temps journalier ( $4,9 \times 10^{-9} MJ m^{-2} \text{ } ^\circ K^{-4}$ );
- $\beta$  : émissivité atmosphérique;
- $T_a$  : température moyenne quotidienne de l'air ( $^\circ K$ );
- $T_e$  : température de l'eau ( $^\circ K$ ).

L'émissivité atmosphérique ( $\beta$ ) est estimée comme suit (Rinaldi et al., 1979):

où:

- $p$  : moyenne mensuelle de pression de vapeur (mm Hg);
- $n$  : nébulosité moyenne mensuelle (fraction de 0.0 à 1.0).

### 6.2.2.3 Évaporation

La perte d'énergie par évaporation est calculée en reliant le volume d'eau évaporé à l'énergie latente perdue. La lame d'eau évaporée de façon journalière ( $l_e$ ) est estimée par le modèle hydrologique à l'aide de l'équation de Thornthwaite modifiée dans laquelle la température de l'air est le paramètre principal. Ainsi:

où:

$$Q_e = -C_e l_e A H \quad (6,5)$$

- $Q_e$  : quantité d'énergie perdue par évaporation (MJ);
- $C_e$  : coefficient empirique proche de l'unité;
- $l_e$  : lame quotidienne d'eau évaporée (m);
- $H$  : chaleur latente d'évaporation (2 480 MJ m<sup>-3</sup>).

### 6.2.2.4 Convection

La quantité d'énergie échangée par convection est fonction de la différence de température entre l'air ( $T_a$ ) et l'eau ( $T_e$ ) et de la vitesse du vent (Raphaël, 1962; Marcotte et Duong, 1973):

$$Q_c = C_c A 0,2 W (T_a - T_e) \quad (6,6)$$

où:

- $Q_c$  : quantité d'énergie échangée par convection (MJ);
- $C_c$  : coefficient empirique proche de l'unité;
- $W$  : moyenne mensuelle de vitesse du vent à environ 10 m du sol (km h<sup>-1</sup>).

### 6.2.3 Apports advectifs

En plus des échanges à la surface de l'eau, le modèle de température calcule les apports d'énergie associés au ruissellement, à l'écoulement hypodermique et à l'écoulement de base. Les apports d'énergie liés à ces trois formes d'écoulement permettent de tenir compte, d'une façon indirecte, des apports thermiques dus aux précipitations. La température des eaux de ruissellement est, empiriquement, supposée égale à celle de l'air avec une limite inférieure fixée à 0°C. La température de l'écoulement hypodermique est estimée en faisant la moyenne entre la température du ruissellement superficiel et la température de l'écoulement de base. La température de l'écoulement de base est évaluée à partir des données régionales disponibles. Elle peut être prise comme une constante ou être variable selon une sinusoïde annuelle.

Les transferts d'énergie entre les carreaux partiels sont calculés après avoir complété sur chaque carreau partiel, le bilan local des échanges d'énergie à la surface de l'eau et des apports advectifs. La quantité d'énergie transférée est fonction du volume d'eau écoulé et de la température de l'eau sur le carreau partiel d'origine.

Le bilan d'énergie n'est pas effectué pendant la période où la rivière peut être couverte de glace. Cette période est définie empiriquement à l'aide d'un paramètre du modèle qui est fonction du stock de neige au sol.

### 6.2.4 Application du modèle thermique

L'application du modèle thermique nécessite premièrement la calibration du modèle hydrologique pour reproduire le mieux possible les débits observés. Par la suite, le modèle thermique est ajusté en modifiant les paramètres ou constantes pour simuler correctement les températures de l'eau en rivière. Deux paramètres sont utilisés pour modifier si nécessaire les données physiographiques. Quatre autres paramètres, dont les valeurs devraient varier autour de l'unité, permettent d'ajuster l'influence relative de la radiation solaire, du rayonnement infrarouge, de l'évaporation et de la convection. Les autres paramètres ou constantes sont utilisés pour fixer les conditions initiales et pour déterminer la fin de la période hivernale. Les paramètres utilisés par le modèle thermique sont décrits au Tableau 6.1.

L'ajustement des paramètres se fait par essais et erreurs en utilisant principalement l'étude graphique des températures de l'eau, observées et calculées. La calibration a pour but de trouver la valeur des paramètres pour que les températures de l'eau calculées par le modèle soient représentatives des températures observées et qu'il n'y ait pas d'erreur systématique dans les simulations.

Le modèle permet d'utiliser jusqu'à dix stations de qualité pour analyser la précision du modèle en comparant les températures de l'eau observées et calculées. Une fois calibré, le modèle permet de calculer les températures journalières de l'eau à la sortie de chaque carreau partiel.

**Tableau 6.1** Paramètres intervenant dans le modèle thermique

Paramètre	Description
-----------	-------------

COPRO	Coefficient permettant de modifier la profondeur minimale du tronçon de rivière pour tous les carreaux partiels. COPRO devrait être fixé à 1,0 pour la première simulation.
COLARG	Coefficient permettant de modifier la largeur du tronçon de rivière pour tous les carreaux partiels. COLARG devrait être fixé à 1,0 pour la première simulation.
$C_s$	Coefficient permettant d'augmenter ou de diminuer l'importance du rayonnement solaire dans le bilan d'énergie; devrait être fixé à 1,0 pour la première simulation.
$C_i$	Coefficient permettant d'augmenter ou de diminuer l'importance du rayonnement infrarouge dans le bilan d'énergie; devrait être fixé à 1,0 pour la première simulation.
$C_e$	Coefficient permettant d'augmenter ou de diminuer l'importance de l'évaporation dans le bilan d'énergie; devrait être fixé à 1,0 pour la première simulation.
$C_c$	Coefficient permettant d'augmenter ou de diminuer l'importance de la convection dans le bilan d'énergie; devrait être fixé à 1,0 pour la première simulation.
CRIGEL	Critère de gel vérifié à chaque carreau partiel: si le stock de neige au sol est supérieur à CRIGEL, la température des eaux de ruissellement est fixée à 0°C; si le stock de neige est inférieur à CRIGEL, la température des eaux de ruissellement est linéairement fixée entre 0°C et la température de l'air en fonction du stock; si le stock de neige est nul, les eaux de ruissellement sont supposées être à la température de l'air (CRIGEL est exprimé en mm d'eau).
TNAP	Température moyenne annuelle des eaux souterraines sur le bassin versant (°C).
PANAP	Paramètre permettant d'ajuster la température de l'écoulement souterrain arrivant en rivière. Lorsque PANAP = 0,0, cette température vaut TNAP; lorsque PANAP = 1,0, cette température vaut la température de l'air si positive. PANAP peut être fixé entre 0,0 et 1,0 et son influence est linéaire entre ces deux limites.
TINIT	Température moyenne de l'eau sur l'ensemble du bassin versant estimée au premier jour des simulations (°C).
BASSOL	Lame de précipitation totale permettant de détecter les jours de faible rayonnement solaire (mm d'eau).
CORSOL	Correction du rayonnement solaire moyen (RSM) pour les jours sans pluie ( $RSM(1+CORSOL)$ ) et les jours de fortes pluies ( $RSM(1-CORSOL)$ ) (varie entre 0,0 et 1,0).

Les données journalières de températures de l'eau mesurées aux stations de qualité sont lues par le modèle sur le fichier des données de qualité (extension QUA). Le chapitre 4 explique la préparation de ce fichier. Les paramètres d'ajustement et les données météorologiques mensuelles sont lues sur les vecteurs du fichier des paramètres de qualité (extension PAQ). L'annexe J donne la description de ces vecteurs et de toutes les variables qu'ils contiennent.

### **6.3 Modélisation des solides en suspension**

Les solides en suspensions constituent encore de nos jours un domaine mal connu tant du point de vue hydraulique qu'au niveau de leur importance pour la qualité de l'eau. Il est très difficile de déterminer la fraction granulométrique possédant l'impact majeur. La présence de solides en suspension implique divers problèmes de sédimentation causés par les fractions grossières, tandis que les fractions de plus petites tailles, tels les limons et les argiles, jouent un rôle de base sur la qualité de l'eau. Le rapport surface/volume de ces derniers est beaucoup plus élevé que pour les particules grossières et de ce fait permet un plus grand potentiel d'absorption de produits chimiques divers (toxiques, métaux lourds, orthophosphates, etc...).

Il devient donc nécessaire de pouvoir estimer l'importance du débit sédimentaire total d'une rivière pour toutes les fractions granulométriques. Plusieurs méthodes, soient statistiques ou déterministes, permettent d'estimer en partie ou en totalité ce paramètre. Toutefois, aucune n'est vraiment universelle. Certaines méthodes peuvent s'appliquer à des cas très spécifiques et peuvent mieux représenter la réalité.

L'approche empirique déterministe a été retenue pour la présente étude. Elle est basée sur une combinaison de variables physiques, de lois physiques ou hydrauliques et de relations empiriques. Les variables physiques comprennent des paramètres tels que le débit, la pente, le couvert végétal, l'exposition, l'érodabilité des sols, les précipitations, etc. Les lois physiques peuvent être décrites par des équations de continuité, le nombre de Froud, la loi de Stokes, etc. Cette approche permet la prédictibilité du modèle. L'utilisation d'une telle procédure permet d'expliquer ou de déterminer en partie, la production ou le transfert des sédiments sur chaque carreau d'une grille selon l'influence des divers paramètres physiques de ce carreau. La calibration finale du modèle s'effectue par l'ajustement de coefficients empiriques de façon à minimiser l'écart entre les valeurs mesurées aux stations de qualité et celles calculées. L'approche requiert plusieurs types de données physiques et physiographiques devant être déterminés au préalable. La précision de l'ajustement peut être évaluée à la fois par la comparaison graphique des hydrogrammes de crues sédimentaires observées et calculées et par des coefficients numériques.

### 6.3.1 Conceptualisation du modèle

Deux concepts majeurs caractérisent le modèle de solides en suspension adapté au modèle de qualité CEQUEAU (Couillard et al. 1988). Le premier concept est lié à la production de sédiments sur chacun des carreaux entiers composant le bassin versant étudié. La production est liée à la notion de disponibilité en sédiment pour l'érosion, laquelle est soumise à l'intervalle de temps où il n'y a pas eu de ruissellement de surface ou de ruissellement retardé. De plus, cette production ne peut être transportée instantanément. Le phénomène est alors compensé par un facteur d'amortissement. La production s'effectue de deux façons. Une première forme se produit sur le sol et provient d'une relation utilisant le ruissellement de surface et le ruissellement retardé. Une deuxième forme de production est réalisée en rivière et se traduit par l'érosion des berges et des sédiments déposés sur le lit du cours d'eau. Une division de la production en quatre (4) classes granulométriques permet de suivre le phénomène du transport sédimentaire et de la sédimentation avec plus d'efficacité.

Le second concept est caractérisé par le transfert (ou transport) de la charge sédimentaire vers l'aval du bassin versant. Une technique semblable au transfert du débit est utilisée pour caractériser le cheminement des sédiments. Les bilans des classes de sédiments sont effectués à chaque jour en fonction de l'accumulation ou du transport des sédiments pour chacun des carreaux partiels du bassin versant. Le résultat final se traduit par une concentration moyenne à l'exutoire du carreau partiel. Cette valeur peut être convertie en volume par une simple multiplication avec le débit calculé par le modèle hydrologique.

Il est important de souligner que le modèle ne tient pas compte de la charge basale. Elle n'occupe toutefois qu'une importance mineure au Québec et d'après Frenette (1979) elle constitue environ 5 à 10% de la charge sédimentaire totale transportée par la rivière.

### 6.3.2 Production des solides en suspension

Le modèle doit reposer sur des concepts physiques pour rencontrer sa vocation déterministe. Plusieurs équations sont mentionnées dans la littérature et la plus accessible compte tenu des données disponibles est celle décrite par Meyer-Wischmeier (Meyer, 1971). En raison d'une double production de solides en suspension sur le sol et en rivière, cette équation convient au développement du modèle. La forme initiale de l'équation est structurée de façon à respecter l'équation de continuité des sédiments:

$$\frac{\Delta G}{t} = A_i (S_{dr} I^2 + S_{df} Q^{\frac{2}{3}} S_e^{\frac{2}{3}}) \quad (6,7)$$

où:

- $G$  : production de sédiment en suspension par unité de temps;
- $S_{dr}$  : coefficient de production au sol;
- $S_{df}$  : coefficient de production en rivière;
- $A_i$  : superficie de l'élément  $i$  ( $\text{km}^2$ );
- $I$  : intensité de la pluie (mm);
- $Q$  : débit ( $\text{m}^3/\text{s}$ );
- $Se$  : pente moyenne du cours d'eau sur l'élément  $i$  (m/km).

La première partie de l'équation détermine la production de solides en suspension provenant de l'érosion du sol. La deuxième partie estime la production en rivière. La première partie ne peut être utilisée telle quelle dans le modèle de qualité en raison de l'absence de données de précipitations sur une base horaire. Pour contourner ce problème, une approche similaire à celle de Constable (1975) est utilisée pour déterminer la production. C'est une relation empirique permettant un estimé du matériel "disponible" à l'érosion. Constable (1975) estimait cette valeur comme une constante. Nous avons modifié la relation en faisant intervenir certains paramètres physiques à cette constante de façon à créer la relation suivante:

$$P_s = a F_s E A_i \quad (6,8)$$

où:

- $P_s$  : matériel disponible à l'érosion ( $\text{m}^3$ );
- $a$  : coefficient de disponibilité (m);
- $F_s$  : fraction de sol sur l'élément  $i$ ;
- $E$  : exposition (couvert végétal);
- $A_i$  : superficie de l'élément  $i$  ( $\text{km}^2$ ).

Le coefficient  $a$  peut être déterminé lors de la calibration du modèle. Pour un carreau entier, la fraction de sol ( $F_s$ ) est obtenue par l'équation suivante:

$$F_s = (1 - F_L - F_M) \quad (6,9)$$

où:

- $F_L$  : fraction de superficie de l'élément  $i$  associé aux lacs;
- $F_M$  : fraction de superficie de l'élément  $i$  associé aux marais.

L'exposition ( $E$ ) est calculée à partir d'une variante de l'équation développée par Frenette et al. (1974). L'équation de base s'écrit:

$$E = F_{SN} + 0.01 F_F \quad (6,10)$$

où:

$F_{SN}$  : fraction de sol nu sur l'élément  $i$ ;  
 $F_F$  : fraction de forêt sur l'élément  $i$ .

La variante de l'équation 6.10 conçue pour le modèle de qualité prend la forme suivante:

$$E = 0.01 F_F + (F_S - F_F) \quad (6,11)$$

Dans le modèle de qualité proposé, deux équations similaires à l'équation 6.8 sont utilisées pour estimer les solides en suspension produit au niveau du sol, par le ruissellement de surface et par le ruissellement retardé:

$$\begin{aligned} P_{s1} &= a_1 F_S E A_i \\ P_{s2} &= a_2 F_S E A_i \end{aligned} \quad (6,12)$$

où:

$P_{s1}$  : volume de sédiment disponible pour le ruissellement de surface ( $m^3$ );  
 $P_{s2}$  : volume de sédiment disponible pour le ruissellement retardé ( $m^3$ );  
 $a_1$  : coefficients de disponibilité pour le ruissellement de surface variant normalement entre 0,1 et 0,5;  
 $a_2$  : coefficients de disponibilité pour le ruissellement retardé variant normalement entre 0.05 et 0.25.

Le lessivage vers la rivière des sédiments disponibles au niveau du sol utilise le ruissellement de surface comme paramètre clé et peut être associé à l'intensité de la pluie dans l'équation 6.7. Dans le but d'empêcher le lessivage complet du matériel lors d'une crue mineure, le matériel érodé est dépendant de la hauteur de la lame d'eau produite par rapport à une lame permettant le lessivage complet. L'approche retenue pour le calcul du volume de sédiments entraînés à la rivière par le ruissellement de surface est:

$$R_1 = P_{s1} \times \left( \frac{L_R}{K_1} \right)^2 \quad (6,13)$$

où:

$R_1$  : volume de sédiments érodé par le ruissellement de surface ( $m^3$ );

- $P_{S1}$  : volume de sédiments disponible pour le ruissellement de surface (m<sup>3</sup>);  
 $L_R$  : lame ruissellée en surface (calculée par le modèle hydrologique) (mm);  
 $K_1$  : lame d'eau limite permettant la prise en charge de tous les sédiments disponibles (mm).

Une approche semblable est utilisée pour le calcul du volume de sédiments entraînés à la rivière par le ruissellement retardé.

$$R_2 = P_{S2} \times \left( \frac{L_T}{K_2} \right)^2 \quad (6,14)$$

où:

- $R_2$  : volume de sédiments érodés par le ruissellement retardé (m<sup>3</sup>);  
 $P_{S2}$  : volume de sédiments disponibles pour le ruissellement retardé (m<sup>3</sup>);  
 $L_T$  : lame de ruissellement retardé (calculé par le modèle hydrologique) (mm);  
 $K_2$  : lame d'eau limite permettant la prise en charge de tous les sédiments disponibles (mm).

Les ruissellements de surface et retardé sont tous deux calculés par le modèle hydrologique. Les deux productions de sédiments sont utilisées pour l'estimation du matériel disponible total. Ils ne sont pas complémentaires dans ce modèle.

La production de solides érodés en rivière est estimée par une variante de la deuxième partie de l'équation 6.7. L'équation finale prend la forme suivante:

$$P_R = a Q^b S_e^c L \quad (6,15)$$

où:

- $P_R$  : volume de sédiments érodé en rivière (m<sup>3</sup>);  
 $a$  : facteur de production;  
 $Q$  : débit (m<sup>3</sup>/s);  
 $b$  : facteur de puissance du débit;  
 $S_e$  : pente moyenne de la rivière (m/km);  
 $c$  : facteur de puissance de la pente de la rivière;  
 $L$  : longueur du cours d'eau dans l'élément de surface (km).

La pente moyenne du cours d'eau est estimée par l'équation suivante:

$$S_e = \frac{(H_{max} - H_{min})}{L} \quad (6,16)$$

où:

$S_e$	:	pente moyenne du cours d'eau (m/km);
$H_{max}$	:	altitude du cours d'eau à l'entrée de l'élément $i$ (m);
$H_{min}$	:	altitude du cours d'eau à la sortie de l'élément $i$ (m);
$L$	:	longueur du cours d'eau dans l'élément $i$ (km).

Cette relation est valide pour toute parcelle dont la source ne se situe pas sur l'élément concerné. Une valeur de pente moyenne définie empiriquement est attribuée aux éléments de surface où les cours d'eau prennent leur source.

La production totale disponible au niveau de la rivière de l'élément considéré est obtenue par l'addition des productions au sol ( $R_1$  et  $R_2$ ) et de la production en rivière ( $P_R$ ).

Dans le cours d'eau, cette production doit être distribuée selon la taille granulométrique. Une telle procédure a été discutée par Constable (1975) pour l'érosion et le transport des sédiments en rivière. Les quatre classes utilisées dans notre étude sont les suivantes:

Classe I:	argile et limon	0 - 0,0625 mm
Classe II:	sable fin	0,0625 - 0,3 mm
Classe III:	sable fin-moyen	0,3 - 0,6 mm
Classe IV:	sable moyen	0,6 - 2,0 mm

La fraction du volume associée à chacune des classes est estimée lors de la calibration. Une taille de 2 mm fut jugée comme la taille maximum transportée en suspension. La classe I possède la particularité de toujours demeurer en suspension. A cause des vitesses du courant dans les cours d'eau, les argiles et les limons ne sédimentent pas. Toutefois, l'hypothèse ne tient plus en présence de lacs ou d'élargissement du cours d'eau.

### 6.3.3 Transfert des solides en suspension

La deuxième partie du modèle des solides en suspension a pour but de reproduire le transfert des sédiments vers l'aval. Cette partie est expliquée par deux phénomènes: la vitesse du transport sédimentaire et le phénomène érosion-sédimentation. Le premier constitue l'action de base du modèle de transport. Il permet d'amener les sédiments en suspension jusqu'à l'exutoire du bassin versant. Le concept de transfert est le même que pour les débits. Le temps moyen que prennent les sédiments pour traverser un carreau partiel est obtenu en divisant le temps de réponse du bassin versant par le nombre de carreaux partiels associés au chemin le plus long entre l'amont du bassin et l'exutoire de la rivière principale. Le nombre 24 divisé par le temps moyen de transport permet d'estimer le nombre de carreaux partiels parcourus dans une journée. Par exemple, si un temps moyen de trois heures représente un passage journalier d'un carreau, chacun des carreaux sera affecté de huit opérations journalières ou bilans et ce, à chaque jour.

La sédimentation/ressuspension est un phénomène de nature plus complexe. La sédimentation ou la prise en charge des sédiments est principalement liée à la vitesse du courant dans le cours d'eau. Celle-ci n'est pas connue et doit être estimée à partir du débit et de la largeur de la rivière. Partons du principe que le débit  $Q$  peut être estimé par l'équation suivante:

$$Q = h \ell V \quad (6,17)$$

où:

- $h$  : hauteur fictive;
- $Q$  : débit calculé par le modèle hydrologique;
- $R$  : largeur;
- $V$  : vitesse du courant.

Cette équation peut être modifiée de façon à définir la hauteur:

$$h = \frac{Q}{V\ell} \quad (6,18)$$

Or, il est possible de définir un estimé de  $h$  en faisant l'hypothèse que le cours d'eau est en régime critique et en situation de canal rectangulaire.

$$h = \frac{V^2}{g} \quad (6,19)$$

où:

- $g$  : accélération due à la gravité.

Cette situation est possible lorsque le nombre de Froud est près de l'unité. Cette relation permet d'introduire le facteur vitesse qui, combiné à l'équation 6.17, détermine la relation suivante:

$$Q = \frac{V^3 \ell}{g} \quad (6,20)$$

Cette équation permet l'estimation de la vitesse ou de la hauteur:

$$V = \left( \frac{Qg}{\ell} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (6,21)$$

$$h = \frac{Q^{\frac{2}{3}}}{\ell^{\frac{2}{3}} g^{\frac{1}{3}}} \quad (6,22)$$

La largeur peut être mesurée sur une carte topographique ou estimée par une équation en fonction de la superficie du bassin versant en amont. L'équation 6.21 est utilisée par la suite pour déterminer la vitesse de l'écoulement, sur une base journalière, à la sortie de chacun des carreaux partiels.

Le diamètre critique et la vitesse critique sont des paramètres important dans la dynamique de la sédimentation du modèle proposé en raison de l'utilisation de classes granulométriques. Plusieurs auteurs ont proposé des relations entre le diamètre critique et la vitesse de l'écoulement. Constable (1975) a présenté une revue de littérature sur ces relations. Pour évaluer la vitesse critique, Metcalf et Eddy (1972) proposent l'équation suivante:

$$V_c = \left[ 8K (\rho_s - \rho_w) g \frac{d}{f} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6,23)$$

où:

- $V_c$  : vitesse critique;
- $K$  : constante estimée à 0,056 par Constable (1975);
- $D_s$  : densité du solide;
- $D_w$  : densité de l'eau;
- $g$  : accélération due à la gravité;
- $d$  : diamètre des particules;
- $f$  : facteur de friction de Darcy-Weisbach.

Pour un milieu donné, la constante  $K$ , la densité de l'eau et des solides, l'accélération due à la gravité et le coefficient de Darcy-Weisbach peuvent être assumés constants. Ceci permet la simplification de l'équation 6.23.

$$V_c = a d^{1/2} \quad (6,24)$$

où:

- $a$  : constante intégrant les variables  $K$ ,  $D_s$ ,  $D_w$ ,  $g$  et  $f$
- $d$  : diamètre des particules.

L'équation 6.24 donne une estimation de la vitesse critique en fonction du diamètre des particules. Toutefois, l'emploi de cette équation sous une forme alternative est possible. Avec la vitesse ( $V$ ) obtenue de l'équation 6.21 nous pouvons déterminer le diamètre maximum des particules ( $d_c$ ) maintenues en suspension par:

$$d_c = a_c V^{b_c} \quad (6,25)$$

où  $a_c$  et  $b_c$  peuvent être estimés empiriquement lors de la calibration.

Un bilan des volumes de sédiments déposés et transportés est réalisé pour chacun des carreaux entiers et partiels, et ce pour chacune des trois dernières classes de sédiments et à chacun des transferts. La première classe de sédiment renferme les particules très fines qui demeurent en suspension et ne sédimentent jamais dans un cours d'eau à régime normal.

Dans un même temps, les volumes de sédiments en suspension des carreaux en amont sont additionnés au stock du carreau en aval et ainsi de suite vers l'exutoire. Le carreau partiel numéro 1, situé à l'exutoire du bassin, est représentatif de la production du bassin versant entier.

Pour limiter l'érosion qui peut se produire dans un seul transfert, on utilise un paramètre d'amortissement. Si le diamètre critique est inférieur au diamètre maximum d'une classe, on calcule, pour cette classe une correction qui tient compte de la fraction non entraînée. On utilise le facteur d'amortissement non modifié pour les classes inférieures sauf pour la classe I qui demeure toujours en suspension et par conséquent utilise toujours un facteur égal à 1,0. Selon le diamètre critique, les relations suivantes sont utilisées pour modifier le facteur d'amortissement que l'on doit utiliser:

$$\begin{aligned}
 PAM' &= PAM \times \left[ \frac{d_c - 0,0625}{0,2375} \right] ; & 0,0625 < d_c < 0,3 \\
 PAM' &= PAM \times \left[ \frac{d_c - 0,3}{0,3} \right] ; & 0,3 < d_c < 0,6 \\
 PAM' &= PAM \times \left[ \frac{d_c - 0,6}{1,4} \right] ; & 0,6 < d_c < 2,0
 \end{aligned} \tag{6,26}$$

où:

- PAM'* : Paramètre d'amortissement modifié en fonction du diamètre critique;  
*PAM* : Paramètre d'amortissement de l'érosion ou proportion maximale des sédiments en suspension des classes II, III ou IV exportés au carreau partiel aval pendant un transfert.

### 6.3.4 Application du modèle de solides en suspension

L'application du modèle de solides en suspension nécessite premièrement la calibration du modèle hydrologique pour reproduire le mieux possible les débits observés. Par la suite, le modèle de solides en suspension est ajusté en modifiant les paramètres ou constantes pour simuler correctement les solides en suspension mesurés en rivière. Les paramètres intervenant dans le modèle de solides en suspension sont décrits au Tableau 6.2. L'ajustement de ces paramètres se fait par essais et erreurs en utilisant principalement l'étude graphique des solides en suspension, observés et calculés. La calibration a pour but de trouver la valeur des paramètres pour que les solides en suspension calculés par le modèle soient représentatifs des solides en suspension observés et qu'il n'y ait pas d'erreur systématique dans les simulations.

Le modèle permet d'utiliser jusqu'à dix stations de qualité pour analyser la précision du modèle en comparant les valeurs observées et calculées. Une fois calibré, le modèle permet de calculer les solides en suspension à la sortie de chaque carreau partiel.

Les données journalières de solides en suspension mesurées aux stations de qualité sont lues par le modèle sur le fichier de données de qualité (extension QUA). Le chapitre 4 explique la préparation de ce fichier. Les paramètres d'ajustement sont lus sur les vecteurs du fichier des paramètres de qualité (extension PAQ). L'annexe J donne la description de ces vecteurs et de toutes les variables contenues sur ces vecteurs.

**Tableau 6.2** Paramètres intervenant dans le modèle de solide en suspension.

Paramètres	Description
$a_1$	Coefficients de disponibilité des sédiments au sol pour l'entraînement par le ruissellement de surface (équation 6.12).
$a_2$	Coefficients de disponibilité des sédiments au sol pour l'entraînement pour le ruissellement retardé (équation 6.12).
$K_1$	Lame journalière de ruissellement de surface entraînant vers la rivière tous les sédiments au sol (équation 6.13).
$K_2$	Lame journalière de ruissellement retardé entraînant vers la rivière tous les sédiments au sol (équation 6.14).
$a$	Coefficient empirique de production des sédiments en rivière (équation 6.15).
$b$	Puissance du débit pour le calcul de la production des sédiments en rivière (équation 6.15).
$c$	Puissance de la pente moyenne du cours d'eau pour le calcul des sédiments en rivière (équation 6.15).
POSS1	Proportion des sédiments totaux produits entre 0,0 et 0,0625 mm.
POSS2	Proportion des sédiments totaux produits entre 0,0625 et 0,3 mm.
POSS3	Proportion des sédiments totaux produits entre 0,3 et 0,6 mm.
POSS4	Proportion des sédiments totaux produits entre 0,6 et 2,0 mm.
$a_c$	Coefficient empirique dans l'équation du diamètre critique en rivière (équation 6.25).
$b_c$	Puissance de la vitesse dans l'équation du diamètre critique en rivière (équation 6.25).
PAM	Paramètre d'amortissement de l'érosion ou proportion maximale des sédiments en suspension des classes II, III ou IV exportés au carreau partiel aval pendant un transfert (équation 6.26).
QSOL1	Quantité de sédiments au sol, entraînable par ruissellement direct sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation ( $m^3$ ).
QSOL2	Quantité de sédiments au sol, entraînable par ruissellement retardé sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation ( $m^3$ ).
SED1	Quantité de sédiments en suspension de classe I en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation ( $m^3$ ).
SED2	Quantité de sédiments en suspension de classe II en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation ( $m^3$ ).
SED3	Quantité de sédiments en suspension de classe III en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation ( $m^3$ ).
SED4	Quantité de sédiments en suspension de classe IV en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation ( $m^3$ ).

## 6.4 Modélisation de l'oxygène dissous et la demande biochimique d'oxygène

Parmi les différents paramètres de qualité de l'eau, l'oxygène dissous est celui qui est le plus fréquemment utilisé et qui est généralement reconnu comme le meilleur indicateur de l'état de santé d'un cours d'eau. Non seulement est-il facile à mesurer sur une base continue mais de lui dépendent toute une série de processus chimiques et biologiques comme la respiration de la faune et de la flore aquatique ou la biodégradation de déchets organiques.

Dans le cas des rivières, presque tous les modèles développés dérivent de Streeter et Phelps (1925) qui définissent un système d'interaction à deux équations pour l'oxygène dissous (OD) et pour la demande biochimique en oxygène (DBO). Les chercheurs qui ont suivi ont ajouté des termes supplémentaires aux équations de base, précisé les méthodes d'évaluation des paramètres et étendu le champ d'application du modèle original.

Deux concepts majeurs caractérisent la méthode d'évaluation de la sous-routine de l'oxygène dissous et de la demande biochimique en oxygène adaptée au modèle hydrologique. Le premier concept est lié à la production des charges journalières en DBO et OD sur chacune des parcelles du bassin versant étudié. Dans le cas de la DBO, la production des sources diffuses est liée à l'utilisation du territoire et la charge accumulée ne peut être entraînée entièrement ou en partie vers la rivière que s'il existe un écoulement suffisant au niveau du sol. Aux charges diffuses entraînées s'ajoutent les charges ponctuelles. Dans le cas de l'OD, la production est liée aux apports locaux d'eau.

Le second concept correspond à la dégradation et au transfert de la charge en rivière. La dégradation est calculée en utilisant les principales équations proposées dans la littérature. Le transfert de la charge vers l'aval s'effectue en utilisant le même processus que pour les débits.

### 6.4.1 Conceptualisation du modèle

Le modèle que nous utiliserons est inspiré de l'approche présentée par O'Connor et Di Toro (1970) et par O'Connor (1971). La variation dans le temps des concentrations en OD et DBO est égale à la somme des sources et des puits définis par les équations suivantes:

$$\begin{aligned}\Sigma S_{OD} &= K_2 (C_s - C) - K_C L_C - K_N L_N - D_B - R + P \\ \Sigma S_{DBO} &= -K_C L_C - K_N L_N\end{aligned}\tag{6,27}$$

où:

$S_{OD}$	:	sources ou puits d'OD (mg/l;jour);
$S_{DBO}$	:	sources ou puits de DBO (mg/l;jour);
$C_S$	:	concentration à saturation d'oxygène dissous (mg/l);
$C$	:	concentration en oxygène dissous (mg/l);
$K_2$	:	coefficient de réoxygénation (jour <sup>-1</sup> );
$K_C$	:	coefficient de désoxygénation due à la DBO d'origine carbonée (jour <sup>-1</sup> );
$K_N$	:	coefficient de désoxygénation due à la DBO d'origine nitrée (jour <sup>-1</sup> );
$L_C$	:	concentration de la DBO d'origine carbonée (mg/l);
$L_N$	:	concentration de la DBO d'origine nitrée (mg/l);
$D_B$	:	demande en oxygène dissous par les sédiments du fond (mg/l ;Jour);
$R$	:	puits d'OD dû à la respiration des algues (mg/l;jour);
$P$	:	source d'OD due à la photosynthèse des algues (mg/l;jour).

Dans la première équation, les termes R et P représentant, l'action combinée de photosynthèse et de respiration, sont utilisés normalement pour la représentation des variations diurnes de l'OD. Ces termes ne seront pas considérés ici. L'utilisation du modèle de température de l'eau en rivière est nécessaire afin de définir la concentration à saturation de l'oxygène dissous et pour corriger en fonction de la température de l'eau les coefficients de consommation en OD et en DBO et la demande benthique. Pour un tronçon de rivière homogène, de surface et de débit constants, les solutions du modèle OD-DBO s'écrivent (O'Connor, 1971):

$$\begin{aligned}
 D = D_0 e^{-k_2 t} & \quad (\text{réoxygénation}) \\
 + \frac{K_D L_O}{K_2 - K_R} [e^{-k_R t} - e^{-k_2 t}] & \quad (\text{DBO carbonée}) \\
 + \frac{K_N N_O}{K_N - K_R} [e^{-k_N t} - e^{-k_2 t}] & \quad (\text{DBO nitrée}^*) \\
 + \frac{B}{K_2} [1 - e^{-k_2 t}] & \quad (\text{demande benthique}^*)
 \end{aligned}
 \tag{6,28}$$

$$DBO_T = L_0 e^{-k_R t} + (N_0 e^{-k_N t})^*
 \tag{6,29}$$

où:

$D$	:	déficit en oxygène dissous au temps t (mg/l);
$D_0$	:	déficit initial en oxygène dissous au temps 0 (mg/l);

$DBO_T$	:	concentration totale en DBO (mg/l);
$L_0$	:	concentration initiale en DBO d'origine carbonée (mg/l);
$N_0$	:	concentration initiale en DBO d'origine nitrée (mg/l);
$B$	:	demande benthique en oxygène dissous (mg/l);
$t$	:	temps (1 jour);
$K_2$	:	coefficient de réoxygénation ( $\text{jour}^{-1}$ );
$K_R$	:	coefficient de diminution de la DBO carbonée ( $\text{jour}^{-1}$ );
$K_D$	:	coefficient de consommation d'OD ( $\text{jour}^{-1}$ );
$K_N$	:	coefficient de diminution de la DBO nitrée ( $\text{jour}^{-1}$ ).

\* non introduits dans la version actuelle du modèle

O'Connor (1971) précise que le taux de consommation d'oxygène n'est pas nécessairement égal au taux de diminution de la DBO qui peut disparaître aussi par sédimentation, volatilisation ou par d'autres processus, d'où la distinction entre les coefficients  $K_R$  et  $K_D$  dans le cas de la DBO d'origine carbonée. Faute de données, ces deux coefficients pourront initialement être posés égaux mais seront distingués afin de conserver un degré de liberté supplémentaire dans l'ajustement du modèle. Les termes associés à la DBO nitrée et à la demande benthique ne sont pas introduits dans le modèle actuel.

## 6.4.2 Détermination des coefficients du modèle OD-DBO

### 6.4.2.1 Coefficients de consommation de l'OD et de la DBO

Les valeurs du coefficient de consommation de l'OD ( $K_D$ ) et du coefficient de diminution de DBO carbonée ( $K_R$ ) devraient être basées sur l'interprétation de tests de  $DBO_5$  typiques des rivières étudiées, lorsque disponibles. A priori égaux, ces deux coefficients pourront se voir attribuer des valeurs légèrement différentes lors de la calibration du modèle OD-DBO.

### 6.4.2.2 Coefficient de réoxygénation

Le coefficient de réoxygénation  $K_2$  est déterminé par l'équation de Dobbins (1956) modifiée à l'aide de deux coefficients d'ajustement:

$$K_2(20^\circ C) = C_a C_h \frac{3,0U^{0,67}}{H^{1,75}} \quad (6,30)$$

où:

$K_2(20^\circ C)$ :	coefficient de réoxygénation à 20 °C;
$C_a$	: coefficient d'ajustement annuel;
$C_h$	: coefficient d'ajustement sous couvert de glace;

$U$  : vitesse moyenne du courant (m/s);  
 $H$  : profondeur moyenne (m).

Le coefficient d'ajustement  $C_a$  permet d'augmenter ou de diminuer la valeur calculée du coefficient de réoxygénation. En période hivernale seulement le coefficient  $C_h$  permet de diminuer la valeur calculée du coefficient de réoxygénation pour tenir compte de l'effet du couvert de glace.

Les dates de prise du couvert de glace et de la débâcle sont celles estimées à l'aide du modèle de température de l'eau. Lorsqu'il n'y a pas de couvert de glace,  $C_h$  vaut 1,0.

La vitesse moyenne est calculée comme étant le nombre moyen de carreaux partiels traversés à chaque jour multiplié par la longueur moyenne d'un tronçon de rivière sur un carreau partiel. Le nombre moyen de carreaux partiels traversés est fourni par le modèle hydrologique alors que la longueur moyenne d'un tronçon est estimée par la racine carrée de la superficie d'un carreau partiel. La profondeur moyenne est celle définie pour le modèle de température de l'eau.

#### 6.4.2.3 Correction des coefficients en fonction de la température

Les coefficients de consommation de l'OD et de la DBO ( $K_D$  et  $K_R$ ) et le coefficient de réoxygénation ( $K_2$ ) sont corrigés en fonction de la température de l'eau selon les équations suivantes:

$$K_D (T) = K_D (20^{\circ}C) \times 1,045^{(T-20)} \quad (6,31)$$

$$K_R (T) = K_R (20^{\circ}C) \times 1,045^{(T-20)} \quad (6,32)$$

$$K_2 (T) = K_2 (20^{\circ}C) \times 1,025^{(T-20)} \quad (6,33)$$

où:

$K_D$  : coefficient de consommation de l'OD à la température  $T$  (jour<sup>-1</sup>);  
 $K_R$  : coefficient de consommation de la DBO à la température  $T$  (jour<sup>-1</sup>);  
 $K_2$  : coefficient de réoxygénation à la température  $T$  (jour<sup>-1</sup>);  
 $T$  : température de l'eau en °C.

#### 6.4.2.4 Apports advectifs en DBO à la rivière

L'utilisateur du modèle OD-DBO doit définir sur le bassin étudié les charges moyennes

journalières en DBO d'origine humaine, animale, industrielle, agricole ou naturelle s'il y a lieu. Il importe de distinguer les charges ponctuelles et les charges diffuses. Les charges ponctuelles sont celles qui arrivent directement à la rivière, comme par exemple celles associées à l'exutoire d'un réseau d'égouts ou à l'effluent d'une industrie. Les charges diffuses sont réparties spatialement et peuvent cheminer un certain temps sur ou dans le sol avant d'arriver au tronçon principal, citons par exemple la DBO reliée au fumier animal.

Les charges ponctuelles doivent être identifiées au carreau partiel auquel elles appartiennent et les charges diffuses à leur carreau entier; ceci en accord avec le quadrillage défini pour le modèle hydrologique. Ces charges ainsi identifiées deviennent des données d'entrée du modèle OD-DBO. La charge totale en DBO est la somme des charges ponctuelles et de la partie des charges diffuses qui atteindra la rivière.

#### 6.4.2.5 Estimation de la charge diffuse effective sur un carreau entier

Sur chaque carreau entier, une partie seulement de la charge diffuse arrive à la rivière. Nous avons donc défini une procédure d'estimation de la charge diffuse effective en rivière à partir des variables fournies par le modèle hydrologique.

Nous considérons que seuls les ruissellements de surface et retardé peuvent contenir une charge en DBO. Les charges provenant de la nappe et des eaux de débordement des lacs et marais sont supposées nulles.

A chaque jour, sur chaque carreau entier, la charge diffuse journalière moyenne est additionnée à la charge accumulée la veille. La charge accumulée subit une dégradation (diminution) quotidienne partielle qui n'est pas la même selon qu'il y a ou non de la pluie ou de la fonte.

#### 6.4.2.6 Dégradation de la charge accumulée au sol

Si aucune lame de pluie ou de fonte n'est disponible au niveau du sol, la charge accumulée subit une dégradation linéaire.

$$CH_i = (1 - P_1) CH_{i-1} \quad (6,34)$$

où:

- $CH_i$  : charge diffuse accumulée à la fin du pas de temps (kg);
- $CH_{i-1}$  : charge diffuse accumulée au début du pas de temps (kg);
- $P_1$  : coefficient de dégradation variant entre 0,0 et 1,0.

Si, au niveau du sol, on observe une précipitation liquide ou une lame d'eau provenant de la fonte, la charge restante au sol est estimée à l'aide de l'équation suivante:

$$CH_i = CH_{i-1} e^{\frac{-L}{P_2}} \quad (6,35)$$

où:

- $CH_i$  : charge accumulée à la fin du pas de temps (kg);
- $CH_{i-1}$  : charge accumulée au début du pas de temps (kg);
- $L$  : lame de pluie et de fonte (mm);
- $P_2$  : paramètre d'ajustement correspondant à la lame journalière (mm) de pluie ou de fonte qui dégrade 63% de la charge accumulée au sol.

L'influence du paramètre  $P_2$  est illustrée à la Figure 6.4.

#### 6.4.2.7 Entraînement de la charge diffuse vers la rivière

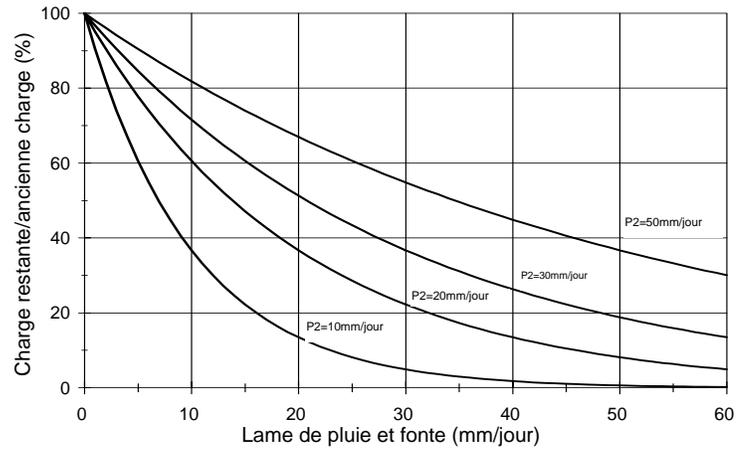
Si, pour un jour donné, il y a du ruissellement de surface et/ou retardé, une partie de la charge est entraînée vers la rivière en subissant en même temps une certaine dégradation. La charge qui est entraînée vers la rivière est fonction de la charge accumulée au sol, de la lame ruissellée estimée par le modèle hydrologique et d'un paramètre d'ajustement:

$$CH_e = CH \left( 1 - e^{-\frac{R}{P_3}} \right) \quad (6,36)$$

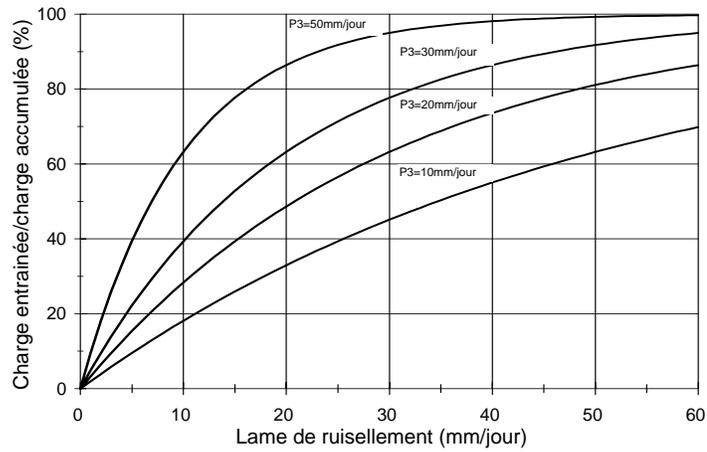
où:

- $CH_e$  : charge entraînée vers la rivière (kg);
- $CH$  : charge accumulée sur le carreau entier (kg);
- $R$  : lame ruissellée calculée par le modèle hydrologique (mm);
- $P_3$  : paramètre d'ajustement correspondant à la lame journalière (mm) de ruissellement qui entraîne 63% de la charge accumulée au sol.

L'influence du paramètre  $P_3$  est illustrée à la Figure 6.4.



**Figure 6.2** Effet du paramètre ( $P_2$ ) de dégradation de la charge accumulée.



**Figure 6.3** Effet du paramètre ( $P_3$ ) d'entraînement de la charge accumulée.

La charge entraînée par la lame d'eau ruissellée subit une dégradation et une partie seulement arrive en rivière. Cette partie, qu'on appelle charge diffuse effective, est calculée par l'équation suivante:

$$CH_d = (1 - P_4) CH_e \quad (6,37)$$

où:

- $CH_d$  : charge diffuse effective sur un carreau entier arrivant en rivière (kg);
- $CH_e$  : charge entraînée vers la rivière (kg);
- $P_4$  : coefficient de dégradation de la charge entraînée variant entre 0,0 et 1,0.

#### 6.4.2.8 Charge totale en DBO sur un carreau partiel

La charge diffuse effective sur un carreau entier est distribuée sur les carreaux partiels y appartenant en fonction de leur surface relative. La charge totale en DBO arrivant de façon journalière sur un tronçon donné est la somme de la charge diffuse effective ainsi définie et des charges ponctuelles sur le carreau partiel considéré.

#### 6.4.2.9 Apports advectifs en OD à la rivière

Les charges advectives en OD sur chaque carreau partiel sont celles contenues dans les eaux de ruissellement, les eaux de ruissellement retardé, les eaux provenant de la nappe phréatique et les eaux de débordement des lacs et marais, toutes considérées à saturation. Les quantités associées à ces différentes sources sont fournies par le modèle hydrologique.

### 6.4.3 Dégradation et transfert en rivière

La dernière partie du modèle d'oxygène dissous et de demande biochimique en oxygène a pour but de reproduire le transfert de la charge vers l'aval. Deux phénomènes sont considérés: la dégradation de la charge accumulée sur chaque tronçon et son déplacement vers l'aval.

Les concentrations en OD et DBO de chaque tronçon au début de la journée sont dégradées en accord avec le modèle de O'Connor (1971) (équations 6.28 et 6.29). Ces concentrations sont obtenues en divisant les charges totales en OD et DBO du tronçon considéré par le volume de dilution correspondant.

La charge totale en OD ou DBO au début d'un pas de temps est la somme de la charge du tronçon, de celle provenant de l'amont et de la charge produite localement sur le carreau partiel. Tel que spécifié précédemment, la charge locale comprend, dans le cas de la DBO, les charges diffuses et ponctuelles et, dans le cas de l'OD, les charges associées aux eaux produites localement.

Le volume d'eau de dilution sur un carreau partiel est la somme d'un volume fixe et d'un

volume variable. Le volume fixe est le produit de la longueur par la largeur du tronçon, tous les deux estimés à l'aide des données physiographiques, par la profondeur déterminée lors de la calibration. Le volume variable d'eau sur un tronçon est défini comme étant le volume variable emmagasiné au pas de temps précédent, plus les apports provenant de l'amont, plus les apports locaux. Ces deux dernières quantités sont fournies par le modèle hydrologique.

Pour la première journée simulée, la concentration moyenne en DBO sur le bassin versant est fixée par l'utilisateur. Pour sa part, la concentration en OD est mise à saturation à la température initiale de l'eau déterminée par l'utilisateur.

Pour un carreau partiel donné, la charge en DBO ou en OD transférée sur le carreau partiel aval est le produit du volume d'eau sortant du carreau partiel considéré par la concentration correspondante ayant subi la dégradation en rivière. Ces transferts s'effectuent du carreau partiel le plus en amont jusqu'au carreau partiel le plus en aval.

#### **6.4.4 Application du modèle de l'OD et de la DBO**

L'application du modèle d'oxygène dissous (OD) et de la demande biochimique en oxygène (DBO) nécessite l'estimation des charges moyennes journalières en DBO d'origine humaine, animale, industrielle, agricole ou naturelle, s'il y a lieu. Ces charges seront utilisées comme données d'entrées du modèle. Il est nécessaire de distinguer les charges diffuses qui sont réparties sur le carreau entier et qui seront entraînées éventuellement vers la rivière et les charges ponctuelles qui arrivent directement à la rivière. Les charges diffuses sont d'origine naturelle, agricole, humaine ou animale. Les charges ponctuelles proviennent des municipalités avec réseau d'égouts et des industries. Ces charges seront lues par le modèle sur les vecteurs du fichier des paramètres de qualité (extension PAQ).

L'application du modèle d'OD et de la DBO nécessite également la calibration du modèle hydrologique pour reproduire le mieux possible les débits observés et la calibration du modèle de température de l'eau en rivière, car le modèle d'OD-DBO nécessite les valeurs de la température de l'eau sur chaque tronçon du cours d'eau à chaque pas de temps.

Par la suite, le modèle d'OD et DBO est ajusté en modifiant au besoin les coefficients empiriques associés aux termes de la production et de la dégradation. Les paramètres intervenant dans le modèle de calcul de l'oxygène dissous et de la demande biochimique en oxygène sont décrits au Tableau 6.3. L'ajustement de ces paramètres se fait par essais et erreurs en utilisant principalement l'étude graphique de l'OD et de la DBO, observés et calculés. La calibration a pour but de trouver la valeur des paramètres pour que les valeurs calculées par le modèle soient représentatives des valeurs observées et qu'il n'y ait pas d'erreur systématique dans les simulations.

**Tableau 6.3** Paramètres intervenant dans le modèle d'oxygène dissous et de la demande biochimique en oxygène

Paramètre	Description
$K_D$	Coefficients de consommation de l'OD. La valeur du coefficient devrait être basée sur l'interprétation des tests de $DBO_5$ des rivières étudiées. Ce coefficient est initialement posé égal à $K_R$ . On peut cependant, si on le désire, donner une valeur différente pour la calibration du modèle. Ce coefficient utilisé dans l'équation 6.28 est modifié en fonction de la température de l'eau selon l'équation 6.29.
$K_R$	Coefficients de consommation de la DBO. La valeur du coefficient devrait être basée sur l'interprétation des tests de $DBO_5$ des rivières étudiées. Ce coefficient est initialement posé égal à $K_D$ . On peut cependant, si on le désire, donner une valeur différente pour la calibration du modèle. Ce coefficient utilisé dans l'équation 6.29 est modifié en fonction de la température de l'eau selon l'équation 6.32.
$C_a$	Paramètre utilisé pour calculer le coefficient de réoxygénation $K_2$ . Ce paramètre intervient toute l'année. Le coefficient de réoxygénation $K_2$ est calculé à chaque jour à l'aide des équations 6.30 et est modifié en fonction de la température de l'eau selon l'équation 6.33.
$C_h$	Paramètre utilisé pour calculer le coefficient de réoxygénation $K_2$ . Ce paramètre intervient sous couvert de glace seulement. Le coefficient de réoxygénation $K_2$ est calculé à chaque jour à l'aide des équations 6.30 et est modifié en fonction de la température de l'eau selon l'équation 6.33.
$P_1$	Paramètre de dégradation dans le temps de la charge diffuse accumulée au niveau de chaque carreau entier, s'il n'y a pas de précipitation ou de fonte (équation 6.34).
$P_2$	Paramètre de dégradation dans le temps de la charge diffuse accumulée au niveau de chaque carreau entier, si on observe une précipitation liquide ou une lame provenant de la fonte (équation 6.35).
$P_3$	Paramètre d'ajustement de l'entraînement vers la rivière de la charge diffuse accumulée sur chaque carreau entier. La charge diffuse peut être entraînée vers la rivière, seulement s'il y a du ruissellement de surface et/ou du ruissellement retardé. La charge entraînée varie exponentiellement en fonction de la lame ruissellée, fournie par le modèle hydrologique (équation 6.36).
$P_4$	Paramètre de dégradation de la charge entraînée. La charge entraînée par la lame ruissellée subit une dégradation linéaire et une partie seulement parvient à la rivière (équation 6.37).
$FU_5$	Rapport de la DBO ultime à la $DBO_5$ (5 jours); devrait être fixé à 1,47 pour la première simulation.
CODBOI	Concentration moyenne initiale en $DBO_5$ en rivière pour l'ensemble du bassin versant au premier jour de la simulation (PPM).

Le modèle permet d'utiliser jusqu'à dix stations de qualité pour analyser sa précision en comparant les valeurs observées et calculées. Une fois calibré, le modèle permet de

calculer l'OD et la DBO journaliers à la sortie de chaque carreau partiel.

Les données journalières d'OD et de DBO mesurées aux stations de qualité sont lues par le modèle sur le fichier de données de qualité (extension QUA). Le chapitre 4 explique la préparation de ce fichier. Les charges diffuses et ponctuelles et les paramètres d'ajustement sont lus sur les vecteurs du fichier des paramètres de qualité (extension PAQ). L'annexe J donne la description de ces vecteurs et de toutes les variables contenues sur ces vecteurs.

## 6.5 Modélisation des solides dissous

Dans ce modèle de qualité, les solides dissous sont considérés comme des substances stables. Leur production est liée, d'une part, aux différentes composantes du débit telles que calculées par le modèle hydrologique et, d'autre part, aux sources anthropiques sur le bassin versant (Morin et al.). Leur transfert en rivière s'effectue d'une manière similaire à celle utilisée pour les débits.

### 6.5.1 Conceptualisation du modèle

Le modèle hydrologique sert de structure de support pour la méthode d'évaluation des solides dissous. Le modèle hydrologique reconstitue les trois formes principales d'écoulement contribuant au débit des rivières, à savoir: les eaux de ruissellement, les eaux de ruissellement retardé ou hypodermiques, et les eaux provenant de la nappe phréatique. En outre, les eaux de débordement des lacs et marais sont aussi considérées de façon distincte. L'eau produite est transférée d'un carreau partiel à l'autre de façon à en reproduire le cheminement sur le bassin versant.

Cette structure de base facilite l'introduction d'un modèle de mélange des solides dissous basé sur un bilan de masse. Dans ce modèle, la charge en solides dissous en rivière provient du mélange des charges associées à chacune des composantes du débit et des charges anthropiques. L'importance de distinguer les composantes du débit a été notée par de nombreux chercheurs (Hart et al., 1964; Archer et al., 1968; Steele, 1969; Pinder et Jones, 1969; Johnson et al., 1969; Hall, 1970; Drake et Ford, 1974; O'Connor, 1976; Pilgrim et al., 1979). Par opposition aux modèles empiriques de régression concentration-débit, cette approche est de plus en plus adoptée puisqu'elle permet de mieux expliquer les processus physiques observés en rivière (Osborne, 1981; Christophersen et al., 1982).

Au niveau du tronçon de rivière d'un carreau partiel, le modèle de solides dissous s'exprime de la façon suivante:

$$S = \frac{CH_{init} + CH_{am} + CH_{loc} + CH_{ant}}{V_{dil}} \quad (6,38)$$

où:

- $S$  : concentration en solides dissous à la fin du jour considéré (mg/l);
- $CH_{init}$  : charge en solides dissous au début du jour considéré (kg);
- $CH_{am}$  : charge journalière provenant de l'amont (kg);
- $CH_{loc}$  : charge journalière locale associée aux différentes formes d'écoulement sur le carreau partiel (kg);
- $CH_{ant}$  : charge journalière d'origine anthropique (kg);
- $V_{dil}$  : volume de dilution correspondant à la somme des volumes d'eau des charges advectives sur le carreau partiel plus le volume d'eau déjà présent (milliers de m<sup>3</sup>).

## 6.5.2 Production des solides dissous

La production de solides dissous provient des trois principales formes d'écoulement, soient les eaux de ruissellement, les eaux hypodermiques et les eaux provenant de la nappe phréatique. L'utilisateur fixe les concentrations respectives de ces trois sources pour l'ensemble du bassin versant. Dans la présente version du modèle, ces concentrations sont constantes dans le temps et ne comportent ni variations saisonnières, ni variations annuelles. Pour leur part, les eaux de débordement des lacs et marais sont supposées être à la concentration calculée en rivière.

Comme souligné par Johnson et Reynolds (1977), la concentration en solides dissous dans les cours d'eau est fortement liée à la géologie. La concentration des eaux provenant de la nappe phréatique peut donc présenter des variations spatiales significatives. Aux carreaux entiers où cela se justifie, l'utilisateur peut spécifier, pour la concentration des eaux provenant de la nappe, des valeurs qui diffèrent de l'ensemble.

Pour un carreau partiel donné, la charge associée aux différentes composantes du débit se définit comme suit:

$$CH_{loc} = V_R C_R + V_H C_H + V_N C_N + V_L S \quad (6,39)$$

où:

- $CH_{loc}$  : charge journalière locale associée aux différentes formes d'écoulement sur le carreau partiel (kg);  
 $V_R$  : volume journalier d'eau de ruissellement sur le carreau partiel (milliers de m<sup>3</sup>);  
 $V_H$  : volume journalier d'eau hypodermique sur le carreau partiel (milliers de m<sup>3</sup>);  
 $V_N$  : volume journalier d'eau provenant de la nappe phréatique sur le carreau partiel (milliers de m<sup>3</sup>);  
 $V_L$  : volume journalier d'eau de débordement des lacs et marais sur le carreau partiel (milliers de m<sup>3</sup>);  
 $C_R$  : concentration des eaux de ruissellement, spécifiée par l'utilisateur (mg/l);  
 $C_H$  : concentration des eaux hypodermiques, spécifiée par l'utilisateur (mg/l);  
 $C_N$  : concentration des eaux provenant de la nappe, spécifiée par l'utilisateur et fixée pour le bassin versant ou variable spatialement (mg/l);  
 $S$  : concentration des solides dissous en rivière sur le carreau partiel calculée au jour précédent (mg/l).

En plus des contributions des trois composantes principales du débit, l'utilisateur peut définir, s'il y a lieu, les apports anthropiques en solides dissous provenant des populations humaines, des industries ou d'autres sources. Spécifiés au niveau d'un carreau partiel, ces apports sont la moyenne journalière des charges ponctuelles en solides dissous qui arrivent directement à la rivière ( $CH_{ant}$ , équation 6.38). Les charges diffuses, liées au secteur agricole par exemple, sont supposées faire partie intégrante des charges associées aux trois principales formes d'écoulement.

### 6.5.3 Transport des solides dissous

Les solides dissous, considérés comme des substances stables qui ne se dégradent pas, sont transportés de la même façon que les débits. Le transfert s'effectue du carreau partiel le plus en amont jusqu'au carreau partiel le plus en aval.

Sur un carreau partiel donné, la charge initiale en solides dissous ( $CH_{init}$ ) est celle calculée à la fin du jour précédent et est définie. Comme le produit de la concentration par le volume d'eau du tronçon de rivière sur le carreau partiel:

$$CH_{init} = S * V_{CP}^* \quad (6,40)$$

où:

- $CH_{init}$  : charge initiale de solides dissous en rivière sur le carreau partiel au début du jour considéré (kg);  
 $S^*$  : concentration en solides dissous en rivière sur le carreau partiel à la fin du jour précédent (mg/l);  
 $V_{CP}$  : volume d'eau du tronçon de rivière sur le carreau partiel à la fin du jour précédent (milliers de m<sup>3</sup>).

De façon journalière, les charges suivantes s'ajoutent à celle initiale (équation 6.40) la charge locale associée aux différents types d'écoulement ( $CH_{loc}$ ), la charge anthropique ( $CH_{ant}$ ) et la charge provenant des carreaux partiels en amont ( $CH_{am}$ ). La charge provenant de l'amont est estimé à l'aide de l'équation suivante:

$$CH_{am} = \sum_{i=1}^N S_i V_i \quad (6,41)$$

où:

- $CH_{am}$  : charge en solides dissous provenant des carreaux partiels immédiatement en amont (kg);  
 $S_i$  : concentration en solides dissous sur le carreau partiel "i" amont (mg/l);  
 $V_i$  : volume d'eau provenant du carreau partiel "i" amont (milliers de m<sup>3</sup>);  
 $N$  : nombre de carreaux partiels immédiatement en amont.

La concentration en solides dissous sur le carreau partiel à la fin du jour est obtenue en divisant la charge totale par le volume de dilution correspondant (équation 6.38). Le volume d'eau de dilution ( $V_{dil}$ ) est la somme d'un volume fixe et d'un volume variable. Le volume fixe est le produit de la longueur par la largeur du tronçon de rivière sur le carreau partiel, estimées à l'aide des données physiographiques, par la profondeur déterminée lors de la calibration. Le volume variable est défini comme la somme du volume accumulé à la fin du jour précédent avec le volume d'eau provenant de l'amont et le volume d'eau associé aux différents types d'écoulement sur le carreau partiel. Ces quantités sont fournies par le modèle hydrologique. L'estimation du volume de dilution est faite à l'aide de l'équation suivante:

$$V_{dil} = LWP + V_p + V_{am} + V_{loc} \quad (6,42)$$

où:

- $V_{dil}$  : volume d'eau de dilution correspondant à la somme des volumes d'eau des charges advectives en solides dissous sur le carreau partiel et le volume d'eau déjà présent;
- $L$  : longueur du tronçon de rivière sur le carreau partiel;
- $W$  : largeur du tronçon de rivière sur le carreau partiel;
- $P$  : profondeur du tronçon de rivière sur le carreau partiel;
- $V_p$  : volume d'eau variable accumulé sur le carreau partiel au jour précédent;
- $V_{am}$  : volume d'eau provenant de l'amont;
- $V_{loc}$  : volume d'eau produit localement sur le carreau partiel par les différentes formes d'écoulement.

Une fois la nouvelle concentration en solides dissous estimée, la charge transférée en aval est calculée comme étant le produit de cette même concentration par le volume d'eau transféré. Cette charge sera ajoutée à celle du carreau partiel immédiatement en aval (équation 6.41). La charge qui demeure sur le carreau partiel est le produit de la concentration par le volume d'eau qui n'est pas transféré. Cette charge sera la charge initiale sur le carreau partiel au jour suivant (équation 6.40).

Pour le premier jour de simulation, l'utilisateur doit fixer la concentration moyenne en solides dissous pour l'ensemble du bassin versant.

#### 6.5.4 Relations expérimentales entre la concentration des solides dissous et la conductivité

Pour fins de modélisation, la concentration en solides dissous est définie comme la somme des concentrations des ions majeurs (équation 6.43) et exclut donc les constituants mineurs inorganiques, de même que les constituants qui ne sont pas ionisés (silice et matières organiques dissoutes par exemple).

$$S = Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{++} + K^{++} + HCO_3^- + SO_4^{--} + Cl^- \quad (6,43)$$

où:

- $S$  : concentration en solides dissous définie comme la somme des concentrations des ions majeurs.

Les analyses complètes des concentrations en ions majeurs étant peu nombreuses, on utilise fréquemment les données de conductivité mesurées pour reconstituer la concentration en solides dissous. Dans ce cas, la relation linéaire entre ces deux variables est déterminée par régression. Une certaine imprécision est introduite par ce procédé, mais le nombre de données disponibles s'en trouve généralement considérablement augmenté.

### 6.5.5 Application du modèle de solides dissous

L'application du modèle de solides dissous nécessite premièrement la calibration du modèle hydrologique pour reproduire le mieux possible les débits observés. Par la suite, le modèle de solides dissous est ajusté en modifiant les paramètres ou constantes pour simuler correctement les solides dissous mesurés ou reconstitués. Les paramètres intervenant dans le modèle de solides dissous sont décrits au Tableau 6.4. L'ajustement de ces paramètres se fait par essais et erreurs en utilisant principalement l'étude graphique des solides dissous, observées et calculées. La calibration a pour but de trouver la valeur des paramètres pour que les solides dissous calculés par le modèle soient représentatifs des solides dissous mesurés et qu'il n'y ait pas d'erreur systématique dans les simulations.

Le modèle permet d'utiliser jusqu'à dix stations de qualité pour analyser la précision du modèle en comparant les valeurs observées et calculées. Une fois calibré, le modèle permet de calculer les solides dissous à la sortie de chaque carreau partiel.

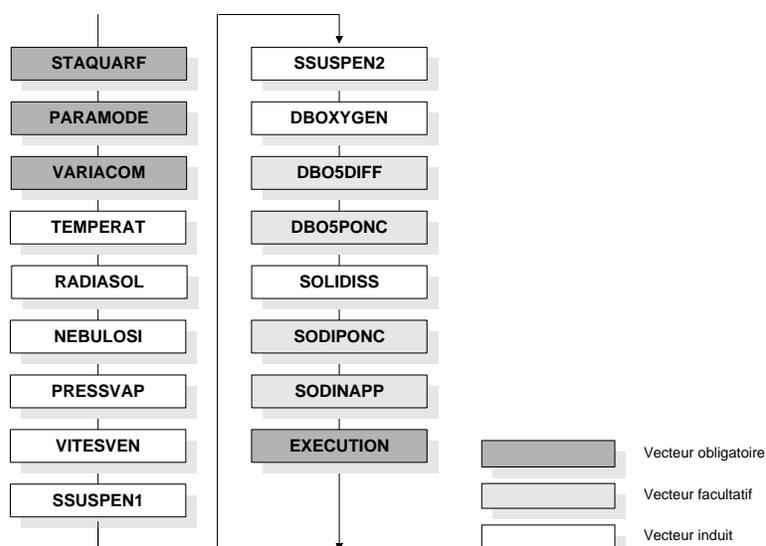
Les données journalières de solides dissous mesurées ou reconstituées aux stations de qualité sont lues par le modèle sur le fichier de données de qualité (extension QUA). Le chapitre 4 explique la préparation de ce fichier. Les paramètres d'ajustement sont lus sur les vecteurs du fichier des paramètres de qualité (extension PAQ). L'annexe J donne la description de ces vecteurs de toutes les variables contenues sur ces vecteurs.

**Tableau 6.4** Paramètres intervenant dans le modèle dissous

Paramètre	Description
$C_R$	Paramètre indiquant la concentration moyenne en solides dissous dans les eaux de ruissellement (PPM).
$C_H$	Paramètre indiquant la concentration moyenne en solides dissous dans les eaux hypodermiques (PPM).
$C_N$	Paramètre indiquant la concentration moyenne en solides dissous dans les eaux de la nappe (PPM).
SODINIT	Concentration moyenne initiale en solides dissous pour l'ensemble du bassin versant le premier jour de la simulation (PPM).

## 6.6 Les paramètres du modèle

L'ordre général des vecteurs du fichier des paramètres et options du modèle (extension PAQ) est montré à la Figure 6.4.



**Figure 6.4** Ordre général des vecteurs du fichier des paramètres et options du modèle de qualité

Ce fichier peut être facilement créé en utilisant l'éditeur de données de CEQUEAU. On trouve dans ce fichier des vecteurs de type obligatoires, induits et facultatifs. Pour plus de détail sur l'organisation de l'information des vecteurs dans le fichier des paramètres, consultez la Section 1.3 .

### 6.6.1 Les vecteurs obligatoires

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée aux Annexes J.1.1 à J.1.4.

#### 1) STAQUARF

Ce vecteur sert à définir les numéros des carreaux partiels où sont situées les stations de qualité de l'eau réelles (avec données mesurées) et fictives (sans données mesurées). Les résultats seront présentés à ces stations seulement. Il peut y avoir un maximum de 10 stations réelles et fictives. Le vecteur STAQUARF doit être le premier vecteur du fichier.

**2) PARAMODE**

Ce vecteur permet à l'utilisateur de choisir les paramètres de qualité de l'eau qu'il veut simuler. Lorsqu'un paramètre est choisi, les vecteurs pertinents au fonctionnement du modèle correspondant doivent obligatoirement être définis. Le vecteur PARAMODE doit suivre immédiatement le vecteur STAQUARF.

**3) VARIACOM**

Ce vecteur sert à modifier les caractéristiques physiques des rivières. Il doit suivre immédiatement le vecteur PARAMODE.

**4) EXECUTION**

Ce vecteur termine obligatoirement le groupe des vecteurs. Il est le dernier vecteur lu.

## 6.6.2 Les vecteurs induits

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée aux Annexes J.2.1 à J.2.9.

**1) TEMPERAT**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Il permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle de température de l'eau. Les vecteurs du modèle de température de l'eau doivent également être définis lorsque le modèle d'oxygène dissous et de demande biochimique en oxygène est utilisé. Le vecteur TEMPERAT et les autres vecteurs induits doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

**2) RADIASOL**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur contient les moyennes mensuelles de rayonnement solaire pour le bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur TEMPERAT

**3) NEBULOSI**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur contient les moyennes mensuelles de nébulosité pour le bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur RADIASOL.

**4) PRESSVAP**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur contient les moyennes mensuelles de pression de vapeur pour le bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur NEBULOSI.

**5) VITESVEN**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur contient les moyennes mensuelles de vitesse du vent pour le bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur PRESSVAP

**6) SSUSPEN1**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(2) du vecteur PARAMODE. Il permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle de solides en suspension. Lorsque ce vecteur induit est utilisé, le vecteur SSUSPEN2 est également induit et doit suivre immédiatement. Les vecteurs SSUSPEN1 et SSUSPEN2 doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

#### 7) **SSUSPEN2**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(2) du vecteur PARAMODE. Il permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle de solides en suspension. Il doit suivre immédiatement le vecteur SSUSPEN1.

#### 8) **DBOXYGEN**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(3) du vecteur PARAMODE. Il permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle d'oxygène dissous et de demande biochimique en oxygène. Lorsque ce vecteur est utilisé, Il peut être suivi des vecteurs facultatifs: DBO5DIFF et DBO5PONC. En outre les vecteurs du modèle de température (TEMPERAT, RADIASOL, NEBULOSI, PRESSVAP, VITESVEN) doivent être définis. Le vecteur DBOXYGEN et ses vecteurs facultatifs doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

#### 9) **SOLIDISS**

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(5) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle de solides dissous. Il peut être suivi des vecteurs facultatifs: SODIPONC ou SODINAPP. Le vecteur SOLIDISS et ses vecteurs facultatifs doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

### 6.6.3 Les vecteurs facultatifs

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée aux Annexes J.3.1 à J.3.4.

#### 1) **DBO5DIFF**

Ce vecteur facultatif sert à définir la charge moyenne journalière diffuse en  $\text{DBO}_5$  pour chaque carreau entier du bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur induit DBOXYGEN et devra se répéter autant de fois qu'il faut pour que tous les carreaux entiers soient couverts,

#### 2) **DBO5PONC**

Ce vecteur sert à définir la charge ponctuelle moyenne journalière en  $\text{DBO}_5$  pour chaque carreau partiel où cela est nécessaire. Le vecteur DBO5PONC doit suivre immédiatement les vecteurs facultatifs DBO5DIFF s'ils existent, sinon immédiatement après le vecteur obligatoire DBOXYGEN et se répétera autant de fois qu'il faut pour définir toutes les charges ponctuelles sur le bassin versant.

#### 3) **SODIPONC**

Ce vecteur sert à définir la charge ponctuelle moyenne journalière en solides dissous

pour chaque carreau partiel où cela est nécessaire. Le vecteur SODIPONC doit suivre le vecteur SOLIDISS ou le dernier vecteur SODINAPP et se répétera autant de fois qu'il faut pour définir toutes les charges ponctuelles sur le bassin versant.

#### 4) **SODINAPP**

Ce vecteur sert à définir une concentration moyenne de l'écoulement souterrain différente de celle de l'ensemble du bassin (variable  $C_N$  sur le vecteur SOLIDISS) à chaque carreau entier où cela est nécessaire. Il doit suivre le vecteur SOLIDISS ou le dernier vecteur SODIPONC et se répétera autant de fois qu'il faut pour définir toutes les concentrations particulières des carreaux entiers que l'on veut spécifier.

## 6.7 Les messages d'erreur

Le programme vérifie les vecteurs et les options utilisés par l'utilisateur et s'il y a erreur ou incompatibilité, un message est produit. Selon le cas, deux types de messages peuvent être produits:

- a) certains vecteurs sont erronés. Le programme imprime un message et va tenter de poursuivre ses lectures en autant que possible, pour s'arrêter avant la phase de simulation proprement dite. Nous appellerons ce cas "erreur fatale en différé";
- b) les erreurs rencontrées sont trop graves ou se produisent lors de la simulation proprement dite. Le programme imprime un message et s'arrête aussitôt.

Dans chaque cas, le message imprimé indique la cause de l'erreur et donne, entre parenthèses, le nom du programme ou du sous-programme qui a détecté l'erreur ainsi que la section du manuel s'y rapportant.

### 6.7.1 Les erreurs fatales différées

#### 6.7.1.1 Erreur (dans LIRQUA), "X" est un mot clé inconnu ou déplacé des vecteurs de qualité

"x" représente ici les huit premiers caractères du vecteur lu.

Deux causes peuvent engendrer cette erreur:

- "x" ne correspond pas à un mot-clé autorisé des vecteurs de qualité;
- "x" n'a pas été lu dans l'ordre prévu. Les vecteurs doivent être introduits en ordre tel que décrit à la Section 5.4. L'éditeur de données de CEQUEAU peut également être utilisé pour vérifier l'ordre des vecteurs.

Quand un tel cas se produit, le programme liste les vecteurs qui suivent sans les analyser et s'arrête après le dernier vecteur.

#### **6.7.1.2 Erreur (dans LIRQUA), vecteur "X" le numéro d'un carreau partiel est incorrect**

"x" représente ici les huit premiers caractères du vecteur lu.

Le modèle vérifie que les numéros de carreaux partiels donnés sur le vecteur "X" sont compris entre 1 et le nombre de carreau partiel sur le bassin versant (NBCP).

Dans ce cas, vous devez corriger les numéros qui ne respectent pas cette condition.

Le programme analysera les vecteurs qui suivent et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **6.7.1.3 Erreur (dans LIRQUA), vecteur PARAMODE: pour calculer la DBO ou l'OD, il faut calculer la température de l'eau**

A partir du vecteur PARAMODE, on a demandé le calcul de l'oxygène dissous et/ou de la demande biochimique en oxygène sans demander le calcul de la température de l'eau. Pour calculer la DBO ou l'OD, il est obligatoire de connaître la température de l'eau.

On corrige le vecteur PARAMODE afin de demander le calcul de la température de l'eau et on introduit les vecteurs nécessaires.

Le programme analysera les vecteurs qui suivent et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **6.7.1.4 Erreur (dans LIRQUA), on doit lire "N" vecteurs induits**

Cette erreur provient de la lecture des vecteurs DBO5DIFF. Lorsque ce vecteur est utilisé, il doit se répéter autant de fois que nécessaire afin que tous les carreaux entiers soient couverts (voir Annexe J.3.1).

#### **6.7.1.5 Erreur (dans LIRQUA), on demande le calcul d'un paramètre de qualité sans**

### **définir les vecteurs requis**

Sur le vecteur PARAMODE on a demandé le calcul d'un paramètre de qualité sans introduire les vecteurs induits nécessaires. Vérifier le fichier des paramètres de qualité (extension.PAQ) avec le programme EPAR ou avec votre éditeur.

Le programme analysera les vecteurs qui suivent et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **6.7.1.6 Erreur (dans LIRQUA), vecteur "X" le numéro d'un carreau entier est incorrect**

"x" représente ici les huit premiers caractères du vecteur lu.

Le modèle vérifie que les numéros des carreaux entiers donnés sur le vecteur "X" sont compris entre 1 et le nombre de carreau entier sur le bassin versant (NBCE).

Vous devez corriger les numéros qui ne respectent pas cette condition.

Le programme analysera les vecteurs qui suivent et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

#### **6.7.1.7 Erreur (dans LIRQUA), vecteur STAQUARF: un maximum de 10 stations réelles et fictives de qualité peuvent être déclarées**

Sur le vecteur STAQUARF, la somme des stations réelles (NBQUAR) et des stations fictives (NBQUAF) est supérieure à 10, le maximum permis avec les dimensions actuelles des matrices du programme. Vous devez diminuer le nombre de stations fictives.

#### **6.7.1.8 Erreur (dans LIRQUA), vecteur STAQUARF: nombre de stations = "N1" nombre stations sur fichier (\*.QUA) ="N2"**

Sur le vecteur STAQUARF du fichier des paramètres de qualité (extension.PAQ), le nombre de stations réelles (NBQUAR) est égal à "N1" alors que sur le fichier des données de qualité (extension.QUA), le nombre de stations est de "N2". Vous devez corriger le fichier des paramètres ou le fichier des données pour que le nombre de station réelles soit le même.

## 6.7.2 Les erreurs entraînant un arrêt immédiat du programme

### 6.7.2.1 Erreur (dans CEQUEAUQ), fin du fichier qualité (\*.QUA) nombre de records lus = "X"

"x" représente ici le nombre de records lus sur le fichier des données de qualité (extension QUA).

Le fichier des données de qualités (extension.QUA) s'arrête avant le jour de la fin des simulations. Vérifiez la date de la fin des simulations sur le vecteur SIMULATION du fichier des paramètres hydrologiques (extension PAH) ou complétez le fichier des données de qualité.

## 6.8 Résultats du programme

Selon les options choisies dans le fichier des paramètres du modèle (extension PAQ), le programme crée de 3 à 7 fichiers reliés à la qualité de l'eau en rivière.

Si on a demandé la sauvegarde des données de quantité (paramètre IQUANT sur le vecteur STAQUARF), le programme de qualité créera également tous les fichiers reliés à la quantité tels que définis à la Section 5.

Les fichiers relatifs à la qualité sont utilisés pour analyser, à l'aide des graphiques, la précision des simulations ou pour conserver les variables de qualité de l'eau calculées à différents endroits sur le bassin versant. Chaque fichier créé porte le nom de la simulation suivi de l'une des extensions suivantes:

- SIM Fichier des résultats généraux;
- TEC Fichier des températures journalières de l'eau en rivière observées et calculées aux stations de qualité réelles ou fictives;
- SSC Fichier des solides en suspension journaliers observés et calculés aux stations de qualité réelles ou fictives;
- ODC Fichier de l'oxygène dissous journalier observé et calculé aux stations de qualité réelles ou fictives;
- DBC Fichier de la demande biochimique journalière observée et calculée aux stations de qualité réelles ou fictives;

SSC Fichier des solides dissous journaliers observés et calculés aux stations de qualité réelles ou fictives;

ERS Fichier des erreurs d'exécution.

### **6.8.1 Fichier des résultats généraux (extension SIM)**

Ce fichier est toujours créé et contient les informations générales sur la simulation de quantité et de qualité. On retrouve sur ce fichier toutes les informations relatives aux simulations de quantité tel que décrit à la Section 5.7 et les informations suivantes relatives, à la qualité:

- C l'information générale sur les stations de qualité réelles et fictives;
- C les caractéristiques physiques (largeur, profondeur et longueur) des tronçons de rivières sur chaque carreau partiel;
- C le nom des variables de qualité qui ont été modélisées;
- C les valeurs des paramètres utilisés pour chaque variable de qualité;
- C les moyennes mensuelles des variables de qualité observées et calculées.

### **6.8.2 Fichier des températures journalières de l'eau (extension TEC)**

Ce fichier est créé si on demande le calcul de la température de l'eau en rivière. Il contient trois lignes d'informations générales suivies des températures journalières de l'eau.

Les trois lignes d'informations générales donnent:

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: l'année du début, le jour du début, l'année de fin, le jour de fin, le nombre de jours simulés par an, le numéro du mois de l'année hydrologique et le nombre de stations de qualité réelles et fictives;
- C les numéros des stations de qualité réelles et fictives utilisées;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations de qualité réelles et fictives.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque jour de la simulation, la date (année, mois, jour) et les températures journalières de l'eau, observées et calculées, aux stations réelles. Suivent ensuite les températures de l'eau calculées aux stations fictives, s'il en existe.

### 6.8.3 Fichier des solides en suspension (extension SSC)

Ce fichier est créé si on demande le calcul des solides en suspension. Il contient trois lignes d'informations générales suivies des solides en suspension.

Les trois lignes d'informations générales donnent:

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: l'année du début, le jour du début, l'année de fin, le jour de fin, le nombre de jours simulés par an, le numéro du mois de l'année hydrologique et le nombre de stations de qualité réelles et fictives;
- C les numéros des stations de qualité réelles et fictives utilisées;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations de qualité réelles et fictives.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque jour de la simulation, la date (année, mois, jour) et les solides en suspension, observés et calculés, pour chacune des stations de qualité réelle. Suivent ensuite les solides en suspension calculés aux stations fictives, s'il en existe.

### 6.8.4 Fichier de l'oxygène dissous (extension ODC)

Ce fichier est créé si on demande le calcul de l'oxygène dissous. Il contient trois lignes d'informations générales suivies de l'oxygène dissous.

Les trois lignes d'informations générales donnent:

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: l'année du début, le jour du début, l'année de fin, le jour de fin, le nombre de jours simulés par an, le numéro du mois de l'année hydrologique et le nombre de stations de qualité réelles et fictives;
- C les numéros des stations de qualité réelles et fictives utilisées;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations de qualité réelles et fictives.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque jour de la simulation, la date (année, mois, jour) et l'oxygène dissous, observée et calculée, pour chacune des stations de qualité réelle. Suit ensuite l'oxygène dissous calculée aux stations fictives, s'il en existe.

### **6.8.5 Fichier de la demande biochimique en oxygène (extension DBC)**

Ce fichier est créé si on demande le calcul de la demande biochimique en oxygène. Il contient trois lignes d'informations générales suivies de la demande biochimique

Les trois lignes d'informations générales donnent:

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: l'année du début, le jour du début, l'année de fin, le jour de fin, le nombre de jours simulés par an, le numéro du mois de l'année hydrologique et le nombre de stations de qualité réelles et fictives;
- C les numéros des stations de qualité réelles et fictives utilisées;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations de qualité réelles et fictives.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque jour de la simulation, la date (année, mois, jour) et la demande biochimique en oxygène, observée et calculée, pour chacune des stations de qualité réelle. Suit ensuite la demande biochimique en oxygène calculée aux stations fictives, s'il en existe.

### **6.8.6 Fichier des solides dissous (extension SDC)**

Ce fichier est créé si on demande le calcul des solides dissous. Il contient trois lignes d'informations générales suivies des solides dissous.

Les trois lignes d'informations générales donnent:

- C la période de simulation utilisée pour l'essai, soit: l'année du début, le jour du début, l'année de fin, le jour de fin, le nombre de jours simulés par an, le numéro du mois de l'année hydrologique et le nombre de stations de qualité réelles et fictives;
- C les numéros des stations de qualité réelles et fictives utilisées;
- C les superficies (km<sup>2</sup>) des bassins versants aux stations de qualité réelles et fictives.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque jour de la simulation, la date (année, mois, jour) et les solides dissous, observés et calculés, pour chacune des stations de qualité réelle. Suivent ensuite les solides dissous calculés aux stations fictives, s'il en existe.

### 6.8.7 Fichier des erreurs d'exécution (extension ERS)

Le fichier des erreurs d'exécution nous renseigne sur la façon dont s'est déroulée l'exécution du module de simulation de quantité et de qualité. Dans le cas d'une simulation réussie, ce fichier contient le mot "SUCCES". Si le traitement ne s'est pas terminé normalement, il contient les messages d'erreurs.

## 6.9 Exemple d'utilisation

Pour illustrer les données nécessaires au programme de qualité et les résultats obtenus, cette section montre une application du modèle de qualité sur le bassin versant de la rivière EATON (Figure 5.12). Tous les fichiers nécessaires pour la préparation des données de qualité sont donnés, ainsi que le fichier des paramètres pour les simulations.

Il faut noter qu'il n'existe pas de station de qualité sur la rivière Eaton. Pour cet exemple, nous supposons donc l'existence d'une station réelle sur le carreau partiel numéro 1. Les données de qualité de l'eau observées à cette station sont évidemment des données fictives et sont données afin d'illustrer les formats des fichiers. Pour la simulation, nous demanderons également les calculs de la qualité de l'eau à une station fictive située sur le carreau partiel numéro 7.

### 6.9.1 Les vecteurs de données d'entrée du programme

Le Tableau 6.5 donne la liste des vecteurs (fichier EATON.PAQ) nécessaires au programme pour simuler les cinq paramètres de qualité de l'eau en rivière. Notons que le fichier des paramètres de quantité (EATON.PAH) est également lu et que la période de simulation 1973 à 1974 est donnée sur le premier vecteur de ce fichier.

Pour débiter les simulations sur d'autres bassins versants, on peut utiliser les mêmes paramètres, sauf pour ce qui est de ceux qui dépendent réellement du bassin versant ou d'une région, tels que: rayonnement solaire, vitesse du vent, nébulosité, charges diffuses et ponctuelles, etc. Ces paramètres ne donneront pas nécessairement des résultats finaux mais peuvent être utilisés comme première simulation pour le calage du modèle.

**Tableau 6.5** Liste des vecteurs d'entrée nécessaires au programme de qualité (fichier EATON.PAQ).

	10*	20*	30*	40*	50*	60*	70*	80*
	R	R	R	R	R	R	R	R
*STAQUARF	1	1	1	7	0			
*PARAMODE	1	1	1	1				
*VARIACOM	3.0	1.0						
*TEMPERAT	1.0	1.0	1.00	1.0	50.	7.0	0.5	0.1
*RADIUSOL	4.92	8.65	12.91	16.22	18.79	20.45	19.61	17.06
*NEBULOSI	0.62	0.63	0.61	0.56	0.52	0.52	0.47	0.48
*PRESSVAP	1.73	1.88	2.63	3.90	5.55	9.00	11.10	10.58
*VITESVEN	5.10	5.50	6.10	6.00	6.10	5.60	5.30	4.80
*SSUSPEN1	.100	0.05	20.	10.	.02	.6	.6	0.1
*SSUSPEN2	10.	0.	0.	0.	0.	10.	350.	350.
*DBOXYGEN	20.	5.	0.8	0.8	0.5	0.15	0.35	0.35
*DBO5DIFF	500.	500.	500.	500.	500.	500.	500.	500.
*DBO5DIFF	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.
*DBO5DIFF	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.
*DBO5DIFF	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.
*DBO5DIFF	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.	20.
*DBO5PONC	1.	5.2.	5.3.	5.6.	10.7.	10.13.	10.16.	10.
*SOLIDISS	8.	10.	17.	12.00.	00.	00.		
*SODINAPP	1.	15.2.	15.3.	15.4.	15.5.	15.6.	15.7.	15.
*SODIPONC	1.	15.2.	16.3.	16.6.	16.7.	16.16.	15.18.	15.
*EXECUTION								

## 6.9.2 Analyse des résultats généraux

Il est important de vérifier les paramètres listés dans le fichier des résultats généraux (extension .SIM) afin de s'assurer qu'il n'y a pas eu d'erreur d'introduction sur les fichiers des paramètres (.PAH et PAO). Il est intéressant également d'observer sur ce fichier les caractéristiques physiques des tronçons de rivière sur chacun des carreaux partiels afin de s'assurer qu'il n'y a pas de valeurs aberrantes.

## 6.9.3 Analyse des résultats numériques

Le fichier des résultats généraux (extension SIM) contient les résultats numériques que l'on doit vérifier afin de valider la simulation. Ces résultats sont les moyennes mensuelles et annuelles des paramètres de qualité qui ont été calculés. Si le nombre d'observations est suffisant, ces moyennes nous renseignent sur la précision des simulations. Par contre, si le nombre d'observations est faible, il est préférable de comparer les moyennes observées et calculées avec des valeurs concomitantes. Si on observe une erreur systématique, par exemple des moyennes mensuelles calculées toujours trop élevées par rapport à celles observées, on doit refaire la simulation en modifiant les paramètres afin d'obtenir un meilleur ajustement.

Compte tenu que le nombre de données observées pour les paramètres de la qualité de l'eau en rivière est souvent très faible, le programme ne calcule pas de critère numérique tel que le coefficient de corrélation ou de Nash. Ces coefficients ne sont pas significatifs s'ils sont calculés avec un nombre restreint de valeurs.

Pour la calibration des paramètres du modèle de qualité, il est préférable d'utiliser la représentation graphique des résultats qui permet de voir le comportement général des valeurs calculées par rapports aux valeurs observées.

#### **6.9.4 Analyse des résultats présentés sur graphiques**

Normalement on utilise la représentation graphique des valeurs observées et calculées pour faciliter l'ajustement des paramètres de qualité de l'eau en rivière lors de la calibration du modèle. Comme les paramètres utilisés pour les simulations ont déjà été ajustés pour bien reproduire les données fictives de la station de qualité que nous avons introduite, nous allons utiliser les résultats de un des cinq paramètres de qualité calculés pour la rivière Eaton afin de présenter le type de graphique disponible.

Pour la qualité de l'eau en rivière, seule la présentation linéaire des données de qualités en fonction du temps est disponible.

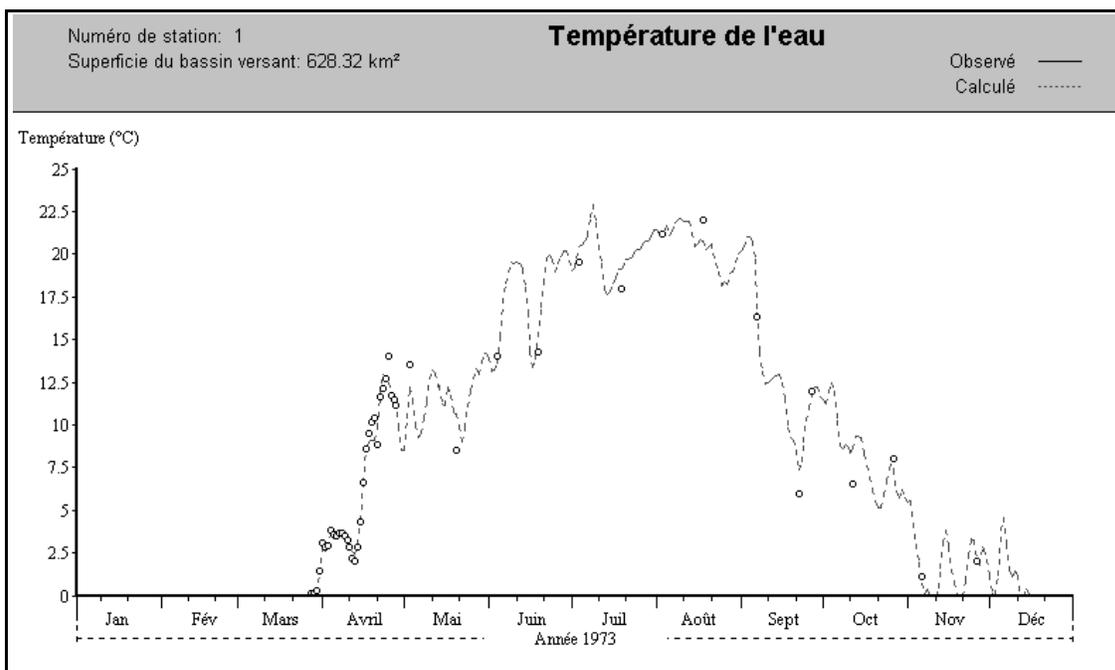
##### **6.9.4.1 Graphique des données temporelles**

Les graphiques des données temporelles sont disponibles pour les variables suivantes:

- C la température de l'eau en rivière
- C les solides en suspensions
- C l'oxygène dissous
- C la demande biochimique en oxygène
- C les solides dissous

Ces graphiques sont utilisés pour représenter les variables aux stations de qualité réelles et fictives. En plus de la représentation finale des résultats, ces graphiques servent à guider l'ajustement des paramètres lors de la calibration du modèle.

La Figure 6.5 montre un exemple de graphique de qualité montrant la température de l'eau de la rivière Eaton pour l'année 1973.



**Figure 6.5** La température de l'eau en rivière, observée et calculée pour l'année 1973, sur le bassin versant de la rivière EATON

## 6.10 Références

Archer, R.J., LaSala, A.M. et Kammerer, J.C. (1968). Chemical quality of streams in the Erie-Niagara basin, New York. New York State Water Resources Commission Basin Planning Report ENB-4. 104 p.

Christophersen, N., Seip, H.M. et Wright, R.F. (1982). A model for stream water chemistry at Birkenes, Norway. *Wat. Resour. Res.*, 18(4): 977-996.

Constable, T.W. (1975). A distributed quantity-quality runoff model for assessing potential impacts of alternative land use configurations. Water Resources Group, Department of Civil Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario. Technical report no 75-1, January, 163 p.

Couillard, D. et Morin, G. (1991). "Water quality modelling of BOD and DO in river using a hydrological model". "Biological Degradation of Wastes", edited by A.M. Martin, Chapter 7, p. 51-186.

Couillard, D., Cluis, D. et Morin, G. (1988). An extension of the grid-based hydrological model CEQUEAU to suspended sediment movement through drainage basins. *Wat. Resour. Res.*, 22(8): 991-999.

- Dobbins, W.E. (1956). Nature of oxygen transfer coefficients in aeration stream. IN: Biological treatment of sewage and industrial wastes. (McCabe J.A. and Eckenfelder W.W. Jr., Ed.). Reinhold, N.Y.
- Drake, J.J. et Ford, D.C. (1974). Hydrochemistry of the Athabasca and North Saskatchewan rivers in the Rocky Mountains of Canada. *Wat. Resour. Res.*, 10(6): 1192-1198.
- Frenette, M. (1979). Aménagement hydroélectrique des rivières Nottaway-Broadback-Rupert. Études sédimentologiques et apports de sédiments. Société d'énergie de la Baie James, 60 p.
- Frenette, M., Llamas, J. et Larinier, M. (1974). Modèle de simulation du transport solide en suspension des rivières Chateauguay et Chaudière. Rapport scientifique CRE 74/05, CENTREAU, Centre de recherches sur l'eau, Université Laval, 34 p., 18 fig.
- Hall, F.R. (1970). Dissolved solids-discharge relationships. 1. Mixing models. *Wat. Resour. Res.*, 6(3): 845-850.
- Hart, F.C., King, P.H. et Tchobanogous, G. (1964). Discussion of "Predictive techniques for water quality inorganics" by J.O. Ledbetter and E.F. Gloyna. *J. Sanit. Engng Div.*, 90(SAS): 63-64.
- Johnson, N.M., Likens, G.E., Bormann, F.H., Fisher, D.W. and Pierce, R.S. (1969). A working model for the variation in stream water chemistry at the Hubbard Brook experimental forest, New Hampshire. *Wat. Resour. Res.*, 5(6): 1353-1363.
- Marcotte, N. et Duong, V.L. (1973). Le calcul de la température de l'eau des rivières. *J. Hydrol.*, 18(3/4): 273-287.
- Metcalf and Eddy inc. (1972). *Wastewater engineering*, McGraw-Hill Book Co.
- Meyer, L.D. (1971). Soil erosion by water on upland areas, in *River Mechanics*. Vol. II, ed. and publ. by H.W. Shen, chapitre 27.
- Morin, G. et Couillard, D. (1990). "Prediction of river temperature with hydrological model". *Encyclopedia of Fluid Mechanics Volume 10 - Subsurface and Groundwater Flow Phenomena* Gulf Publishing, Chapter 5, p. 171-209.
- Morin, G., Cluis, D., Couillard, D., Jones, H.G. et Gauthier, J.M. (1987). Prévion des températures de l'eau en rivières à l'aide d'un modèle conceptuel. *Journal des sciences hydrologiques* 32(1): 31-41.
- Morin, G., Couillard, D., Cluis, D. Jones, H.G. et Gauthier, J.M. (1986). Modélisation des solides dissous en rivière à l'aide des composantes de l'écoulement. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 13(2): 196-202.
- Noble, R. D. et Carroll, T. A. (1982). Analytical prediction of vertical temperature

- distribution in large water bodies. *J. Env. Sys.* 11: 131-138.
- Osborne, A.C. (1981). The application of a water-quality model to the River Wye, Wales. *J. Hydrol.*, 52: 59-70.
- O'Connor, D.J. (1976). The concentration of dissolved solids and river flow. *Wat. Resour. Res.*, 12(2): 279-294.
- O'Connor, D.J. (1971). Stream and estuarine analysis. Manhattan College, New York. 299 p.
- O'Connor, D.J. et Di Toro, D.M. (1970). Photosynthesis and oxygen balance in streams. *J. Sanit. Engng Div., ASCE Proc. Paper 7240*, 96(SA2): 547-571.
- Pilgrim, D.H., Huff, D.D. et Steele, T.D. (1979). Use of specific conductance and contact time relations for separating flow components in storm runoff. *Wat. Resour. Res.*, 15(2): 329-339.
- Pinder, G.F. et Jones, J.F. (1969). Determination of the ground-water component of peak discharge from the chemistry of total runoff. *Wat. Resour. Res.*, 5(2): 438-445.
- Raphael, J.M. (1962). Prediction of temperature in rivers and reservoirs. *J. Power Div., ASCE Proc. Paper 3200*, 88(P02): 157-181.
- Streeter, H.W. et Phelps, E.B. (1925). A study of the pollution and natural purification of the Ohio River. Bull. no 146. U.S. Public Health Service. 96 p.
- Steele, T.D. (1969). Digital-computer applications in chemical-quality studies of surface water in a small watershed. *Ass. Int. Hydrol. Sci. publ.*, 80: 203-214.





A

## **DONNÉES GÉNÉRALES DES CARREAUX**

---

(extension PHY)

## A.1 Vecteur SURFCE

Vecteur obligatoire donnant la surface du carreau entier.

1	11	16	80
SURFCE	SUPCAE		
A10	F5.2		

Variable Colonnes

SUPCAE 11-15

Description

Superficie du carreau entier en kilomètre carré.

## A.2 Vecteur PHYDRACE

Vecteur obligatoire donnant les données physiographiques des carreaux entiers et les informations du drainage des carreaux partiels appartenant au carreau entier.

1		11	13	15	18	19	21	23	24	27	29	31	32	35	37	39	40	43	45	47	48	51	54	57	60	80
PHYDRACE	I	J	---	NBP	I1	J1	C1	P1	I2	J2	C2	P2	I3	J3	C3	P3	I4	J4	C4	P4	PL	PF	PM	ALT		
A10	I2	I2	A3	I1	I2	I2	A1	I3	I2	I2	A1	I3	I2	I2	A1	I3	I2	I2	A1	I3	I3	I3	I3	I3	I4	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
I	11-12	Abcisse du carreau entier.
J	13-14	Ordonnée du carreau entier.
---	15-17	Blanc.
NBP	18-18	Nombre de parcelles dans le carreau entier.
I1	19-20	Abcisse du carreau entier qui reçoit la parcelle "A".
J1	21-22	Ordonnée du carreau entier qui reçoit la parcelle "A".
C1	23-23	Code de la parcelle qui reçoit la parcelle "A".
P1	24-26	Superficie en pourcentage de la parcelle "A" par rapport au carreau entier.
I2	27-28	Abcisse du carreau entier qui recoit la parcelle "B".
J2	29-30	Ordonnée du carreau entier qui reçoit la parcelle "B".
C2	31-31	Code de la parcelle qui recoit la parcelle "B".
P2	32-34	Superficie en pourcentage de la parcelle "B" par rapport au carreau entier.
I3	35-36	Abcisse du carreau entier qui reçoit la parcelle "C".
J3	37-38	Ordonnée du carreau entier qui reçoit la parcelle "C".
C3	39-39	Code de la parcelle qui reçoit la parcelle "C".
P3	40-42	Superficie en pourcentage de la parcelle "C" par rapport au carreau entier.
I4	43-44	Abcisse du carreau entier qui reçoit la parcelle "D".
J4	45-46	Ordonnée du carreau entier qui recoit la parcelle "D".
C4	47-47	Code de la parcelle qui reçoit la parcelle "D".
P4	48-50	Superficie en pourcentage de la parcelle "D" par rapport au carreau entier.
PL	51-53	Pourcentage de la superficie du carreau en lac.
PF	54-56	Pourcentage de la superficie du carreau en forêt.
PM	57-59	Pourcentage de la superficie du carreau en marais.
ALT	60-63	Altitude en mètre du coin sud-ouest du carreau entier.

## A.3 Vecteur EXECUTION

Vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs PHYDRACE

1	11	80
EXECUTION		
A10		

**B**

## **DONNÉES DU BASSIN VERSANT**

---

(extension BV)

## B.1 Vecteur STAPRIN

Vecteur obligatoire donnant les informations de la station hydrométrique réelle ou fictive de l'exutoire et le nombre de station fictive.

1	11	14	17	18	19	20	29	36	80
STAPRIN	I	J	--	C1	--	NOSTA	BVREL	NSEC	
A10	I3	I3	A1	A1	A1	A8	F7.1	I7	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
I	11-13	Abscisse du carreau entier de la station réelle ou fictive de l'exutoire.
J	14-16	Ordonné du carreau entier de la station réelle ou fictive de l'exutoire.
-	17	Blanc
C1	18	Code de la parcelle de la station réelle ou fictive de l'exutoire.
-	19	Blanc
NOSTA	20-28	Numéro de station.
BVREEL	29-35	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) à la station hydrométrique principale
NSEC	36-42	Nombre de stations hydrométriques, additionnelles sur le bassin versant.

## B.2 Vecteur STASECNO2 ... STASECNO49

Vecteur induits donnant les informations des stations hydrométriques additionnelles (si plus que 99). Chaque vecteur donne l'information de deux stations.

1	11	14	17	18	19	20	28	36	39	42	45	46	47	48	56	80
PHYRIVIER	I	J	-	C1	-	NOSTA	BVREEL	---	I	J	-	C1	-	NOSTA	BVREEL	
AI0	I3	I3	A1	A1	A1	A8	F7.1	A3	I3	I3	A1	A1	A1	A8	F7.1	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
I	11-13	Abscisse du carreau entier de la station additionnelle.
J	14-16	Ordonnée du carreau entier de la station additionnelle.
-	17	Non utilisé
C1	18	Code de la parcelle de la station additionnelle.
-	19	Non utilisé
NOSTA	20-27	Numéro de station
BVREEL	28-35	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) à la station
---	36-38	Code de la parcelle de la station additionnelle.
I	39-41	Abscisse du carreau entier de la station additionnelle.
J	42-44	Ordonnée du carreau entier de la station additionnelle.
-	45	Non utilisé
C1	46	Code de la parcelle de la station additionnelle.
-	47	Non utilisé
NOSTA	48-55	Numéro de station
BVREEL	56-63	Superficie du bassin versant (km <sup>2</sup> ) à la station.

## B.3 Vecteur EXECUTION

Vecteur obligatoire qui termine le fichier.

1	11	80
EXECUTION		
A10		

C

## DONNÉES DES RIVIÈRES

---

(extension R1/v)

## C.1 Vecteur PHYRIVIER

Vecteur obligatoire donnant les caractéristiques physiographiques de la rivière principale sur chaque carreau partiel. Si on ne peut déterminer une caractéristique on laisse le champ blanc. Si aucune caractéristique sur un carreau entier n'est disponible, on n'est pas obligé de donner le vecteur PHYRIVIER pour ce carreau entier. Lorsque les caractéristiques physiques des rivières ne sont pas disponibles, le modèle utilise des relations mathématiques (section 2.3.1) pour les estimer.

1		11	13	15	18	19	24	29	34	39	44	49	54	59	64	69	74	79	80
PHYRIVIER	I	J	SCE	NBP	LARG1	LONG1	DENIV1	LARG2	LONG2	DENIV2	LARG3	LONG3	DENIV3	LARG4	LONG4	DENIV4			
A10	I2	I2	I3	I1	F5.1	F5.1	F5.1	f5.1	F5.1	f5.1	f5.1	f5.1	f5.1	f5.1	f5.1	f5.1	f5.1		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
I	11-12	Abscisse du carreau entier.
J	13-14	Ordonnée du carreau entier.
SCE	15-17	Superficie du carreau entier.
NBP	18	Nombre de parcelles dans le carreau entier.
LARG1	19-23	Largeur en mètre du cours d'eau principal sur le carreau partiel 1.
LONG1	24-28	Longueur en kilomètres du cours d'eau principal sur le carreau partiel 1.
DENIV1	29-33	Dénivelé en mètre du cours principal sur le carreau partiel 1.
LARG2	34-38	Largeur en mètre du cours d'eau principal sur le carreau partiel 2.
LONG2	39-43	Longueur en kilomètres du cours d'eau principal sur le carreau partiel 2.
DENIV2	44-48	Dénivelé en mètre du cours principal sur le carreau partiel 2.
LARG3	49-53	Largeur en mètre du cours d'eau principal sur le carreau partiel 3.
LONG3	54-58	Longueur en kilomètres du cours d'eau principal sur le carreau partiel 3.
DENIV3	59-63	Dénivelé en mètre du cours principal sur le carreau partiel 3.
LARG4	64-68	Largeur en kilomètres du cours d'eau principal sur le carreau partiel 4.
LONG4	69-73	Longueur en mètre du cours d'eau principal sur le carreau partiel 4.
DENIV4	74-78	Dénivelé en mètre du cours principal sur le carreau partiel 4.

## C.2 Vecteur EXECUTION

Vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs PHYRIVIER.

1	11	80
EXECUTION		
A10		



**D**

**DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES  
PRÉPARÉES**

---

(extension PBR)

## D.1 Matrice MARR

### D.1.1 Données MARR initiales

Données MARR initial	
Informations générales du bassin versant étudié	
MARR (1)	nombre de carreaux partiels (NBCP)
MARR (2)	nombre de carreaux entiers (NBCE)
MARR (3)	nombre de carreaux partiels sur le chemin le plus long, c'est-à-dire de l'exutoire à la partie la plus éloignée du bassin versant
MARR (4)	nombre de stations hydrométriques (NBSH)
MARR (5)	superficie des carreaux entiers (km <sup>2</sup> x 100)
MARR (6)	Facteur utilisé pour lire avec plus de précision les caractéristiques physiographiques des rivières = 0 pour carreau entier > 1 km <sup>2</sup> = 1 000 pour carreau entier # 1 km <sup>2</sup>
MARR (7)	code pour indiquer le système métrique. Toujours un (1).
MARR (8 à 10)	non utilisées présentement.
MARR2 (1 à NBSH)	Numéro des stations hydrométriques. Format(10 (2X,A8))
MARR3 (1,NBSH)	Numéro des carreaux partiels des stations hydrométriques. Format(10I10)

## D.1.2 Données MARR

Série de données MARR	
MARR (1)	Référence du carreau entier de la banque ( $I * 100 + J$ )
MARR (2)	code du carreau partiel (A - B - C ou D)
MARR (3)	pourcentage du carreau partiel par rapport au carreau entier (0 à 100).
MARR (4)	abscisse I du carreau entier auquel appartient le carreau partiel.
MARR (5)	ordonnée J du carreau entier auquel appartient le carreau partiel.
MARR (6)	numéro du carreau partiel dans lequel il se jette (0 à NBCP-1)
MARR (7, 8, 9, 10 et 11)	numéro des cinq carreaux affluents possible (2 à NBCP)
MARR (12)	numéro du carreau entier auquel il appartient (1 à NBCE)
MARR (13)	pourcentage de superficie des lacs et d'eau libre (0 à 100)
MARR (14)	pourcentage boisé (0 à 100)
MARR (15)	pourcentage de marais (0 à 100)
MARR (16)	altitude moyenne (mètres)
MARR (17)	non utilisé
MARR (18)	profondeur minimum (1/100 de mètres)
MARR (19)	longueur du cours d'eau principal sur la parcelle (1/10 de km)
MARR (20)	largeur du cours d'eau principal sur la parcelle (1/10 de mètres)
MARR (21)	pente de la rivière sur le carreau partiel (1/1000 de mètres/km)
MARR (22)	non utilisé
MARR (23)	cumul des pourcentages de superficie des carreaux partiels en amont, calculé à la sortie du carreau partiel considéré. On obtient la superficie S (km <sup>2</sup> ) en amont par: $S = \text{MARR}(23)/100 * \text{SUPCAE}$ où: SUPCAE = superficie du carreau entier en km <sup>2</sup>
MARR (24)	cumul des pourcentages de superficie des lacs en amont, calculé à la sortie du carreau partiel considéré. On obtient la superficie S (km <sup>2</sup> ) des lacs en amont par: $S = \text{MARR}(24)/10000 * \text{SUPCAE}$
MARR (25)	Pourcentage par rapport au carreau entier toujours 100
MARR (26)	identique à (24) mais pour la superficie des marais en amont
MARR (27)	pourcentage de sol nu ou cultivé (0 à 100)
MARR (28)	$(I * 1000) + J$
MARR (29)	identique à (24) mais pour la superficie de forêt en amont
MARR (30)	non utilisé

Ces vecteurs sont au nombre de NBCP.

## D.2 Matrice MACE

Matrice MACE	
Informations relatives aux carreaux entiers	
MACE (ICE, 1)	pourcentage de lac et rivière (0 à 100)
MACE (ICE, 2)	pourcentage de forêt (0 à 100)
MADE (ICE, 3)	pourcentage de marais (0 à 100)

L'indice ICE du carreau entier varie de 1 à NBCE.

### D.3 Matrice MACP

Matrice MACP	
Informations relatives aux carreaux partiels	
MACP (ICP, 1)	superficie en % du carreau partiel par rapport au carreau entier (0 à 100)
MACP (ICP, 2)	numéro du carreau entier auquel il appartient (1 à NBCE)
MACP (ICP, 3)	cumul des pourcentages de superficie des carreaux partiels en amont, calculé à la sortie du carreau partiel ICP (voir MARR (23) Annexe D.1.2).
MACP (ICP, 4)	nombre de carreaux qui alimentent ce carreau

L'indice ICP du carreau partiel varie de 1 à NBCE.



**E**

**DONNÉES DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES  
ET MÉTÉOROLOGIQUES**

---

(extension DHM)

## E.1 Vecteur DHM1GEN

Vecteur obligatoire donnant les informations générales de la banque de données à créer.

1	11	21	31	36	41	46	51		80
DHM1GEN	JDEB	JFIN	NBPM	NDEB	NNIV	NEIGR	PASSIM		
A10	I10	I10	I5	I5	I5	I5	I5	5	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
JDEB	11-20	Date du début de la préparation de la banque de données. Année, mois, jour.
JFIN	21-30	Date de la fin de la préparation de la banque de données. Année, mois, jour.
NBPM	31-35	Nombre de stations météorologiques disponibles pour la période JDEB-JFIN max = 100 si le nombre de stations météorologiques (NBPM) est supérieur à 1 les vecteurs STAMET2, STAMET3.....etc. sont induits.
NDEB	36-40	Nombre de stations hydrométriques disponibles (max = 50) y compris la station de l'exutoire qu'elle soit réelle ou fictive. Si le nombre de stations est supérieur à 1 les vecteurs STADEB2, STADEB3 ...etc. sont induits.
NNIV	41-45	Nombre de stations donnant les niveaux journaliers des réserves dans les barrages de code 1 (section 4.3.4).
NEIGE	46-50	Code indiquant si les données de neige existent. 0 = oui, les données de neige sont lues sur les fichiers MET et introduites dans le fichier. 1 = non, les données de neige n'existent pas sur les fichiers MET et ne sont pas introduites sur le fichier des données hydrométéorologiques (extension HMC).
IPASSIM	51-55	Durée en heures du pas de temps utilisé pour la préparation de la banque de données hydro-météo. Soit 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 heures et 24 pour le pas de temps journalier

## E.2 Vecteur REPMETEO

Vecteur obligatoire donnant le nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données météorologiques.

1	11	80
REPMETEO	REPMET	
A10	A70	

### Variable Colonnes

### Description

REPMETO 11-80

Nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données météorologiques.

## E.3 Vecteur REPHYDRO

Vecteur obligatoire donnant le nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données hydrométriques.

1	11	80
REPHYDRO	REPHYD	
A10	A70	

### Variable Colonnes

### Description

REPHYDO 11-80

Nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données hydrométriques.

## E.4 Vecteur STAMET1

Vecteur obligatoire donnant les informations générales sur la première station et le nom du fichier contenant les données météorologiques que l'on veut utiliser pour créer la banque de données.

1	11	19	21	80
STAMET1	NOMET	---	FMET	
A10	A8	A2	A12	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOMET	11-18	Numéro de la station météorologique maximum 8 caractères.
--	19-20	Non utilisé.
FMET	21-32	Nom du fichier contenant les données météorologiques journalières de la station. Le fichier météorologique donne, sur une première ligne, le numéro de station et l'année avec le format (2X, A8, I5) puis trois ou quatre vecteurs de 366 valeurs donnant les températures maximum et minimum, la pluie et optionnellement la neige. Si aucune donnée de neige n'existe, le bloc de vecteurs relatif à la neige journalière n'est pas introduit dans le fichier. Nous devons cependant donner 1 pour la variable NEIGE sur le vecteur DHM1GEN. Le format d'écriture des données sur le fichier est de (24I5). Le 29 février a toujours sa place, si l'année est non-bissextile, la 60 ième valeur du vecteur est un code pour manque de données soit -990 pour les températures et -10 pour les précipitations. Le fichier peut débuter et finir à n'importe quelle année, le programme cherchera l'année désirée.

## E.5 Vecteur STAMET2...STAMET100

Vecteur induit donnant les informations générales sur les numéros des stations et les noms des fichiers contenant les données météorologiques que l'on veut utiliser pour créer la banque de données.

1	11	19	21	80
STAMET2..100	NOMET	--	FMET	
AI0	A8	A2	A12	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOMET	11-18	Numéro de la station météorologique maximum 7 caractères.
--	19-20	Non utilisé.
FMET	21-32	Nom du fichier contenant les données météorologiques journalières de la station. Le fichier météorologique donne sur une première ligne le numéro de station et l'année avec le format (3X,A7,I5) puis trois ou quatre vecteurs de 366 valeurs donnant les températures maximum et minimum, la pluie et optionnellement la neige. Si aucune donnée de neige n'existe le bloc de vecteurs relatif à la neige journalière n'est pas introduit dans le fichier. Nous devons cependant donner 1 pour la variable NEIGE sur le vecteur DHM1GEN. Le format d'écriture des données sur le fichier est de (24I5). Le 29 février a toujours sa place, si l'année est non-bissextile, la 60 ième valeur du vecteur est un code pour manque de données soit -990 pour les températures et -10 pour les précipitations. Le fichier peut débiter et finir à n'importe quelle année, le programme cherchera l'année désirée.

## E.6 Vecteur STADEB1

Vecteur obligatoire donnant les informations générales sur la première station et le nom du fichier contenant les données hydrométriques que l'on veut utiliser pour créer la banque de données. Si la station est un barrage de code 1, il faut aussi fournir le numéro de station donnant les niveaux d'eau dans le barrage et le nom du fichier de ces données.

1	11	19	21	33	37	45	47	59	80
STADEB1	NODEB	--	FDEB	--	NONIV--	--	FNIV	PR	
A10	A8	A2	A12	A4	A8	A2	A12	I5	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NODEB	11 à 18	Numéro de la station hydrométrique maximum 6 chiffres.
--	19 à 20	Non utilisé.
FDEB	21 à 32	Nom du fichier donnant les données de débits de la station. Les fichiers débit donne sur une première ligne le numéro de station et l'année avec le format (3X,17,15) suivi d'un vecteur de 366 valeurs qui donne les débits journaliers de l'année. Le fichier contient toutes les données disponibles. Le fichier peut débiter et finir à n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée. Le format est de (8F10.2). Le 29 février a toujours sa place. Si l'année est non-bissextile la 60 ième valeur du vecteur est un code pour manque de données soit -1.0 pour les débits.
--	33 à 36	Non utilisé.
NONIV	37 à 44	Numéro de la station de niveaux si la station est un barrage maximum 6 chiffres.
--	45 à 46	Non utilisé.
FNIV	47 à 58	Nom du fichier donnant les données de niveaux de la station (si barrage). Le fichier niveau donne sur une première ligne le numéro de station et l'année avec le format (3X,17,15) suivi d'un vecteur de 366 valeurs qui donne les niveaux journaliers de l'année. Le fichier contient toutes les données disponibles. Le fichier peut débiter et finir à n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée. Le format est de (8F10.2). Le 29 février a toujours sa place. Si l'année est non-bissextile la 60 ième valeur du vecteur est un code pour manque de données soit -1.0 pour les niveaux.
PR	59-64	Code utilisé pour spécifier le format d'écriture des débits sur le fichier hydro-météorologique (extension HMC). Le code indique le nombre de chiffres après le point que l'on doit utiliser. Le champ utilisé est toujours huit colonnes et la valeur de PR indique le nombre de chiffres après le point. Par défaut, si aucun chiffre n'est donné, le programme utilise 2 chiffres après le point. PR peut varier de 1 à 5 pour des formats de F8.1 à F8.5. Pour les niveaux dans les réservoirs le format F8.2 est toujours utilisé.

## E.7 Vecteur STADEB2...STADEB50

Vecteur induit donnant les informations générales sur les numéros de stations et le nom des fichiers contenant les données hydrométriques que l'on veut utiliser pour créer la banque de données. Si la station est un barrage de code 1 il faut aussi donner le numéro de station donnant les niveaux d'eau dans le barrage et le nom du fichier de ces données.

1	11	17	19	31	37	39	51	55	80
STADEB2..10	NODEB	--	FDEB	NONIV	--	FNIV	PR		
A10	I6	A2	A12	I6	A2	A12	I4		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NODEB	11 à 16	Numéro de la station hydrométrique maximum 6 chiffres.
--	17 à 18	Non utilisé
FDEB	19 à 31	Nom du fichier donnant les données de débits de la station. Les fichiers débit donne sur une première ligne le numéro de station et l'année avec le format (3X,I7,I5) suivi d'un vecteur de 366 valeurs qui donne les débits journaliers de l'année. Le fichier contient toutes les données disponibles. Le fichier peut débuter et finir à n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée. Le format est de (10F8.2). Le 29 février a toujours sa place. Si l'année est non-bissextile la 60 ième valeur du vecteur est un code pour manque de données soit 0.0 pour les débits.
NONIV	32 à 37	Numéro de la station de niveaux si la station est un barrage maximum 6 chiffres.
--	38 à 39	Non utilisé
FNIV	40 à 51	Nom du fichier donnant les données de niveaux de la station (si barrage). Le fichier niveau donne sur une première ligne le numéro de station et l'année avec le format (3X,I7,I5) suivi d'un vecteur de 366 valeurs qui donne les niveaux journaliers de l'année. Le fichier contient toutes les données disponibles. Le fichier peut débuter et finir à n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée. Le format est de (10F8.2). Le 29 février a toujours sa place. Si l'année est non-bissextile la 60 ième valeur du vecteur est un code pour manque de données soit 0.0 pour les niveaux.
PR	52-55	Code utilisé pour spécifier le format d'écriture des débits sur le fichier hydro-météorologique (extension HMC). Le code indique le nombre de chiffres après le point que l'on doit utiliser. Le champ utilisé est toujours huit colonnes et la valeur de PR indique le nombre de chiffres après le point. Par défaut, si aucun chiffre n'est donné, le programme utilise 2 chiffres après le point. PR peut varier de 1 à 5 pour les formats de F8.1 à F8.5. Pour les niveaux dans les réservoirs le format F8.2 est toujours utilisé.

## E.8 Vecteur EXECUTION

Vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs POSTEMETEO.

1	11	80
EXECUTION		
A10		



**F**

**DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET  
MÉTÉOROLOGIQUES PRÉPARÉES**

---

(extension HMC)

## F.1 Données NBSTAT

Données NBSTAT	
Informations sur le nombre de stations utilisées pour la préparation du fichier de données hydrométriques et météorologiques (extension HMC) (format 516)	
NBPM	Nombre de poste météorologique (maximum 100)
NBSH)	nombre de station hydrométrique (maximum 50)
NNIV	Nombre de stations donnant les niveaux journaliers des réserves dans les barrages de code 1 (section 4.3.4).
NEIGE	Code indiquant si les données de neige sont introduites sur le fichier. 0 = oui 1 = non
IPASSIM	Durée en heures du pas de temps utilisé pour la préparation de la banque de données hydro-météo. Soit 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 heures et 24 pour le pas de temps journalier

## F.2 Données ANDEBFIN

Vecteur ANDEBFIN	
Informations sur les années de début et de fin des données ( <u>format 2I10</u> )	
JRDEP	Date du début des données météorologiques fournies sur les données suivantes
JRFIN	Date de la fin des données météorologiques fournies sur les données suivantes

### F.3 Données NOSTAMET

Données NOSTAMET	
Numéro des stations météorologiques utilisées ( <u>format 10A8</u> )	
NOSTAMET(1 à NBPM)	numéro des stations météorologiques utilisées

## F.4 Données NOSTADEB

Données NOSTADEB	
Numéro des stations hydrométriques utilisées (format 10A8)	
NOSTADEB(1 à NBPM)	numéro des stations hydrométriques utilisées

## F.5 Données NOSTANIV

Données NOSTANIV	
Numéro des stations de niveaux utilisées (format 10F8.0)	
NOSTANIV(1 à NBPM)	numéro des stations donnant les niveaux journaliers des réserves d'eau des barrages

Note: S'il n'y a pas de station barrage de code 1 (NNIVO = 0) ce bloc de données n'est pas écrit.

## F.6 Données DONMETEO

Données DONMETEO	
Données météorologiques journalières (format 2014)	
DONMETEO(JR, 1 à NDIMN1)	<p>température maximale journalière de l'air aux NBPM stations météorologiques en dixième de °C METEO(1 à NBPM)</p> <p>température minimale journalière de l'air aux NBPM stations météorologiques en dixième de °C METEO(NBPM+1 à 2xNBPM)</p> <p>précipitation liquide aux NBPM stations météorologiques en dixième de mm METEO(2xNBPM+1 à 3xNBPM)</p> <p>précipitation solide aux NBPM stations météorologiques en dixième de mm d'équivalent d'eau. Si aucune donnée de neige n'existe ce vecteur n'est pas introduit. METEO(3xNBPM+1 à 4xNBPM)</p>

L'indice JR varie de 1 au nombre de pas de temps de données dans la période considérée, soit de JRDEP, à JRFIN.

## F.7 Données DONDEBIT

Données DONDEBIT	
Données hydrométriques journalières (format 10F8.2)*	
DONDEBIT(JR, 1 à NBSH)	débit moyen journalier des NBSH stations hydrométriques (m <sup>3</sup> /s)

L'indice JR varie de 1 au nombre de pas de temps de données dans la période considérée, soit de JRDEP, à JRFIN.

\* Selon les variables PR lues pour chacune des stations sur les vecteurs STADEB, le format peut varier de F8.1 à F8.5.

## F.8 Données DONNIVEAU

Données DONNIVEAU	
Données de niveau journalières (format 10F8.2)	
DONNIVEAU(JR, 1 à NBSH)	niveau journalier (mètre) des réserves des barrages. La position des niveaux doit correspondre aux stations avec barrage

L'indice JR varie de 1 au nombre de jours de données dans la période considérée, soit de de JRDEP à JRFIN.

S'il n'y a pas de station barrage de code 1 (NNIVO = 0) ce bloc de données n'est pas écrit.



**G**

## **DONNÉES DE QUALITÉ**

---

(extension DQ)

## G.1 Vecteur QUAL1GEN

Vecteur obligatoire donnant les informations générales de la banque de données de qualité à créer.

1	11	21	31	36	41	80
QUAL1GEN	JDEB	JFIN	NBQUA	NBPAQU	IPASSIM	
AI0	I10	I5	I5	I5	I5	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
JDEB	11-20	Date du début de la formation de la banque de qualité de l'eau.
NAF	21-30	Date de la fin de la formation de la banque de qualité de l'eau.
NBQUA	31-35	Nombre de stations de qualité de l'eau disponibles pour la période NAD-NAF max = 10. Si le nombre de stations de qualité (NBQUA) est supérieur à 1 les vecteurs STAQUA2, STAQUA3.....etc. sont induits.
NBPAQU	36-40	Nombre de paramètres de qualité à introduire dans la banque. L'ordre des paramètres est: 1- Température 2- Solides en suspension 3- Oxygène dissous 4- Demande biochimique en oxygène 5- Solide dissous Les paramètres étant introduit dans la banque en respectant cet ordre on doit par exemple donné NBPAQU=3 même si on désire introduire seulement le paramètre oxygène dissous. Dans ce cas le programme introduit un code absence de donnée (-99.00) pour les deux premiers paramètres (température et solides en suspension) et donne la valeur de l'oxygène dissous en troisième position.
IPASSIM	41-45	Durée en heures du pas de temps utilisé pour la préparation de la banque de données de qualité. Pour la qualité de l'eau seul le pas de temps journalier est accepté (24 heures).

## G.2 Vecteur REPQUAL

Vecteur obligatoire donnant le nom du répertoire où se trouve les fichiers des données de qualité de l'eau.

1	11	80
REPQUAL	REPQUA	
A10	A70	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
REPQUA	11-80	Nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données de qualité de l'eau. Il faut terminer le nom du répertoire par un "\".

## G.3 Vecteur STAQUA1

Vecteur obligatoire donnant le numéro de la première station et le nom du fichier contenant les données de qualité de l'eau que l'on veut utiliser pour créer la banque de données.

1	11	19	21	29	31	34	37	40	43	80
STAQUA1	NOQUA	--	FQUA	--	JTEO	JSSO	JODO	JDBO	JSSO	
A10	A8	A2	A8	A2	I3	I3	I3	I3	I3	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOQUA	11-18	Numéro de la station de qualité de l'eau maximum 7 caractères.
--	19-20	Non utilisé
FQUA	21-28	Nom du fichier donnant les données de qualité de l'eau journalières de la station 1. Ne pas donner d'extension ni de point, le programme introduit l'extension selon les paramètres demandés 1- Température (extension TEO) 2- Solides en suspension (extension SSO) 3- Oxygène dissous (extension ODO) 4- Demande biochimique en oxygène (extension DBO) 5- Solide dissous (extension SDO) Les fichiers donnent sur une première ligne l'année et le numéro de station avec le format (I5,I1X,A7) puis sur chaque ligne 5 paires de valeurs donnant le jour (1 à 365 ou 366 si l'année est bissextile) et la valeur du paramètre avec le format (5(I5,F10.3)). On utilise autant de lignes que nécessaire et la série d'une année se termine par une ligne vierge. Le fichier peut débuter et finir à n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée.
--	29-30	Non utilisé
JTEO	31-33	Code indiquant si le fichier des données de température de l'eau en rivière existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe
JSSO	34-36	Code indiquant si le fichier des données de solides en suspension existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe
JODO	37-39	Code indiquant si le fichier des données de l'oxygène dissous existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe
JOBO	40-42	Code indiquant si le fichier des données de la demande biochimique en oxygène existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe
JSDO	43-45	Code indiquant si le fichier des données des solides dissous existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe

## G.4 Vecteur STAQUA2...STAQUA10

Vecteur induit donnant les numéros des stations et les noms des fichiers contenant les données de qualité que l'on veut utiliser pour créer la banque de données.

1	11	19	21	29	31	34	37	40	43	80
STAQUA2..	NOQUA	--	FQUA	--	JTEO	JSSO	JODO	JDBO	JSSO	
A10	A8	A2	A8	A2	I3	I3	I3	I3	I3	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOQUA	11-18	Numéro de la station de qualité de l'eau maximum 7 caractères.
--	19-20	Non utilisé
FQUA	21-28	Nom du fichier donnant les données de qualité de l'eau journalières de la station 1. Ne pas donner d'extension ni de point, le programme introduit l'extension selon les paramètres demandés 1- Température (extension TEO) 2- Solides en suspension (extension SSO) 3- Oxygène dissous (extension ODO) 4- Demande biochimique en oxygène (extension DBO) 5- Solide dissous (extension SDO) Les fichiers donnent sur une première ligne l'année et le numéro de station avec le format (I5,I1X,A7) puis sur chaque ligne 5 paires de valeurs donnant le jour (1 à 365 ou 366 si l'année est bissextile) et la valeur du paramètre avec le format (5(I5,F10.3)). On utilise autant de lignes que nécessaire et la série d'une année se termine par une ligne vierge. Le fichier peut débuter et finir à n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée.
--	29-30	Non utilisé
JTEO	31-33	Code indiquant si le fichier des données de température de l'eau en rivière existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe
JSSO	34-36	Code indiquant si le fichier des données de solides en suspension existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe
JODO	37-39	Code indiquant si le fichier des données de l'oxygène dissous existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe
JOBO	40-42	Code indiquant si le fichier des données de la demande biochimique en oxygène existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe
JSDO	43-45	Code indiquant si le fichier des données des solides dissous existe: 0: le fichier n'existe pas 1: le fichier existe

## G.5 Vecteur EXECUTION

Vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs STAQUA.

1	11	80
EXECUTION		
AIO		

**H**

**DONNÉES DE QUALITÉ  
PRÉPARÉES**

---

(extension QUA)

## H.1 Données INFGEN

<b>Données INFGEN</b>	
<b>Informations générales sur la banque de donnée préparée (format 2I10,3i5 )</b>	
<b>JRDEBQ</b>	<b>Date du début de la banque de données de qualité</b>
<b>JRFINQ</b>	<b>Date de la fin de la banque de données de qualité.</b>
<b>NBSTQA</b>	<b>Nombre de stations de qualité</b>
<b>NBPAQA</b>	<b>Nombre de paramètres de qualité.</b>
<b>IPASSIM</b>	<b>pas de la simulation, toujours 24.</b>

## H.2 Données NOSTQUA

<b>Données NOSTQUA</b> <b>Numéro des stations de qualité de l'eau utilisées (format 10A8)</b>	
<b>NOSTQUA(1 à NBPAQA)</b>	<b>Numéro des stations de qualité de l'eau utilisées NOQUA(1 à NBPAQA)</b>

### H.3 Données DONQUA

<b>Données DONQUA</b> <b>Données de qualités de l'eau (format 10F8.3)</b>	
<b>DONQUA(JR, 1 à NBPAQA*NBSTQA)</b>	<b>température journalière de l'eau mesurée aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (°C) VALQUA(1 à NBSTQA)</b> <b>solides en suspension mesurés aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (PPM) VALQUA(NBSTQA+1 à 2*NBSTQA)</b> <b>oxygène dissous mesuré aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (PPM) VALQUA(2*NBSTQA+1 à 3*NBSTQA)</b> <b>demande biochimique en oxygène mesuré aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (PPM) VALQUA(3*NBSTQA+1 à 4*NBSTQA)</b> <b>solides dissous mesurés aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (PPM) VALQUA(4*NBSTQA+1 à 5*NBSTQA)</b>

L'indice JR varie de 1 au nombre de jours de données dans la période considérée, soit de JRDEBQ À JRFINQ.

# **PARAMÈTRES DE SIMULATION DE QUANTITÉ**

---

(extension PAH)

# I.1 Les vecteurs obligatoires

## I.1.1 Vecteur obligatoire SIMULATION

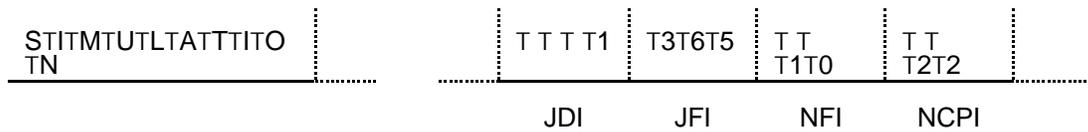
Vecteur obligatoire à insérer avant tous les autres vecteurs. Il permet de spécifier les dates des périodes de simulation et les paramètres pour les résultats intermédiaires.

1	11	21	31	37	42	47	52	57	62	67					80
SIMULATION	JDEB	JFIN	NBJRAN	JDI	JF1	NF1	NCP1	IMACE	IMACP	IQNU					
A10	I10	I1	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5					

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
JDEB	11 - 20	Date du début de la simulation "aaaammjj");
JFIN	21 - 30	Date de la fin de la simulation "aaaammjj");
NBJRAN	31 - 36	Nombre de jours par an à simuler. Si NBJRAN est inférieur à 365, on fonctionne en discontinu. Dans ce cas, la période à simuler doit être comprise dans une année hydrologique;
JDI	37 - 41	Date pour débuter la génération des résultats intermédiaires du carreau partiel NCP1 "mmjj");
JF1	42 - 46	Date de la fin de la génération des résultats intermédiaires du carreau partiel NCP1 "mmjj");
NF1	47 - 51	Fréquence de la génération des données intermédiaires, en jours Ex. 0: aucune donnée générée, 10 impression à tous les 10 jours;
NCP1	52 - 56	Numéro du carreau partiel dont on désire des résultats intermédiaires;
IMACE	57 - 61	1: écriture de la matrice MACE au début de la simulation; 0: rien;
IMACP	62 - 66	1: écriture de la matrice MACP, au début de la simulation; 0: rien;
IQNU	67 - 71	1: écriture de la matrice QNU au début de la simulation et au début de chaque nouvelle année; 0: rien;

Exemples:

**Calculs intermédiaires:**



On génère les résultats intermédiaires du carreau partiel 22 pour les jours 1, 11, 21 ... 361. Les résultats se rapportent au carreau entier auquel ils appartiennent, sauf "VOL.EMMAG.", qui est propre au carreau partiel seul. Les résultats produits sont:

- DATE : jour et mois;
- VOL.EMMAG. : volume emmagasiné (m<sup>3</sup>);
- TJE : température moyenne de l'air (°C);
- PJN : précipitation solide journalière (équivalent en eau en mm);
- PJE : précipitation liquide journalière (mm);
- HS : hauteur de l'eau dans le réservoir SOL (mm);
- PRODU : lame d'eau disponible pour le transfert (mm);
- RUISS : ruissellement de surface (mm);
- XINF : infiltration du réservoir SOL au réservoir NAPPE (mm);
- SNC : équivalent en eau du stock de neige en forêt (mm);
- SND : équivalent en eau du stock de neige en clairière (mm);
- QNUI3 : index du mûrissement de la neige
- QNUI4 : index de conductivité de la neige
- EAUTER : pluie + fonte - ruissellement imperméable, disponibles pour la production (mm);
- HN : hauteur de l'eau dans le réservoir NAPPE (mm);
- HM : hauteur de l'eau dans le réservoir LACS et MARAIS (mm);
- ETRSOL : évapotranspiration réelle depuis le réservoir SOL (mm);
- ETRNAP : évapotranspiration réelle depuis le réservoir NAPPE (mm).

## I.1.2 Vecteur obligatoire NEIGE

Ce vecteur définit les valeurs des différents paramètres régissant la fonte de la neige.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
NEIGE	STRNE	TFC	TFD	TSC	TSD	TTD	TTS	
AI0	F 10.3							

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
STRNE	11 à 20	seuil de transformation pluie-neige (°C);
TFC	21 à 30	taux potentiel de fonte en forêt (mm/°C/jour);
TFD	31 à 40	taux potentiel de fonte en clairière (mm/°C/jour);
TSC	41 à 50	seuil de température de fonte en forêt (°C);
TSD	51 à 60	seuil de température de fonte en clairière (°C);
TTD	61 à 70	coefficient de déficit calorifique;
TTS	71 à 80	température du mûrissement du stock de neige (°C).

### I.1.3 Vecteur obligatoire OPTION

Ce vecteur permet de fixer les options du programme.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
OPTION	JONEI	JOEVA	KODMAJ M	MOTRAN	KODCN	KODPN	MAJMAN	JREC	NTEMP	NTHIES	KFDMT	IPASSIM	KPREC		
AI0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
JONEI	11 à 15	paramètre qui permet de décaler la date d'insolation maximale pour le calcul de la fonte de la neige. Pour JONEI = 80, la durée d'ensoleillement potentiel est maximale le 21 juin (Figure 4.3);
JOEVA	16 à 20	rôle analogue à JONEI, mais pour l'évapotranspiration;
KODMAJM	21 à 25	code pour déterminer si on fait la mise à jour automatique des réserves avant le début des prévisions. Cette option est utilisée seulement si on demande la mise à jour déterministe. Si MAJMAN est plus grand que zéro on fera la mise à jour MAJMAN périodes avant la prévision. Si MAJMAN = 0 on fera la mise à jour 20 périodes avant la prévision.
MOTRAN	26 à 30	mode de calcul du transfert à travers le bassin: -1 = transfert supprimé, si on ne s'intéresse qu'à la production 0 = transfert normal;
KODCN	31 à 35	Code de correction des stocks de neige au sol. Si KODCN = 0 correction par zone IMIN, IMAX, JMIN, JMAX Si KODCN = 1 correction en fonction des 3 relevés les plus près;
KODPN	36 à 40	code pour déterminer si on veut la précipitation totale sur le bassin versant, si oui on obtient le fichier PLN qui est semblable à TPF sauf que la précipitation est la pluie + la neige. 0 = non 1 = oui;
MAJMAN	41 à 45	code pour déterminer si on veut faire la mise à jour manuelle. MAJMAN > 0 = oui. MAJMAN peut varier de 0 à 366 et détermine le nombre de jours qu'on va garder les variables d'état dans le fichier ETA;
JREC	46 à 50	code pour déterminer si on veut reconstituer les débits des bassins versant en amont des barrages réels (KODBAR=1) 0 = non 1 = oui;
NTEMP	51 à 55	code de calcul de la température de l'air sur les carreaux entiers: 1: par par polygones de Thiessen: affectation, au carreau entier, de la station météorologique la plus proche;; 3: par pondération des trois stations les plus proches;
NTHIES	56 à 60	code de calcul des précipitations sur les carreaux entiers: 1: par les polygones de Thiessen: affectation, au carreau entier, de la station météorologique la plus proche; 3: par pondération des trois stations les plus proches. Toutefois, lorsque NTHIES vaut 1, NTEMP doit être émis à 1;
KFDMT	61 à 65	code pour demander de sauvegarder les débits simulés aux stations réelles et fictives des prévisions à court et moyen terme. Si KFDMT = 1 on garde les débit sur un fichier PMR pour les stations réelles et sur un fichier PMF pour les stations fictives;
IPASSIM	66 à 70	durée en heure du pas de simulation, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12 heures ou 24 pour une simulation journalière;
KPREC	71 à 75	code de corrections des précipitations: 0 = pas de correction; 1 = correction des précipitations. Dans ce cas, on doit lire les vecteurs induits CORPREC (Annexe G.3.8).

## I.1.4 Vecteur obligatoire SOL1

Ce vecteur permet de définir les paramètres de vidange des réservoirs.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
SOL1	CIN	CVMAR	CVNB	CVNHN	CVSB	CVSI	XINFMA	
AI0	F 10.3							

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
CIN	11 à 20	coefficient d'infiltration dans le réservoir NAPPE. Lorsque ce coefficient n'est pas le même pour tous les carreaux entiers, il doit être lu sur le vecteur facultatif COEFINFILT (Annexe G.2.12);
CVMAR	21 à 30	coefficient de vidange du réservoir LACS et MARAIS;
CVNB	31 à 40	coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE;
CVNH	41 à 50	coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE;
CVSB	51 à 60	coefficient de vidange basse du réservoir SOL;
CVSI	61 à 70	coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL;
XINFMA	71 à 80	infiltration maximale (mm/jour).

## I.1.5 Vecteur obligatoire SOL2

Ce vecteur permet de définir les paramètres de hauteur de vidange des réservoirs.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
SOL2	HINF	HINT	HMAR	HNAP	HPOT	HSOL	HRIMP	
AI0	F 10.3							

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
HINF	11 à 20	seuil d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE (mm);
HINT	21 à 30	seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL (mm);
HMAR	31 à 40	seuil de vidange du réservoir LACS et MARAIS (mm);
HNAP	41 à 50	seuil de vidange supérieure du réservoir NAPPE (mm);
HPOT	51 à 60	seuil de prélèvement de l'eau à taux potentiel, par évapotranspiration (mm);
HSOL	61 à 70	hauteur du réservoir SOL (mm);
HRIMP	71 à 80	lame d'eau nécessaire pour que débute le ruissellement sur les surfaces imperméables (mm).

## I.1.6 Vecteur obligatoire SOL3

Ce vecteur permet de définir les paramètres du modèle.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
SOL3	COEP	EVNAP	TRI	XAA	XIT	XLA	COET	
AI0	F 10.3							

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
COEP	11 à 20	coefficient de correction des précipitations annuelles en fonction de l'altitude (mm/mètre/an);
EVNAP	21 à 30	fraction de l'évapotranspiration prise dans le réservoir NAPPE (de 0.0 à 1.0);
TRI	31 à 40	fraction de surface imperméable des carreaux entiers (de 0.0 à 1.0). Lorsque ce coefficient n'est pas le même pour tous les carreaux entiers, il doit être lu sur le vecteur SURFIMPERM ou COEFIMP;
XAA	41 à 50	exposant de la formule de Thornthwaite;
XIT	51 à 60	valeur de l'index thermique de Thornthwaite;
XLA	61 à 70	latitude moyenne du bassin versant en degrés et minutes sexagésimales (ex.: XLA = 4245 pour une latitude de 42°45').
COET	71 à 80	correction des températures en fonction de l'altitude (°C/1 000 m). Note: le modèle a deux options pour calculer la température sur chaque carreau entier. (Voir variable NTEMP sur la vecteur obligatoire OPTION,

## I.1.7 Vecteur obligatoire SOLINITIAL

Ce vecteur permet de définir les conditions initiales au début de la simulation.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
SOLINITIAL	HSINI	HNINI	HMINI	QO	TMUR	TSTOCK		
AI0	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
HSINI	11 à 20	niveau d'eau initial dans le réservoir SOL (mm);
HNINI	21 à 30	niveau d'eau initial dans le réservoir NAPPE (mm);
HMINI	31 à 40	niveau d'eau initial dans le réservoir LACS et MARAIS (mm);
QO	41 à 50	débit initial à l'exutoire du bassin versant (m <sup>3</sup> /s). Chaque sous-bassin aura un débit initial proportionnel à sa superficie;
TMUR	51 à 60	index de mûrissement du manteau nival;
TSTOCK	61 à 70	index de température du manteau nival.

## I.1.8 Vecteur obligatoire TRANSFERT

Ce vecteur permet de fixer les paramètres de transfert

1	11	21	31	80
TRANSFERT	EXXKT	ZN	KODTRAN	
AI0	F 10.3	F 10.3	I5	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
EXXKT	11 à 20	paramètre de calcul des coefficients de transfert des carreaux partiels, pour le pas de temps de la simulation;
ZN	21 à 30	temps de concentration du bassin versant (en pas de temps).
KODTRAN	31 à 36	code indiquant quel formule utiliser pour le calcul des coefficients de transferts. 1 = formule initiale , 2 = nouvelle formule pour les très petit bassin versant et pour les simulations avec un pas de temps inférieur à la journée.

## I.1.9 Vecteur obligatoire POSTEMETEO

Ces vecteurs spécifient les principales caractéristiques des stations météorologiques utilisées lors de la simulation. Ces vecteurs doivent correspondre aux stations réellement existantes sur le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC) pour la période que l'on désire simuler.

1	11	34	42	47	52	62	67	72	77	81
POSTEMETEO	NOM	NOSME	ICA	JCA	TP	IALT	LAT	LONG	NPROV	
A10	A23	A8	I5	I5	F 10.3	I5	I5	I5	I5	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOM	11 à 33	nom de la station météorologique;
NOSME	34 à 41	numéro de la station, ce numéro doit être un numéro existant sur la banque de données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC);
ICA	42 à 46	abscisse de la station dans le système de coordonnées "I et J" du bassin;
JCA	47 à 51	ordonnée de la station dans le système de coordonnées "I et J" du bassin;
TP	52 à 61	précipitation moyenne interannuelle de la station (mm);
IALT	62 à 66	altitude de la station (mètres);
LAT	67 à 71	latitude de la station (degrés sexagésimaux). Ce paramètre est donné comme information et n'est pas obligatoire;
LONG	72 à 76	longitude de la station (degrés sexagésimaux). Ce paramètre est donné comme information et n'est pas obligatoire;
NPROV	77 à 81	numéro secondaire de la station. Ce paramètre est donné comme information et n'est pas obligatoire.

### REMARQUES:

- 1) le nombre de vecteurs "POSTEMETEO" à fournir est égal au nombre "NBPM" de stations météorologiques défini pour la période considérée sur la banque de données hydrométriques et météorologiques. CEQUEAU permet un maximum de 100 stations météorologiques;
- 2) les valeurs des variables ICA et JCA peuvent être modifiées, de façon à changer l'importance relative des stations pour l'estimation des précipitations sur le bassin versant étudié;
- 3) lorsque le nombre de stations météorologiques utilisées varie dans le temps, les vecteurs "POSTEMETEO" nécessaires sont ceux correspondant réellement à la période simulée. S'il y a modification dans le groupe des stations utilisées au cours de la simulation, il est nécessaire de relire les vecteurs POSTEMETEO correspondant aux nouvelles stations. L'exemple ci-dessous illustre ce cas:

Supposons que la banque de données hydrométriques et météorologiques soit ainsi formée:

- 6 stations météorologiques du 1er janvier 1967 au 14 juillet 1968 (numéros "a" à "f");
- 3 stations du 15 juillet 1968 au 24 juin 1972 (numéros "b", "c" et "f");
- 4 stations du 25 juin 1972 au 31 décembre 1975 (numéros "a", "b", "c" et "f").

On désire simuler du 5 mars 1970 au 31 décembre 1975. La succession des vecteurs nécessaires pour cette simulation serait alors la suivante:

TRANSFERT	
POSTEMETEO	b
POSTEMETEO	c
POSTEMETEO	f
EXECUTION	
POSTEMETEO	a
POSTEMETEO	b
POSTEMETEO	c
POSTEMETEO	f

### I.1.10 Vecteur obligatoire EXECUTION

Ce vecteur termine obligatoirement le groupe des vecteurs facultatifs, que ces derniers soient présents ou non.

1	11	80
EXECUTION		
A10		



## I.2 Les vecteurs facultatifs

### I.2.1 Vecteur facultatif STATIONFIC

Ce vecteur permet de spécifier les numéros de carreaux partiels où l'on désire calculer les débits ailleurs qu'aux stations hydrométriques.

1	11	13	15	17	18	20	22	24	25	80
STATIONFIC	--	I	J	CO	--	I	J	CO	Le format se répète on peut introduire 10 stations fictives par vecteur	
A10	A2	I2	I2	A1	A2	I2	I2	A1		

S'il y a NBSH stations hydrométriques réelles, les NSFIC stations fictives auront les numéros NBSH + 1 à NSTAT ( où NSTAT = NBSH + NSFIC). Lorsqu'on veut définir plus de 10 stations fictives, il suffit de rajouter un vecteur supplémentaire. Toutefois, NSTAT doit rester inférieur ou égal à 100.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
--	11 - 12	Non utilisé
I	13 -14	Abscisse du carreau partiel ou se situe la station
J	15 - 16	Ordonnée du carreau partiel ou se situe la station
CO	17	Code du carreau partielle ( lettre A, B, C, ou D) en majuscule
--	18 - 19	Non utilisé
I	20 - 21	Abscisse du carreau partiel ou se situe la station
J	22 -23	Ordonnée du carreau partiel ou se situe la station
CO	24	Code du carreau partielle ( lettre A, B, C, ou D) en majuscule

#### REMARQUES:

Les vecteurs STATIONFIC, lorsqu'ils sont utilisés, doivent être obligatoirement les premiers vecteurs facultatifs insérés, c'est-à-dire immédiatement après les vecteurs POSTEMETEO, s'il n'existe pas de vecteur induit CORPREC, sinon, immédiatement après les vecteurs CORPREC.

Le modèle reconnaît la fin des stations fictives par des champs vierge.

## I.2.2 Vecteur facultatif BARRAGE

Ces vecteurs permettent de spécifier les stations (réelles ou fictives) où se trouvent les barrages.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
BARRAGE	(KODBAR(I), I = 1 à NSTAT)														
A10	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5

Il est nécessaire que chaque carreau partiel où se trouve un barrage soit défini comme station hydrométrique ou comme station fictive (par la vecteur facultatif STATIONFIC).

### Variables

### Description

#### KODBAR (I)

code de la station numéro I; quatre possibilités:

0: pas de barrage, écoulement naturel;

1: présence d'un barrage dont le débit évacué est lu sur le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC). La cote maximale du barrage peut être spécifiée sur la vecteur facultatif HAUTEURMAX, les vecteurs NIVEAU et VOLUME sont induits;

2: présence d'un barrage dont le débit évacué est calculé selon les capacités d'emmagasinement et d'évacuation, les vecteurs NIVEAU et DEBIT sont induits;

3: le carreau partiel sur lequel est située cette station reçoit un débit provenant de l'extérieur du bassin versant simulé, par exemple d'un barrage en amont. Les débits entrants sont lus sur le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC).

5: présence d'un barrage dont les débits sont fonction de l'emmagasinement et les lois de vidange sont variable dans le temps. L'eau est évacué dans le bassin versant ou à l'extérieur.

### CONTRAINTES D'UTILISATION DES CODES

CODE	TYPE DE STATION	VECTEURS INDUITS	REMARQUES
0	Réel ou fictive	Aucune	-----
1	Réel	NIVEAU VOLUME	Le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées doit contenir: - le débit évacué de ce barrage; - la cote observée de l'eau de la retenue
2	Réel ou fictive	NIVEAU DEBIT	-----
3	Réel	Aucune	Le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées doit contenir les débits entrants.
5	Réel ou fictive	NBARKOD5 NIVEAU VOLUME DEBIT INFBAR5 DEBIT	-----

REMARQUES:

- 1) une station réelle est une station où des débits journaliers ont été observés et sont conservés dans le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées; une station fictive est un point arbitraire du bassin versant où l'on calcule les débits transitants, mais pour laquelle il n'existe pas de débits observés;
- 2) par défaut, il n'y a aucun barrage. Toutefois, dès qu'il en existe au moins un, il est nécessaire de spécifier les codes "KODBAR", à chaque station réelle ou fictive;
- 3) s'il y a plus de 14 stations, on continuera sur un ou plusieurs vecteurs BARRAGE;
- 4) les dimensions actuelles du modèle permettent un maximum de 50 barrages au total;
- 4) les dimensions actuelles du modèle permettent un maximum de 5 barrages de code 5l
- 5) les vecteurs BARRAGE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

### I.2.3 Vecteur facultatif CARTEEVA

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique des données spatiales de l'évaporation (mm), sur chaque carreau entier.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
CARTEEVA	(IDATE(I,8), I = 1 à N)							
A10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

Au jour demandé, le modèle écrit sur le fichier des données spatiales (extension DSP) l'évaporation calculée sur chaque carreau entier.

<u>Variables</u>	<u>Description</u>
IDATE(I,*)	date à laquelle on veut garder sur fichier l'évaporation du jour, donnée sous la forme "jjmmaa", où: jj est le jour (2 chiffres); mm est le mois (2 chiffres); aa est l'année (2 chiffres);
	<u>Exemple:</u> 150375 pour le 15 mars 1975.

#### REMARQUES:

- 1) les dimensions actuelles du modèle permettent d'avoir jusqu'à sept vecteurs CARTEEVA. Chacun de ces vecteurs peut contenir sept dates. L'ordre chronologique n'est pas obligatoire, mais les dates spécifiées doivent être postérieures au début de la simulation;
- 2) par défaut, aucune donnée d'évaporation n'est gardée sur le fichier;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs CARTEEVA sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) la carte du bassin versant donnant l'évaporation sur chaque carreau entier peut être obtenue à l'aide de la commande GRAPHIQUE du menu principal CEQUEAU

Voir aussi CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP.

## I.2.4 Vecteur facultatif CARTEFONTE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique des données spatiales de la fonte (mm), sur chaque carreau entier.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
CARTEFONTE	(IDATE(I,6),I = 1 à N)							
A10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

Au jour demandé, le modèle écrit sur le fichier des données spatiales (extension DSP) la fonte calculée sur chaque carreau entier.

### Variables

### Description

IDATE(I,\*)  
date à laquelle on veut garder sur fichier la fonte du jour, donnée sous la forme "jjmmaa",  
où:  
jj est le jour (2 chiffres);  
mm est le mois (2 chiffres);  
aa est l'année (2 chiffres);

Exemple: 150375 pour le 15 mars 1975.

### REMARQUES:

- 1) les dimensions actuelles du modèle permettent d'avoir jusqu'à sept vecteurs CARTEFONTE. Chacun de ces vecteurs peut contenir sept dates. L'ordre chronologique n'est pas obligatoire, mais les dates spécifiées doivent être postérieures au début de la simulation;
- 2) par défaut, aucune donnée de fonte n'est gardée sur le fichier;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs CARTEFONTE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) la carte du bassin versant donnant la fonte sur chaque carreau entier peut être obtenue à l'aide de la commande GRAPHIQUE du menu principal CEQUEAU.

Voir aussi CARTEEVA, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP.

## I.2.5 Vecteur facultatif CARTENAPPE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique de la hauteur d'eau dans le réservoir NAPPE (mm), sur chaque carreau entier.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
CARTENAPPE	(IDATE(I,4), I = 1 à N)							
A10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

Au jour demandé, le modèle écrit sur le fichier de données spatiales (extension DSP), la hauteur d'eau dans le réservoir NAPPE sur chaque carreau entier.

### Variables

### Description

IDATE(I,\*)  
 date à laquelle on veut garder sur fichier la hauteur d'eau dans la NAPPE donné sous la forma "jjmmaa",  
 où:  
 jj est le jour (2 chiffres);  
 mm est le mois (2 chiffres);  
 aa est l'année (2 chiffres);

Exemple: 150375 pour le 15 mars 1975.

### REMARQUES:

- 1) les dimensions actuelles du modèle permettent d'avoir jusqu'à sept vecteurs CARTENAPPE. Chacun de ces vecteurs peut contenir sept dates. L'ordre chronologique n'est pas obligatoire, mais les dates spécifiées doivent être postérieures au début de la simulation;
- 2) par défaut, aucune donnée de hauteur d'eau dans le réservoir NAPPE n'est gardée sur le fichier;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs CARTENAPPE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) la carte du bassin versant donnant la hauteur d'eau dans le réservoir NAPPE sur chaque carreau entier peut être obtenue à l'aide de la commande GRAPHIQUE du menu principal de CEQUEAU.

Voir aussi CARTEEVA, CARTEFONTE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP.

## I.2.6 Vecteur facultatif CARTENEIGE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique de l'équivalent en eau moyen du stock de neige au sol (mm), sur chaque carreau entier, calculé à partir des valeurs en clairière et en forêt, pondérées suivant le pourcentage de superficie de ces deux zones.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
CARTENEIGE	(IDATE(I,2),I = 1 à N)							
A10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

Au jour demandé, le modèle écrit sur le fichier des données spatiales (extension DSP), l'équivalent en eau moyen du stock de neige sur chaque carreau entier.

<u>Variables</u>	<u>Description</u>
IDATE(I,*)	date à laquelle on veut garder sur fichier l'équivalent en eau moyen du stock de neige au jour donné sous la forme "jjmmaa", où: jj est le jour (2 chiffres); mm est le mois (2 chiffres); aa est l'année (2 chiffres);

Exemple: 150375 pour le 15 mars 1975.

### REMARQUES:

- 1) les dimensions actuelles du modèle permettent d'avoir jusqu'à sept vecteurs pour chacun des types suivants: CARTENEIGE. Chacun de ces vecteurs peut contenir sept dates. L'ordre chronologique n'est pas obligatoire, mais les dates spécifiées doivent être postérieures au début de la simulation;
- 2) par défaut, aucune donnée d'équivalent en eau moyen du stock de neige n'est gardée sur le fichier;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs CARTENEIGE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) la carte du bassin versant donnant l'équivalent en eau moyen du stock de neige sur chaque carreau entier peut être obtenue à l'aide de la commande GRAPHIQUE du menu principal de CEQUEAU.

Voir aussi CARTEEVA, CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP.

## I.2.7 Vecteur facultatif CARTEPLUIE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique de la précipitation liquide (mm), sur chaque carreau entier.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
CARTEPLUIE	(IDATE(I,5), I = 1 à N)							
A10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

Au jour demandé, le modèle écrit sur le fichier des données spatiales (extension DSP), la précipitation liquide calculée sur chaque carreau entier.

### Variables

### Description

IDATE(I,\*)  
 date à laquelle on veut garder sur fichier la précipitation liquide du jour, donnée sous la forme "jjmmaa",  
 où:  
 jj est le jour (2 chiffres);  
 mm est le mois (2 chiffres);  
 aa est l'année (2 chiffres);

Exemple: 150375 pour le 15 mars 1975.

### REMARQUES:

- 1) les dimensions actuelles du modèle permettent d'avoir jusqu'à sept vecteurs CARTEPLUIE. Chacun de ces vecteurs peut contenir sept dates. L'ordre chronologique n'est pas obligatoire, mais les dates spécifiées doivent être postérieures au début de la simulation;
- 2) par défaut, aucune donnée de précipitation liquide n'est gardée sur le fichier;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs CARTEPLUIE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) la carte du bassin versant donnant la précipitation liquide sur chaque carreau entier peut être obtenue à l'aide de la commande GRAPHIQUE du menu principal de CEQUEAU.

Voir aussi CARTEEVA, CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTESOL ou CARTETEMP.

## I.2.8 Vecteur facultatif CARTESOL

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique représentant la hauteur d'eau dans le réservoir SOL (mm), sur chaque carreau entier.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
CARTESOL	(IDATE(I,3),I = 1 à N)							
A10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

Au jour demandé, le modèle écrit sur le fichier des données spatiales la hauteur d'eau dans le réservoir SOL.

### Variables

### Description

IDATE(I,\*)

date à laquelle on veut garder sur fichier la hauteur d'eau dans le réservoir SOL, donnée sous la forme "jjmmaa",  
où:  
jj est le jour (2 chiffres);  
mm est le mois (2 chiffres);  
aa est l'année (2 chiffres);

Exemple: 150375 pour le 15 mars 1975.

### REMARQUES:

- 1) les dimensions actuelles du modèle permettent d'avoir jusqu'à sept vecteurs CARTESOL. Chacun de ces vecteurs peut contenir sept dates. L'ordre chronologique n'est pas obligatoire, mais les dates spécifiées doivent être postérieures au début de la simulation;
- 2) par défaut, aucune donnée de hauteur d'eau dans le réservoir SOL n'est gardée sur le fichier;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs CARTESOL sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) la carte du bassin versant donnant la hauteur d'eau dans le réservoir SOL sur chaque carreau entier peut être obtenue à l'aide de la commande GRAPHIQUE du menu principal de CEQUEAU.

Voir aussi CARTEEVA, CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE ou CARTETEMP.

## I.2.9 Vecteur facultatif CARTETEMP

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données nécessaires au graphique représentant la la température (°C), sur chaque carreau entier.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
CARTETEMP	(IDATE(I,7), I = 1 à N)							
A10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

Au jour demandé, le modèle écrit sur le fichier des données spatiales (extension DSP) la température moyenne de l'air sur chaque carreau entier.

### Variables

### Description

IDATE(I,\*) date à laquelle on veut garder sur fichier la température moyenne de l'air du jour donnée sous la forme "jjmmaa",  
 où:  
 jj est le jour (2 chiffres);  
 mm est le mois (2 chiffres);  
 aa est l'année (2 chiffres);

Exemple: 150375 pour le 15 mars 1975.

### REMARQUES:

- 1) les dimensions actuelles du modèle permettent d'avoir jusqu'à sept vecteurs CARTETEMP. Chacun de ces vecteurs peut contenir sept dates. L'ordre chronologique n'est pas obligatoire, mais les dates spécifiées doivent être postérieures au début de la simulation;
- 2) par défaut, aucune donnée de température n'est gardée sur le fichier;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs CARTETEMPS sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) la carte du bassin versant donnant la température moyenne de l'air sur chaque carreau entier peut être obtenue à l'aide de la commande GRAPHIQUE du menu principal de CEQUEAU.

Voir aussi CARTEEVA, CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL.

## I.2.10 Vecteur facultatif COEFIMP

Ce vecteur permet de définir la fraction de surface imperméable sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
COEFIMP	IMI	IMA	JMI	JMA	PCIMP		
AI0	I5	I5	I5	I5	F10.3		

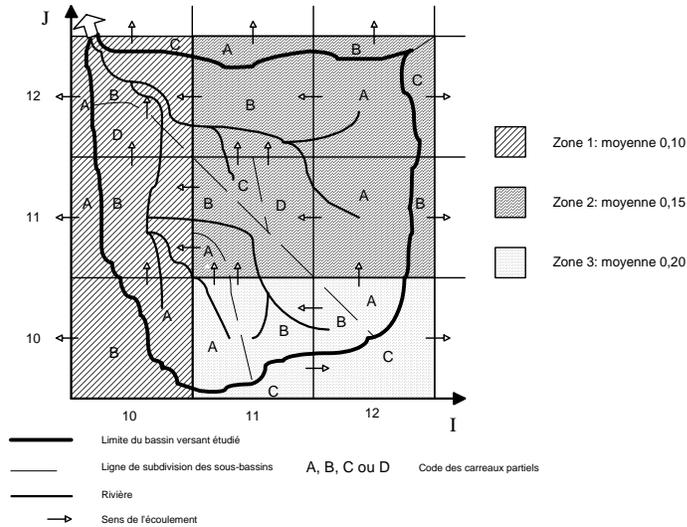
Rappelons que la fraction de surface imperméable peut être définie de trois manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre TRI du vecteur obligatoire SOL3;
- carreau entier par carreau entier avec le vecteur facultatif SURFIMPERM;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif COEFIMP.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IM	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
PCIMP	31 à 35	valeur moyenne (0.00 à 1.00) de la fraction de surface imperméable pour la zone définie par:  IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur COEFIMP qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir la fraction de surface imperméable.

EXEMPLE:



Cette correction implique les vecteurs suivants:

COEFIMP	10	10	10	12	0.10
COEFIMP	11	12	11	12	0.15
COEFIMP	11	12	10	10	0.20

#### REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de TRI lue sur le vecteur obligatoire SOL3 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur COEFIMP, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "PCIMP". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour la fraction de surface imperméable. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront une fraction de surface imperméable définie par le paramètre TRI du vecteur obligatoire SOL3 ;
- 3) le ou les vecteurs COEFIMP sont à insérer après le vecteur facultatif STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.11 Vecteur facultatif COEFINF

Ce vecteur permet de définir le coefficient d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
COEFINF	IMI	IMA	JMI	JMA	TOINF		
AI0	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que ce coefficient d'infiltration peut être défini de trois manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre CIN du vecteur obligatoire SOL1;
- carreau entier par carreau entier avec le vecteur facultatif COEFINFILT;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif COEFINF.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J.
TOINF	31 à 35	valeur moyenne (0.00 à 1.00) du coefficient d'infiltration pour la zone définie par:  IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur COEFINF qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le coefficient d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de CIN lue sur le vecteur obligatoire SOL1 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur COEFINF, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "TOINF". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le coefficient d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un coefficient d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE défini par le paramètre CIN du vecteur obligatoire SOL1 ;
- 3) le ou les vecteurs COEFINF sont à insérer après le vecteur facultatif STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.12 Vecteur facultatif COEFINFILT

Ce vecteur permet de définir les coefficients d'infiltration particulier du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
COEFINFILT	(TOINF(I), I = 1 à NBCE)														
AI0	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4

Le coefficient d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPE peut être défini de trois façons distinctes:

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre CIN du vecteur obligatoire SOL1;
- carreau entier par carreau entier, avec le vecteur facultatif COEFINFILT. Dans ce cas on doit définir les coefficient de tous les carreaux entiers (NBCE) en utilisant autant de vecteurs COEFINFILT que nécessaire.
- par zone homogène à l'aide du vecteur COEFINF.

<u>Variables</u>	<u>Description</u>
TOINF (I)	coefficient d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE pour le carreau entier I (0.00 à 1.0);
NBCE	Nombre de carreaux entiers du bassin versant.

REMARQUES:

- 1) la valeur de CIN lue sur le vecteur obligatoire SOL1 est prioritaire;
- 2) le programme reconnaît un champ de 5 colonnes vierges et attribue, pour le carreau correspondant, la valeur "CIN". Ceci permet, si peu de carreaux entiers ont des valeurs spécifiques pour leur coefficient d'infiltration, de donner à l'aide du paramètre CIN du vecteur obligatoire SOL1, la valeur du coefficient d'infiltration pour la majorité des carreaux, et de ne définir sur les vecteurs COEFINFILT que les coefficients des carreaux qui ont des valeurs différentes;
- 3) on mettra autant de vecteurs COEFINFILT que nécessaire, à raison de 14 valeurs par vecteurs, et il doit y avoir NBCE champs de 5 colonnes, qu'ils soient vierges ou non;
- 4) le ou les vecteurs COEFINFILT sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant la vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.13 Vecteur facultatif COEFVNB

Ce vecteur permet de définir le coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
COEFVNB	IMI	IMA	JMI	JMA	CVNBS		
AI0	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que ce coefficient de vidange peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre CVNB du vecteur obligatoire SOL1;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif COEFVNB.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
CVNBS	31 à 35	valeur moyenne (0.00 à 1.00) du coefficient de vidange pour la zone définie par: IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur COEFVNB qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de CVNB lue sur le vecteur obligatoire SOL1 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur COEFVNB, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "CVNBS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE défini par le paramètre CVNB du vecteur obligatoire SOL1 ;
- 3) le ou les vecteurs COEFVNB sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.14 Vecteur facultatif COEFVNH

Ce vecteur permet de définir le coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
COEFVNH	IMI	IMA	JMI	JMA	CVNHS		
A10	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que ce coefficient de vidange peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre CVNH du vecteur obligatoire SOL1;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif COEFVNH.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
CVNHS	31 à 35	valeur moyenne (0.00 à 1.00) du coefficient de vidange pour la zone définie par: IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur COEFVNH qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de CVNH lue sur le vecteur obligatoire SOL1 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur COEFVNH, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "CVNHS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE défini par le paramètre CVNH du vecteur obligatoire SOL1 ;
- 3) le ou les vecteurs COEFVNH sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.15 Vecteur facultatif COEFVSI

Ce vecteur permet de définir le coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
COEFVSI	IMI	IMA	JMI	JMA	CVSIS		
AI0	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que ce coefficient de vidange peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre CVSI du vecteur obligatoire SOL1;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif COEFVSI.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
CVSIS	31 à 35	valeur moyenne (0.00 à 1.00) du coefficient de vidange pour la zone définie par: IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur COEFVSI qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de CVSI lue sur le vecteur obligatoire SOL1 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur COEFVSI, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "CVSIS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un coefficient de vidange intermédiaire du réservoir SOL défini par le paramètre CVSI du vecteur obligatoire SOL1 ;
- 3) le ou les vecteurs COEFVSI sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.16 Vecteur facultatif CONTRAINTE

Ce vecteur permet de spécifier les cotes à atteindre certains jours pour les barrages de code 2 (voir vecteur facultatif BARRAGE).

1	11	16	21	31	36	46	51	61	66	76	80
CONTRAINTE	NOBAR1	JRBAR (1)	HAUT(1)	JRBAR(2)	HAUT(2)	JRBAR(3)	HAUT(3)	JRBAR(4)	HAUT (4)		
AI0	I5	I5	F10.3	I5	F10.3	I5	F10.3	I5	F10.3		

### Variables   Colonnes   Description

- NOBAR1**   11 à 15   numéro d'ordre (de 1 à NSTAT) du barrage dont on veut spécifier les cotes imposées;
- JRBAR(1)**   16 à 20   numéro du premier jour de la cote imposée (normalement 1);
- HAUT(1)**   21 à 30   cote en mètres imposée au jour "JRBAR(1)",

etc...

### REMARQUES:

- 1) par défaut, il n'y a aucune contrainte sur les cotes des barrages;
- 2) on mettra autant de vecteur CONTRAINTE que nécessaire, à raison de quatre jours par vecteur;
- 3) il est nécessaire que les jours JRBAR(1) à JRBAR(n) soient donnés dans l'ordre croissant et avec la convention JRBAR(i) = 1 pour le 1er janvier, JRBAR(i) = 365 pour le 31 décembre. On doit spécifier une cote pour le dernier jour de l'année, même si la simulation s'arrête avant;
- 4) il n'est pas nécessaire de fournir les dates jour par jour, le modèle complète par interpolation linéaire.

Ainsi, en donnant JRBAR(i) = 100 et HAUT(i) = 120 mètres d'une part, JRBAR (i + 1) = 102 et HAUT (i + 1) = 122 m d'autre part, le programme attribuera au jour 101 la cote imposée 121 m;

- 5) il ne peut y avoir plus de quatre barrages susceptibles d'avoir des cotes imposées par les vecteurs CONTRAINTE;
- 6) le bloc des vecteurs CONTRAINTE relatif à un même barrage peut être introduit n'importe où après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant la vecteur obligatoire EXECUTION.

### Exemple d'arrangement des vecteurs:

```

BARRAGE      1 0 2
NIVEAU
VOLUME
DEBIT
NIVEAU
CONTRAINTE   3
CONTRAINTE   3
CONTRAINTE   3
    
```

## I.2.17 Vecteur facultatif CTP (Coefficient de Transfert Particulier)

Vecteur donnant les coefficients de transfert particulier.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
CTP	ICAR(1)	IXKT(2)	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	ICAR(l)
AI0	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Par défaut, le coefficient de transfert à travers un carreau partiel est calculé en fonction du rapport entre la superficie des lacs du carreau partiel et celle du bassin versant en amont. Toutefois, pour les très grands lacs, il peut être nécessaire de redéfinir le coefficient de transfert correspondant, la formule précédente risquant d'être infirmée par les caractéristiques physiques des lieux.

### Variables

### Description

ICAR(l)	numéro du carreau partiel (1 à NBCP) dont on veut changer la valeur du coefficient de transfert;
IXKT(l)	valeur du nouveau coefficient de transfert, en dix millièmes: $XKT(ICAR(l)) = IXKT(ICAR(l)) / 10\ 000.$

### REMARQUES:

- 1) on peut mettre sept couples de valeurs par vecteur, et on peut introduire autant de vecteurs que nécessaire;
- 2) ces vecteurs sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.18 Vecteur facultatif DATARELEVE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on veut réajuster les stocks de neige sur le bassin, à partir des relevés faits ces jours-là.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
DATARELEVE	(IDATE(I,1), I = 1 à N)							
AI0	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

### Variables

### Description

IDATE(I, 1)                      date à laquelle on veut réajuster les stocks de neige, donnée sous forme "jjmmaa" où:  
 jj est le jour du mois (2 chiffres);  
 mm est le mois (2 chiffres);  
 aa est l'année (2 chiffres).

Exemple: 230482 pour le 23 avril 1982.

### REMARQUES:

- 1) les dimensions actuelles du modèle permettent jusqu'à sept vecteurs DATARELEVE, contenant chacun sept dates. L'ordre chronologique n'est pas obligatoire, mais les dates spécifiées doivent être comprises entre le début et la fin de la période de simulation;
- 2) par défaut, on ne réajuste pas les stocks de neige;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs DATARELEVE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant la vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) chaque date spécifiée par la vecteur DATARELEVE implique l'utilisation d'un groupe de vecteurs induits RELEVEMOY;

## I.2.19 Vecteur facultatif DEBITMOY

Ce vecteur permet de réinitialiser les hauteurs d'eau dans les réservoirs et le débit moyen sortant de chaque carreau partiel, lorsque le modèle fonctionne par période discontinue (NBJRAN inférieur à 365 sur le vecteur obligatoire SIMULATION). Ce vecteur doit être placé après le vecteur EXECUTION.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
DEBITMOY	HSINI	HNINI	HMINI	QO	TMUR	TSTOCK		
AIO	F 10.3							

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
HSINI	11 à 20	niveau d'eau initial dans le réservoir SOL (mm);
HNINI	21 à 30	niveau d'eau initial dans le réservoir NAPPE (mm);
HMINI	31 à 40	niveau d'eau initial dans le réservoir LACS et MARAIS (mm);
QO	41 à 50	débit initial à l'exutoire du bassin versant (m <sup>3</sup> /s). Chaque sous-bassin aura un débit initial proportionnel à sa superficie;
TMUR	51 à 60	index de mûrissement du manteau nival;
TSTOCK	61 à 70	index de température du manteau nival.

Ce vecteur est identique au vecteur SOLINITIAL utilisé pour définir les conditions initiales au début de la simulation. Le vecteur SOLINITIAL est placé avant le vecteur EXECUTION.

## I.2.20 Vecteur facultatif EAUIRRIG

Ce vecteur permet de fixer les volumes d'eau qui seront prélevés dans les réservoirs pour l'irrigation.

	11	14	62	65	69	74	80
EAUIRRIG	NOBIR	VOLIRR(i)	PCRIRR	NCPRIR	VMEIR		
AI0	I3	12F4.0	F3.1	I4	F6.0		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOBIR	11 à 13	numéro du barrage ( 1 à NSTAT ) ou l'on désire prélevé de l'eau pour l'irrigation
VOLIRR(I)	14 à 61	volumes journaliers (1000 m <sup>3</sup> ) à prélevés pour chacun des mois de l'année.
PCRIRR	62 à 64	fraction de retour en rivière de l'eau d'irrigation (0.0 à 1.0).
NCPRIR	65 à 68	numéro du carreau partiel (1 à NBCP) pour le retour de l'eau d'irrigation.
VMEIR	69 à 74	volume minimum que doit contenir le réservoir pour effectuer le prélèvement pour l'eau d'irrigation. Si le volume d'eau dans le réservoir est inférieur à VMEIR, aucun prélèvement n'est fait.

### REMARQUES:

- 1) par défaut, il n'y a aucun prélèvement pour l'eau d'irrigation dans les réservoirs. On introduit un vecteur EAUIRRIG pour chaque réservoir ou l'on désire prélevé de l'eau pour l'irrigation.
- 2) le ou les vecteurs EAUIRRIG sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.21 Vecteur facultatif EAUPOTAB

Ce vecteur permet de fixer les volumes d'eau qui seront prélevés dans les réservoirs pour l'eau potable.

1	11	14	62	65	69	75	80
EAUPOTAB	NOBEP	VOLEP(i)	PCREP	NCPREP	VMEPO		
AI0	I3	12F4.0	F3.1	I4	F6.0		

Variable	Colonnes	Description
NOBEP	11 à 13	numéro du barrage 1 à NSTAT
VOLEP(I)	14 à 61	volumes journaliers (1000 m <sup>3</sup> ) à prélevés pour chacun des mois de l'année. I varie de 1 à 12.
PCREP	62 à 64	fraction de retour en rivière de l'eau potable (0.0 à 1.0)
NCPREP	65 à 68	numéro du carreau partiel (1 à NBCP) pour le retour de l'eau potable
VMEPO	69 à 74	volume minimum que doit contenir le réservoir pour effectuer le prélèvement de l'eau potable. Si le volume d'eau dans le réservoir est inférieur à VMEPO, aucun prélèvement d'est fait.

### REMARQUES:

- 1) par défaut, il n'y a aucun prélèvement pour l'eau potable dans les réservoirs. On introduit un vecteur EAUPOTAB pour chaque réservoir ou l'on désire prélevé de l'eau potable.
- 2) le ou les vecteurs EAUPOTAB sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.22 Vecteur facultatif EVAPOBAR

Ce vecteur permet de fixer le pourcentage d'évaporation à la surface de chaque réservoir

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
EVAPOBAR	(PEVABA(I) I=1 à NSTAT)														
A10	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0

<u>Variables</u>	<u>Description</u>
------------------	--------------------

PEVABA(I)	pourcentage d'évaporation qui sera prélevé dans le réservoir I.
-----------	---

L'évaporation sera calculée de la façon suivante:

- $EVAPBAR(I) = SRES(I) * (ETHORN/NPJO) * (PEVABA(I)/100)$

où

ETHORN	évaporation en mm/jour calculée par le modèle
NPJO	nombre de transfert par jour
SRES(I)	superficie du réservoir I.

REMARQUES:

- 1) par défaut, il n'y a aucun prélèvement pour l'évaporation dans les réservoirs. Toutefois, dès qu'on veut fixer au moins un pourcentage de prélèvement, il est nécessaire de spécifier les pourcentages "PEVABA", pour les NSTAT stations hydrométriques qu'il y ait des barrages ou non (NSTAT= nombre de stations réelles et fictives). Pour les stations sans barrages on laisse le champs vide ou égale à 0.0;
- 2) s'il y a plus de 14 stations, on continuera sur un ou plusieurs vecteurs EVAPOBAR;
- 3) les dimensions actuelles du modèle permettent un maximum de 150 stations hydrométriques avec ou sans barrage;
- 4) le ou les vecteurs EVAPOBAR sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.23 Vecteur facultatif EVAPORIV

Ce vecteur permet de fixer les paramètres pour l'évaporation à la surface des rivières.

1	11	21	27	32	80
EVAPORIV	PEVARI	COLARG	EXPLAR		
AI0	F10.3	F6.3	F5.2		

Variable      Colonnes      Description

PEVARI 11 à 20                      pourcentage (1 à 100) d'évaporation dans la rivière.

COLARG    21 à 26                      coefficient de la relation largeur-débit.

EXPLAR    27 à 31                      exposant de la relation largeur-débit.

L'évaporation sera calculée de la façon suivante:

- $EVAPRIV(I) = SRIV(I) * (ETHORN/NPJO) * (PEVARI/100)$

où

EVARIV(I)	évaporation prélevée dans la rivière du carreau partiel I
ETHORN	évaporation en mm/jour calculée par le modèle
NPJO	nombre de transfert par jour
SRIV(I)	superficie de la rivière dans le carreau partiel I

La superficie de la rivière SRIV lorsqu'il y a un débit Q nécessite une approximation qui fait intervenir les relations de la géométrie hydraulique, à savoir la relation entre les débits (Q) et les largeurs (W) de la rivière:

$$W = COLARG * (Q^{EXPLAR}).$$

Ainsi on peut évaluer la superficie de la rivière, si on connaît la longueur de celle-ci.

REMARQUES:

- 1) par défaut, aucune évaporation en rivière n'est prélevée;
- 2) si COLARG et EXPLAR ne sont pas connus, laisser les champs vierge ou égaux à 0.0 et le programme va assigner les valeurs par défaut qui sont 5.0 pour COLARG et 0.3 pour EXPLAR
- 3) le vecteur EVAPORIV est à insérer après le vecteur facultatif STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

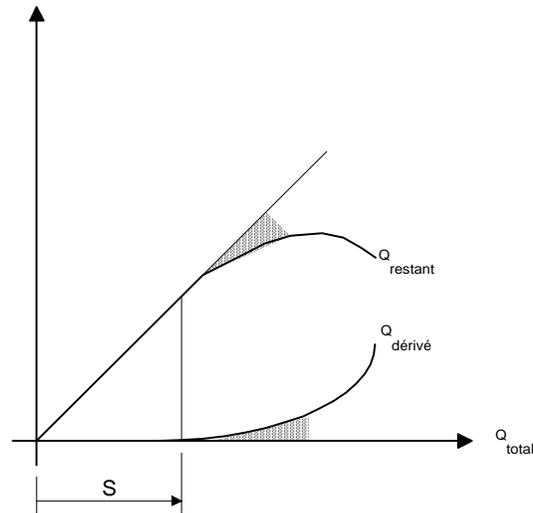
## I.2.24 Vecteur facultatif EXUBIS

Le vecteur EXUBIS permet de définir une sortie supplémentaire sur un carreau partiel. C'est le cas d'un lac qui possède un second exutoire, ou d'une dérivation partielle de l'eau transitant dans le carreau.

1	11	16	21	31	41	51	56	80
EXUBIS	NOBIS(I,1)	NOBIS(I,2)	a	b	c			
A10	I5	I5	F 10.3	F 10.3	F 10.3			

On suppose pouvoir représenter le phénomène par une loi de la forme suivante:

$$Q_{\text{dérivé}} = \max(0, aQ_{\text{tot}} + bQ_{\text{tot}} + c)$$



- En-dessous d'un seuil "S", le débit total  $Q_{\text{tot}}$  transite normalement suivant le cheminement défini par la banque de drainage:  $Q_{\text{dérivé}}=0$ .
- Au-dessus du seuil "S", il y a un déversement partiel dans un autre carreau (qui peut être en dehors du bassin, auquel cas c'est une fuite).

### Variables Colonnes Description

NOBIS(I,1) 11 à 15 numéro du carreau partiel ayant une seconde sortie (1 à NBCP).

NOBIS(I,2) 16 à 20 numéro du carreau partiel recevant le débit dérivé (0 à NBCP). Si l'eau est perdue pour le bassin, on mettra NOBIS(I,2) à zéro.

a, b, c 21 à 30 termes définissant l'expression du débit dérivé.  
31 à 40  
41 à 50

**REMARQUES:**

- 1) option par défaut: aucun double exutoire;
- 2) les dimensions actuelles du modèle permettent au maximum 10 carreaux à double exutoire. Le modèle n'admet pas de carreaux à plus de deux exutoires;
- 3) si NB2E est le nombre total de carreaux à double exutoire, il faut respecter l'inégalité suivante:  $NSTAT + NB2E \leq 20$ , vu les dimensions des vecteurs relatifs aux sorties du modèle;
- 4) pour obtenir le débit non dérivé, il suffit de mettre une station fictive sur le carreau partiel NOBIS(l,1), par l'intermédiaire du vecteur facultatif STATIONFIC;
- 5) ces vecteurs sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant la vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.25 Vecteur facultatif HAUINF

Ce vecteur permet de définir le seuil d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
HAUINF	IMI	IMA	JMI	JMA	HINFS		
A10	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que ce seuil d'infiltration peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre HINF du vecteur obligatoire SOL2;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif HAUINF.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
HINFS	31 à 35	valeur moyenne (mm) du seuil d'infiltration pour la zone définie par: IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur HAUINF qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le seuil d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de HINF lue sur le vecteur obligatoire SOL2 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur HAUINF, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "HINFS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le seuil d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un seuil d'infiltration du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE défini par le paramètre HINF du vecteur obligatoire SOL2 ;
- 3) le ou les vecteurs HAUINF sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.26 Vecteur facultatif HAUINT

Ce vecteur permet de définir le seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
HAUINT	IMI	IMA	JMI	JMA	HINTS		
AI0	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que ce seuil de vidange peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre HINT du vecteur obligatoire SOL2;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif HAUINT.

Variable	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J.
HINTS	31 à 35	valeur moyenne (mm) du seuil de vidange pour la zone définie par: IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur HAUINT qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de HINT lue sur le vecteur obligatoire SOL2 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur HAUINT, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "HINTS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL défini par le paramètre HINT du vecteur obligatoire SOL2 ;
- 3) le ou les vecteurs HAUINT sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.27 Vecteur facultatif HAUNAP

Ce vecteur permet de définir le seuil de vidange supérieur du réservoir NAPPE sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
HAUNAP	IMI	IMA	JMI	JMA	HNAPS		
A10	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que ce seuil de vidange peut être défini de deux manières distinctes:

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre HNAP du vecteur obligatoire SOL2;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif HAUNAP

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
HNAPS	31 à 35	valeur moyenne (mm) du seuil de vidange pour la zone définie par: IMI # I # IMA et JMI # J # JMA. EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

On mettra autant de vecteur HAUNAP qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le seuil de prélèvement supérieur du réservoir NAPPE.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de HNAP lue sur le vecteur obligatoire SOL2 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur HAUNAP, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "HNAPS. Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le seuil de vidange supérieur du réservoir NAPPE. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un seuil de vidange supérieur du réservoir NAPPE défini par le paramètre HNAP du vecteur obligatoire SOL2;
- 3) le ou les vecteurs HAUNAP sont à insérer après le vecteur facultatif STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.28 Vecteur facultatif HAUPOT

Ce vecteur permet de définir spatialement le seuil (mm) de prélèvement de l'eau à taux potentiel, par évapotranspiration dans le réservoir SOL. Si ce paramètre est fixe dans l'espace utiliser le paramètre HPOT sur le vecteur SOL2.

1	11	16	21	26	31	41	80
HAUPOT	IMI	IMA	JMI	JMA	HPTS		
AIO	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que le seuil de prélèvement par évaporation à taux potentiel dans le réservoir SOL peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre HPOT lu sur le vecteur obligatoire SOL2;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif HAUPOT.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J.
HPTS	31 à 35	Seuil (mm) de prélèvement de l'eau à taux potentiel, par évapotranspiration dans le réservoir SOL pour la zone définie par: IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur HAUPOT qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le seuil de prélèvement par évaporation à taux potentiel

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de HPOT lue sur le vecteur obligatoire SOL2 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur HAUPOT, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "HPTS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour l'évaporation à taux potentiel. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront le coefficient défini par le paramètre HPOT lu sur le vecteur obligatoire SOL2 ;
- 3) le ou les vecteurs HAUPOT sont à insérer après le vecteur facultatif STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.29 Vecteur facultatif HAURIMP

Ce vecteur permet de définir spatialement la lame d'eau (mm) nécessaire pour que débute le ruissellement sur les surfaces imperméables.

1	11	16	21	26	31	41	80
COEFINF	IMI	IMA	JMI	JMA	HIMPS		
A10	15	15	15	15	F10.3		

Rappelons que la lame d'eau nécessaire pour que débute le ruissellement sur les surfaces imperméables peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre HRIMP du vecteur obligatoire SOL2;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif HAURIMP.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J.
HIMPS	31 à 35	Lame d'eau nécessaire (mm) pour que débute le ruissellement sur les surfaces imperméables pour la zone définie par:

**IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.**

**On mettra autant de vecteur HAURIMP qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir la lame d'eau nécessaire pour que débute le ruissellement sur les surfaces imperméable.**

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de HRIMP lue sur le vecteur obligatoire SOL2 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur HAURIMP, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "HIMPS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour la lame d'eau nécessaire pour que débute le ruissellement sur les surfaces imperméables. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront le coefficient défini par le paramètre HRIMP I sur le vecteur obligatoire SOL2 ;
- 3) le ou les vecteurs HAURIMP sont à insérer après le vecteur facultatif STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.30 Vecteur facultatif HAUSOL

Ce vecteur permet de définir la hauteur du réservoir SOL sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
HAUSOL	IMI	IMA	JMI	JMA	HSOLS		
AI0	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que cette hauteur peut être définie de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre HSOL du vecteur obligatoire SOL2;
- par zone homogène à l'aide du vecteur facultatif HAUSOL.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J.
HSOLS	31 à 35	valeur moyenne (mm) de la hauteur du réservoir SOL pour la zone définie par: IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur HAUSOL qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir la hauteur du réservoir SOL.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de HSOL lue sur le vecteur obligatoire SOL2 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur HAUSOL, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "HSOLS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour la hauteur du réservoir SOL. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront une hauteur du réservoir SOL définie par le paramètre HSOL du vecteur obligatoire SOL2 ;
- 3) le ou les vecteurs HAUSOL sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.31 Vecteur facultatif HAUTEURMAX

Cette vecteur définit la hauteur maximale possible d'emmagasinement pour les barrages de code 1 (vecteur facultatif BARRAGE).

1	11	21	31	41	51	61	71	80
HAUTEURMAX	HAUMAX(I), I = 1 à NSTAT							
AI0	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
-----------------	--------------------

HAUMAX(I)	cote maximale de rétention du barrage "I", en mètres.
-----------	---

**REMARQUES:**

- 1) option par défaut: aucune limite de hauteur (le modèle attribue arbitrairement 10 000 mètres);
- 2) lorsqu'il y a dépassement de la cote "HAUMAX(I)", le modèle augmente l'évacuation lue dans le fichier des données physiographiques préparées, de façon à ne pas dépasser cette valeur;
- 3) pour les stations sans barrage, ou avec barrage de code différent de 1, il suffit de laisser vierges les champs correspondants. Il faut toujours lire NSTAT champs, dès qu'on veut spécifier au moins une cote maximale, en utilisant si nécessaire plus d'un vecteur HAUTEURMAX.
- 4) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs HAUTEURMAX sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

Exemple d'arrangement de vecteurs:

BARRAGE	1 0 2 2
NIVEAU	
VOLUME	
DEBIT	
VOLUME	
DEBIT	
VOLUME	
HAUTEURMAX	850

## I.2.32 Vecteur facultatif LAC

Ce vecteur permet de tenir compte, pour le calcul des coefficients de transfert, des lacs chevauchant plusieurs carreaux partiels, ou encore d'exclure du carreau partiel les lacs non situés sur le réseau d'écoulement.

1	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22				77	7	7	80
																	8	9	
LAC	(KODLAC(I), I=1 à NBCP)																		
A10	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1	I1					

### Variable

### Description

#### KODLAC(I)

code pour chaque carreau partiel (I varie de 1 à NBCP) pour reconstituer les lacs soit:

0 : les lacs sont sur le réseau, et il n'y a pas chevauchement d'un lac sur plusieurs carreaux partiels;

1 : présence d'un lac chevauchant plus d'un carreau partiel; on désire que le coefficient de transfert soit calculé pour le lac entier, à l'exutoire de ce lac;

2 : les lacs du carreau partiel ne sont pas sur le réseau hydrographique;

§ 2: quelques lacs ne sont pas sur le réseau; il faut donc soustraire leur superficie lors du calcul du coefficient de transfert. Le pourcentage de superficie soustrait est:  $(KODLAC(I) - 2) / 10$ .

#### REMARQUES:

- 1) option par défaut KODLAC(I) = 0;
- 2) dès qu'une modification doit être apportée sur les lacs d'un carreau partiel, il est nécessaire de fournir les codes des NBCP carreaux partiels;
- 3) un vecteur permet de codifier 70 carreaux partiels, et on introduit autant de vecteurs que nécessaire;
- 4) les vecteurs LAC sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

### I.2.33 Vecteur facultatif MODIF

Ce vecteur permet de modifier les données physiographiques des carreaux entiers, après qu'elles aient été lues sur le fichier des données physiographiques préparées.

1	10	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
MODIF	i	(KOL(I), I = 1 à NBCE)														
A10		I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5	I5

Le nombre lu dans la dixième colonne permet de spécifier les types de données qui doivent être modifiés avec la convention suivante:

- 1 : pourcentage de lac (de 0 à 100%);
- 2 : pourcentage de forêt (de 0 à 100%);
- 3 : pourcentage de marécage (de 0 à 100%);
- 4 : altitude moyenne (mètres).

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
KOL(I)	vecteur auxiliaire permettant la lecture des valeurs à modifier.
NBCE	nombre de carreaux partiels.

#### REMARQUES:

- 1) un vecteur contient l'information relative à 14 carreaux entiers. On mettra autant de vecteurs que nécessaire (on doit toujours lire NBCE valeurs);
- 2) lorsque le programme reconnaît un champ de 5 colonnes vides, il attribue au carreau correspondant la valeur lue dans le fichier des données physiographiques préparées. Ceci permet de spécifier seulement les valeurs des carreaux où il y a des modifications aux données physiographiques;
- 3) lorsqu'ils sont utilisés, ces vecteurs doivent être placés après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.34 Vecteur facultatif RELEVE

Ce vecteurs permet d'initialiser en début de la simulation, et de chaque nouvelle période, les stocks de neige à chacune des stations météorologiques.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
RELEVE	(SNDE(I), SNCE(I), I = 1 à NBPM)														
AI0	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2

Le programme calcule ensuite, à partir de ces valeurs, les stocks de neige initiaux en clairière et en forêt pour chaque carreau entier. Lorsque le modèle fonctionne de manière discontinue, les vecteurs facultatifs RELEVE sont lus au début de la simulation et au début de chaque période.

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
SNDE(I)	équivalent en eau (mm) du stock de neige sur les zones de clairières, au début de la simulation, à la station I.
SNCE(I)	équivalent en eau (mm) du stock de neige sous le couvert forestier, au début de la simulation, à la station I.

### REMARQUES:

- 1) si le nombre de stations météorologiques NBPM est supérieur à sept, on utilise autant de vecteurs RELEVE que nécessaire;
- 2) par défaut, les stocks de neige en clairière et en forêt sont mis à zéro partout;
- 3) s'il s'agit des relevés de neige initiaux au début de la simulation, les vecteurs RELEVE, si ils sont utilisés, doivent être insérés après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) dans le cas d'une simulation par périodes discontinues (NBAN = 365 sur le vecteur obligatoire SIMULATION), les vecteurs facultatifs RELEVE, si utilisés, doivent être placés avant le vecteur induit DEBITMOY pour les périodes subséquentes à la première.

## I.2.35 Vecteur facultatif SURFACE

Ce vecteur définit la superficie de chacun des bassins versants correspondant aux stations hydrométriques réelles et aux stations fictives dans l'ordre défini par le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées et le vecteur STATIONFIC.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
SURFACE	(BVO(I), I = 1 à NSTAT)							
A10	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3

Par défaut, les superficies en amont de chaque station sont celles qui ont été calculées par sommation de la superficie des carreaux partiels du bassin versant, lors de la formation de la banque physiographique. Les surfaces ainsi calculées peuvent être légèrement différentes des valeurs réelles.

Quand on donne les superficies réelles par ce vecteur facultatif, les débits calculés sont corrigés par le facteur  $CBVR(I) = \text{bassin versant réel} / \text{bassin versant calculé}$ .

Par défaut, ce coefficient est mis à 1.

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
BVO(I)	superficie (km <sup>2</sup> ) du bassin versant de la station I.

### REMARQUES:

- 1) s'il y a plus de sept stations, on continuera sur autant de nouveaux vecteurs SURFACE que nécessaire;
- 2) on peut, si on le désire, ne spécifier les superficies réelles que de quelques bassins versants. Dans ce cas, les valeurs correspondantes doivent être indiquées aux positions définies par ces stations; les autres champs sont laissés vierges.

Exemple: pour corriger seulement le bassin versant de la deuxième station, on laissera les colonnes 11 à 20 vierges, et le modèle attribuera un coefficient de correction égal à 1 pour la première station. Rappelons qu'il faut toujours lire NSTAT champs de 10 caractères, qu'ils soient vierges ou non;

- 3) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs SURFACE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.36 Vecteur facultatif SURFIMPERM

Vecteur donnant la fraction de surface imperméable d'un carreau entier.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
RELEVE	(PCIMP(I), I = 1 à NBCE)														
AIO	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4	F5.4

Le pourcentage de surface imperméable sur chaque carreau entier peut être défini de deux manières distinctes:

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre TRI du vecteur obligatoire SOL3;
- carreau entier par carreau entier avec le vecteur facultatif SURFIMPERM.

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
PCIMP(I)	fraction de surface imperméable (de 0.0 à 1.0), du carreau entier I.
NBCE	nombre de carreaux entiers du bassin versant.

### REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de TRI lue sur le vecteur obligatoire SOL3 est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un champ de 5 colonnes vierges, il attribue pour le carreau entier correspondant la valeur "TRI". Ceci permet, si peu de carreaux entiers ont des valeurs spécifiques pour leur pourcentage de surface imperméable, de définir à l'aide du paramètre TRI de la vecteur obligatoire SOL3, la valeur du pourcentage pour la majorité des carreaux, et de ne perforer sur les vecteurs SURFIMPERM que les pourcentages des carreaux qui ont des valeurs différentes;
- 3) on mettra autant de vecteurs SURFIMPERM que nécessaire, à raison de 14 valeurs par vecteur. Ces vecteurs doivent contenir NBCE champs de 5 colonnes, qu'ils soient vierges ou non;
- 4) le ou les vecteurs SURFIMPERM sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.37 Vecteur facultatif TURBINAGE

Ce vecteur permet d'évacuer des barrages un débit journalier constant.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
TURBINAGE	(VTURB(I), I = 1 à NSTAT)							
A10	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3

Les valeurs de ces vecteurs ne seront prises en compte que pour les barrages de code 2 (KODBAR(I) = 2, vecteur facultatif BARRAGE).

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
-----------------	--------------------

VTRUB(I)	débit moyen journalier évacué par le barrage, en m <sup>3</sup> /s.
----------	---

### REMARQUES:

- 1) le débit VTURB(I) n'est soutiré du barrage que s'il reste suffisamment d'eau dans le réservoir;
- 2) option par défaut VTURB(I) = 0;
- 3) il suffit de laisser vierges les champs de 10 caractères, qui correspondent à des stations sans barrage. D'autre part, il faut toujours lire NSTAT champs, dès qu'on veut utiliser cette option pour un barrage;
- 4) lorsqu'ils sont utilisés, les vecteurs TURBINAGE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.38 Vecteur facultatif PREVIDET

Ce vecteur facultatif permet de spécifier les options et les dates pour la mise à jour statistique ou déterministe des débits simulés par le modèle.

1	21	31	11	16	21	31	36	46	51	61	66	76	80
PREVIDET	NOP	NOM	JDPREV	JFPREV	NJPRE	NJDEL	KODPM	NADPMT	NAFPMT	NJPMP	KMPMT		
AI0	F10.3	I5	I5	I5	F10.3	I5	F10.3	I5	F10.3	I5	F10.3		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
KODMAJ	11-15	Code pour déterminer quel genre de mise à jour l'on veut faire: 0: pas de mise à jour, 1: mise à jour statistique, 2: mise à jour déterministe 3: mise à jour statistique + déterministe
NOSTOC	16-20	Numéro du bassin versant (1 à NBSH) pour lequel on veut prévoir les débits. Les résultats seront écrits sur le fichier **.PRE. Le calcul des précipitations antérieures pour la mise à jour déterministe sera fait sur ce bassin versant.
NOSTOD	21-25	Numéro du bassin versant (1 à NBSH) pour le calcul du delta débit (Qo-Qc) pour la mise à jour. Les débits de la station NOSTOC seront corrigés avec le delta de la station NOSTOD. Normalement, NOSTOC et NOSTOD ont la même valeur. Les valeurs sont différentes si on veut prévoir les débits à la station NOSTOC et il n'y a pas de débit observé à cette station, dans ce cas on calcule le DELTA débit à la station NOSTOD et on fait la mise à jour avec ce delta.
JDPREV	26-35	Date du début de la mise à jour pour la prévision donnée sous la forme "aammjj"; où: aa est l'année (2 chiffres); mm est le mois (2 chiffres); jj est le jour (2 chiffres). Exemple: 750315 pour le 15 mars 1975.
JFPREV	36-45	Date à la fin de la mise à jour pour la prévision donnée sous la forme "aammjj"; où: aa est l'année (2 chiffres); mm est le mois (2 chiffres); jj est le jour (2 chiffres). Exemple: 750315 pour le 15 mars 1975.
NJPREV	46-50	Nombre de jours de prévision des débits que l'on doit calculer.
NBJDEL	51-55	Nombre de jours pour calculer le delta des débits (Qo-Qc).
KODPM	43 - 45	Code pour spécifier ou lire des prévisions météorologiques. 0 = lire des données météo sur le fichier HMC. 1 = lire sur les prévision moyenne pour le bassin (fichier PMB). 2 = lire les prévisions aux points de grille ou de station. Deux fichiers sont nécessaires: le fichier PGP pour les précipitations et PGT pour les températures. Les points de grille de PGP et PGT peuvent être différents.
NADPMT	46 - 50	Année du début des simulations de la prévision à moyen terme avec les données historiques. Le fichier des données historiques porte le même nom que le fichier

Hydro-Météo-Comblé (HMC) et a l'extension HIS. Le fichier HIS doit être dans le répertoire du projet.

NAFPMT	51 - 55	Année de fin des simulations de la prévision à moyen terme avec les données historiques.
NJPMT	56 - 58	Nombre de jours à simuler pour la prévision à moyen terme avec les données historiques. Pour chaque année de NADPMT à NAFPMT le modèle simule NJPMT débits correspondants aux données météorologiques de ces années. La prévision à moyen terme débute après la prévision à court terme qui utilise normalement les prévisions météorologiques. Par exemple si on demande la prévision à court terme (JDPREV) du 15 mai pour 6 jours la prévision à moyen terme débute le 21 mai. Les résultats sont écrit sur le fichier PMT.
KMPMT	59 - 61	Code pour indiquer quels données météo historiques l'on veut utiliser. KMPMT = 1 on utilise les données historiques moyennes sur le bassin versant KMPMT = 2 on utilise les données historiques aux points de grille (ou stations).

REMARQUE:

Le vecteur PREVISION est à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

Le vecteur VECTMAJD est induit automatiquement.

## I.2.39 Vecteur facultatif PREVISTAT

Ce vecteur facultatif permet de spécifier les options et les dates pour la mise à jour statistique des débits simulés par le modèle.

1	11	14	17	27	21	37	40	80
PREVISTA	NOP	NOM	JDPREV	JFPREV	NJPRE	NJDEL	KODPM	
AI0	I3	I3	I10	I10	I3	I3	I3	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOP	11- 13	Numéro du bassin versant (1 à NBSTAT) pour lequel on veut prévoir les débits. Les résultats seront écrits sur le fichier **.PRE. Le calcul des précipitations antérieures pour la mise à jour déterministe sera fait sur ce bassin versant.
NOM	14 -16	Numéro du bassin versant (1 à NBSH) pour le calcul du delta débit (Qo-Qc) pour la mise à jour. Les débits de la station NOP seront corrigés avec le delta de la station NOM. Normalement, NOP et NOM ont la même valeur. Les valeurs sont différentes si on veut prévoir les débits à la station NOM et il n'y a pas de débit observé à cette station, dans ce cas on calcule le DELTA débit à la station NOM et on fait la mise à jour avec ce delta.
JDPREV	17 - 26	Date du début de la prévision, donnée sous la forme "aammjj"; où: aa est l'année (2 chiffres); mm est le mois (2 chiffres); jj est le jour (2 chiffres). Exemple: 750315 pour le 15 mars 1975.
JFPREV	27 - 36	Date à la fin de la prévision donnée sous la forme "aammjj".
NJPRE	37 - 39	Nombre de pas de temps de prévision des débits que l'on doit calculer. Exemple si on désire 3 jours de prévision et que le pas de temps de la simulation est 6 heures on doit donner 18.
NJDEL	40 - 42	Nombre de pas de temps pour calculer le delta débit
KODPM	43 - 45	Code pour spécifier ou lire des prévisions météorologiques. 0 = lire des données météo sur le fichier HMC. 1 = lire sur les prévision moyenne pour le bassin (fichier PMB). 2 = lire les prévisions aux points de grille ou de station. Deux fichiers sont nécessaires: le fichier PGP pour les précipitations et PGT pour les températures. Les points de grille de PGP et PGT peuvent être différents.

### REMARQUE:

Le vecteur PREVISTA est à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION. Le vecteur .

Le vecteur VECTMAJS est induit automatiquement.

## I.2.40 Vecteur facultatif VALSSTN

Ce vecteur permet de définir une valeur moyenne du seuil de transformation pluie-neige sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
VALSSTN	IMI	IMA	JMI	JMA	CVSIS		
A10	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que ce coefficient peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre STRNE du vecteur obligatoire NEIGE;
- par zone homogène à l'aide du vecteur VALSSTN.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
STRNES	31 à 35	valeur moyenne du seuil de transformation pluie-neige IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur VALSSTN qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le seuil de transformation pluie-neige.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de STRNE lue sur le vecteur obligatoire NEIGE est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur VALSSTN, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "STRNES". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le seuil de transformation pluie-neige. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un seuil de transformation pluie-neige défini par le paramètre STRNE du vecteur obligatoire NEIGE ;
- 3) le ou les vecteurs VALSSTN sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.41 Vecteur facultatif VALSTFC

Ce vecteur permet de définir une valeur moyenne du taux de fonte en forêt sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
VALSTFC	IMI	IMA	JMI	JMA	CVSIS		
AIO	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que taux de fonte en forêt couvert être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre TFC du vecteur obligatoire NEIGE;
- par zone homogène à l'aide du vecteur VALSTFC.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
TFCS	31 à 35	valeur moyenne du taux de fonte en forêt. IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur VALSTFC qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le taux de fonte en forêt.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de TFC lue sur le vecteur obligatoire NEIGE est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur VALSTFC, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "TFCS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le taux de fonte en forêt. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront le taux de fonte en forêt défini par le paramètre TFC du vecteur obligatoire NEIGE ;
- 3) le ou les vecteurs VALSTFC sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.42 Vecteur facultatif VALSTFD

Ce vecteur permet de définir une valeur moyenne du taux de fonte à découvert sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
VALSTFD	IMI	IMA	JMI	JMA	CVSIS		
A10	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que taux de fonte à découvert être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre TFD du vecteur obligatoire NEIGE;
- par zone homogène à l'aide du vecteur VALSTFD.

### Variable    Colonnes    Description

IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
TFCS	31 à 35	valeur moyenne du taux de fonte à découvert IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur VALSTFD qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le taux de fonte à découvert.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

### REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de TFD lue sur le vecteur obligatoire NEIGE est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur VALSTFD, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "TFDS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le taux de fonte à découvert. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront le taux de fonte à découvert défini par le paramètre TFD du vecteur obligatoire NEIGE ;
- 3) le ou les vecteurs VALSTFD sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.43 Vecteur facultatif VALSTSC

Ce vecteur permet de définir une valeur moyenne du seuil de fonte en forêt sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
VALSTSC	IMI	IMA	JMI	JMA	CVSIS		
AI0	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que taux de fonte en forêt être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre TSC du vecteur obligatoire NEIGE;
- par zone homogène à l'aide du vecteur VALSTSC.

Variable    Colonnes    Description

IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
TSCS	31 à 35	valeur moyenne du taux de fonte en forêt IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur VALSTSC qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le taux de fonte en forêt.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de TSC lue sur le vecteur obligatoire NEIGE est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur VALSTSC, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "TSCS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le taux de fonte en forêt. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un taux de fonte en forêt défini par le paramètre TSC du vecteur obligatoire NEIGE ;
- 3) le ou les vecteurs VALSTSC sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.44 Vecteur facultatif VALSTSD

Ce vecteur permet de définir une valeur moyenne du seuil fonte à découvert sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
VALSTSD	IMI	IMA	JMI	JMA	CVSIS		
AI0	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que le seuil de fonte à découvert être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre TSD du vecteur obligatoire NEIGE;
- par zone homogène à l'aide du vecteur VALSTSD.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
TSDS	31 à 35	valeur moyenne du seuil de fonte à découvert IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur VALSTSD qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le seuil de fonte à découvert.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de TSD lue sur le vecteur obligatoire NEIGE est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur VALSTSD, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "TSDS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le seuil de fonte à découvert. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un seuil de fonte à découvert défini par le paramètre TSD du vecteur obligatoire NEIGE ;
- 3) le ou les vecteurs VALSTSD sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.45 Vecteur facultatif VALSTTS

Ce vecteur permet de définir une valeur moyenne du seuil de mûrissement de la neige sur une partie ou sur l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	41	80
VALSTTS	IMI	IMA	JMI	JMA	CVSIS		
AIO	I5	I5	I5	I5	F10.3		

Rappelons que le seuil de mûrissement de la neige peut être défini de deux manières distinctes :

- par une valeur constante sur l'ensemble des carreaux entiers du bassin versant, à l'aide du paramètre TTS du vecteur obligatoire NEIGE;
- par zone homogène à l'aide du vecteur VALSTSD.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
TTSS	31 à 35	valeur moyenne du seuil de mûrissement de la neige IMI # I # IMA et JMI # J # JMA.

On mettra autant de vecteur VALSTTS qu'il y a de zones homogènes où l'on désire définir le seuil de mûrissement de la neige.

EXEMPLE: (voir le vecteur facultatif COEFIMP)

REMARQUES:

- 1) par défaut, la valeur de TTS lue sur le vecteur obligatoire NEIGE est prioritaire;
- 2) lorsque le programme reconnaît un vecteur VALSTTS, il attribue aux carreaux entiers faisant partie de la zone désignée, une valeur correspondant à "TTSS". Ceci permet de préciser les régions du bassin versant où l'on désire des valeurs spécifiques pour le seuil de mûrissement de la neige. Les autres carreaux entiers du bassin versant auront un seuil mûrissement de la neige défini par le paramètre TTS du vecteur obligatoire NEIGE ;
- 3) le ou les vecteurs VALSTTS sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

## I.2.46 Vecteur facultatif VOLINIT

Ce vecteur permet d'initialiser les volumes emmagasinés dans les barrages au début de la simulation

1	11	21	31	41	51	61	71	80
VOLINIT	(VOLEMM(I), I = 1 à NSTAT)							
A10	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3

### Variable

### Description

**VOLEMM(I)**                    volume emmagasiné en millions de m<sup>3</sup> dans le barrage "I", au début de la simulation.

### REMARQUES:

- 1) options par défaut **VOLEM(I) = 0;**
- 2) pour les stations sans barrage, il suffit de laisser vierges les champs de 10 caractères correspondants. D'autre part, il faut toujours lire NSTAT champs dès qu'on veut initialiser au moins un barrage;
- 3) s'il s'agit des volumes initiaux au début de la simulation, les vecteurs VOLINIT, si ils sont utilisés, sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION. Dans le cas d'une simulation par périodes discontinues (NBJRAN < 365 sur le vecteur obligatoire SIMULATION), les vecteurs facultatifs VOLINIT, si utilisés, doivent être placés avant la vecteur induit DEBITMOY pour les périodes subséquentes à la première.

## I.2.47 Vecteur facultatif VOLMIDEV

Ce vecteur permet de fixer le volume minimal que doit contenir un barrage fictif (KODBAR=2) pour que le déversement soit calculé par le modèle.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
VOMIDEV	(VOLDEV(I), I = 1 à NSTAT)							
AI0	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3

Pour estimer les débits sortant des barrages fictifs, le modèle utilise une relation qui permet d'estimer le débit évacué en fonction du volume d'eau emmagasiné dans le réservoir. Pour les petits barrages, cette fonction peut être imprécise, principalement au début du déversement. Pour limiter les erreurs, on peut introduire le volume minimal que doit contenir le réservoir pour qu'il y ait déversement. Ce volume minimal correspond au volume emmagasiné au niveau du déversoir.

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
VOLDEV(I)	volume minimal en millions de m <sup>3</sup> que doit contenir le barrage "I", pour que le déversement soit calculé.

### REMARQUES:

- 1) options par défaut VOLDEV(I) = 0;
- 2) pour les stations sans barrage ou avec les barrages réels (KODBAR=1 ou 3), il suffit de laisser vierges les champs de 10 caractères correspondants. D'autre part, il faut toujours lire autant de champs qu'il y a de stations réelles et fictives dès que l'on veut introduire un volume minimal pour au moins un barrage;
- 3) les vecteurs VOLMIDEV, doivent être insérés après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.



## I.3 Les vecteurs induits

### I.3.1 Vecteur induit BARKOD5

Ce vecteur est induit lorsque le code du barrage correspondant vaut 5. Ce vecteur induit lui-même d'autres vecteurs pour introduire toutes les informations nécessaires à l'exploitation de ce type de réservoir qui permet plusieurs lois d'évacuation à l'intérieur ou à l'extérieur du bassin versant.

1	11	16	21	26	80
BARKOD5	NBEVIN	NBEVEX	MAJK5		
AI0	I5	I5	I5		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NBEVIN	11 à 15	Nombre de relation (maximum 3) nécessaire pour calculer les évacuations du réservoir vers au autre carreau à l'intérieur du bassin versant. NBEVIN vecteurs DEBIT seront induits.
NBEVEX	16 à 20	Nombre de relation (maximum 20) nécessaire pour calculer les évacuations du réservoir vers un carreau à l'extérieur du bassin versant. NBEVEX vecteurs INFBAR5 et DEBIT seront induits.
MAJK5	21 à 25	Code pour demander la mise a jour des niveaux d'eau dans le réservoir de code 5. La MAJ sera faite si le niveau d'eau dans le réservoir est donné Dans le fichier .HMC. 0 = pas de mise a jour 1= mise a jour.

#### Remarques:

1) L'éditeur de CEQUEAU introduit tous les vecteurs nécessaires en fixant NBEVIN à 3 et NBRVEX à 3 également. Par contre l'éditeur de CEQUEAU ne peut dans sa version actuelle gérer ce type de vecteur (vecteur induit qui induit d'autre vecteur), il faut donc utiliser un éditeur de donnée et modifier ces vecteurs.

#### Les vecteurs suivant sont induits L'éditeur CEQUEAU:

```

BARKOD5 3 3 0
NIVEAU 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
VOLUME 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
INFBAR5 9999A 19000000 19000000 0 0
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
INFBAR5 9999A 19000000 19000000 0 0
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
INFBAR5 9999A 19000000 19000000 0 0
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
    
```

Les vecteurs NIVEAU et VOLUME sont toujours induits.

## Exemple des vecteurs nécessaires en fonction de NBEVIN et NBEVEX

1) BARKOD5 0 2 0  
NIVEAU 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
VOLUME 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
INFBAR5 9999A 19000000 19000000 0 0  
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
INFBAR5 9999A 19000000 19000000 0 0  
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

2) BARKOD5 1 1 0  
NIVEAU 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
VOLUME 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
INFBAR5 9999A 19000000 19000000 0 0  
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

3) BARKOD5 1 0 0  
NIVEAU 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
VOLUME 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000  
DEBIT 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000 0.000

4) Les vecteurs NIVEAU, VOLUME et DEBIT peuvent être préparés à l'aide du menu Outils. Voir section 1.10.4.

### I.3.2 Vecteur induit NIVEAU

Ce vecteur est induit par le vecteur facultatif BARRAGE, lorsque ce dernier comporte des barrages de code 1 2 ou 5.

1	11	21	31	41	51	61	7180
NIVEAU	A	B	C	D	E	F	CO
AI0	F 10.3						

Pour chaque barrage de code 1, il faut donner un vecteur induit NIVEAU, puis un vecteur induit VOLUME. Dans le cas d'un barrage de code 2, il faut donner un vecteur induit NIVEAU puis un vecteur induit DEBIT. Pour les barrages de code 5 voir la section I.3.3,

Exemple:

BARRAGE 1 0 2  
 NIVEAU  
 VOLUME  
 NIVEAU  
 DEBIT

La vecteur niveau permet de définir les paramètres de la relation entre la cote H de l'eau dans le réservoir (mètres), et l'emmagasinement V (millions de m<sup>3</sup>), à l'aide d'un polynôme de degré inférieur ou égal à 1. Il permet de définir les paramètres de la relation entre le niveau d'eau dans le réservoir (m) et le volume emmagasiné V (millions de m<sup>3</sup>):

$$H = A + B \cdot V^{1/2} + C \cdot V^{1/3} + D \cdot V^{1/4} + E \cdot V^{1/5} + F \cdot V^{1/5} + CO$$

REMARQUES:

- 1) chaque couple de vecteurs NIVEAU-VOLUME ou NIVEAU-DEBIT doit être placé après le vecteur facultatif BARRAGE et dans l'ordre des barrages qu'il représente;
- 2) CO est le niveau géodésique ou de référence.
- 3) Ce vecteur peut être préparés à l'aide du menu Outils. Voir section 1.10.4.

### I.3.3 Vecteur induit VOLUME

Ce vecteur est employé lorsque le code du barrage correspondant vaut 1 ou 5. Il doit toujours suivre le vecteur induit NIVEAU.

1	11	21	31	41	51	61	7180
VOLUME	P	Q	R	S	T	U	CO
A10	F 10.3						

Ce vecteur permet de définir les paramètres de la relation entre le volume emmagasiné V (millions de m<sup>3</sup>), et la hauteur d'eau dans le réservoir (mètres).

Le volume d'eau dans le réservoir est estimé à l'aide de l'équation suivante:

$$V = P + QZ + RZ^2 + SZ^3 + TZ^4 + UZ^5$$

$$Z = H - CO$$

où:

Z : Hauteur d'eau dans le barrage (mètres)  
H : Niveau de référence du plan d'eau (mètres)  
CO : Niveau de référence du barrage (mètres)

#### REMARQUES:

- 1) l'exemple présenté lors de la description du vecteur induit NIVEAU rappelle l'endroit où insérer ce vecteur;
- 2) Ce vecteur peut être préparés à l'aide du menu Outils. Voir section 1.10.4.

### I.3.4 Vecteur induit DEBIT

Ce vecteur est employé lorsque le code du barrage correspondant vaut 2 ou 5.

1	11	21	31	41	51	61	7180
DEBIT	P'	Q'	R'	S'	T'	U'	
A10	F 10.3						

Ce vecteur doit toujours suivre le vecteur induit NIVEAU.

Il permet de définir les paramètres de la relation entre le débit  $Q(m^3/s)$  à évacuer du barrage, et le volume emmagasiné  $V$  (millions de  $m^3$ ).

$$Q = P' + Q'V + R'V^2 + S'V^3 + T'V^4 + U'V^5$$

#### REMARQUES:

- 1) l'exemple présenté lors de la description du vecteur induit NIVEAU rappelle l'endroit où insérer ce vecteur;
- 3) Ce vecteur peut être préparé à l'aide du menu Outils. Voir section 1.10.4.

### I.3.5 Vecteur induit DEBITMOY

Ce vecteur permet de réinitialiser le débit moyen sortant de chaque carreau partiel et les hauteurs d'eau dans les réservoirs, lorsque le modèle fonctionne par périodes discontinues (NBJRAN inférieur à 365 sur le vecteur obligatoire SIMULATION).

1	11	21	31	41	51	61	7180
DEBITMOY	HSINI	HNINI	HMINI	QO	TMUR	TSTOCK	
AI0	F 10.3						

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
HSINI	11 à 20	hauteur d'eau initiale dans le réservoir SOL (mm).
HNINI	21 à 30	hauteur d'eau initiale dans le réservoir NAPPE (mm).
HMINI	31 à 40	hauteur d'eau initiale dans le réservoir LACS et MARAIS (mm)
QO	41 à 50	débit journalier (m <sup>3</sup> /s) à l'exutoire le jour du débit de la simulation.
TMUR	51 à 60	index de mûrissement du manteau nival.
TSTOCK	61 à 70	index de température du manteau nival.

#### REMARQUES:

- 1) on mettra un vecteur DEBITMOY à chaque nouvelle période. C'est le premier vecteur lue dans la boucle annuelle, à partir de la deuxième année.

### I.3.6 Vecteur induit INFBAR5

Ce vecteur est induit lorsque le code du barrage correspondant vaut 5 et que la variable NBEVEX sur le vecteur BARKOD5 est plus grande que 0. Il doit toujours suivre les vecteurs induits NIVEAU, VOLUME et DEBIT, si NBEVIN est plus grand que zéro. Il permet d'introduire les vecteurs donnant toutes les informations nécessaires pour les calculs des débits évacués à l'extérieur du bassin versant. Les paramètres des vecteurs NIVEAU, VOLUME et DEBIT **peuvent être préparés à l'aide du menu Outils. Voir section 1.10.4.**

1	11	13	15	17	18	20	30	40	45	80
INFBAR5	--	I	J	CO	--	JDEB	JFIN	JDPM	JFPM	
A10	I2	I2	I2	A1	I2	I10	I10	I5	I5	

#### Variables    Colonnes    Description

--	11 - 12	<b>non utilisé;</b>
I	13 - 14	Abscisse du carreau entier ou le barrage doit évacuer l'eau dans le système de coordonnées "I et J" du bassin versant; (99 si à l'extérieur du B.V.);
J	15 - 16	Ordonné du carreau entier ou le barrage doit évacuer l'eau dans le système de coordonnées "I et J" du bassin versant; (99 si à l'extérieur du B.V.)
CO	17	Code du carreau partiel de la station fictive (A,B,C ou D en majuscule).;
--	18 - 19	<b>non utilisé;</b>
JDEB	20 - 29	Date du début de la relation du vecteur DEBIT pour la période simulation sous la forme "namojo", où: na est l'année (4 chiffres) mo est le mois (2 chiffres) jo est le jour (2 chiffres). Ex: 19990115 pour le 15 janvier 1990;
JFIN	30 - 39	Date de la fin de la relation du vecteur DEBIT pour la période simulation sous la forme "namojo",
JDPM	40 - 44	Date du début de la relation du vecteur DEBIT pour la période prévision à moyen terme sous la forme "mojo";
JFPM	45 - 49	Date de la fin de la relation du vecteur DEBIT pour la période prévision à moyen terme sous la forme "MOJO".

### I.3.7 Vecteur induit RELEVEMOY

Ce vecteur permet de réajuster l'équivalent en eau du manteau nival sur une partie ou l'ensemble du bassin versant.

1	11	16	21	26	31	4180
RELEVEMOY	IMI	IMA	JMI	JMA	STNREL	
A10	I5	I5	I5	I5	I5	

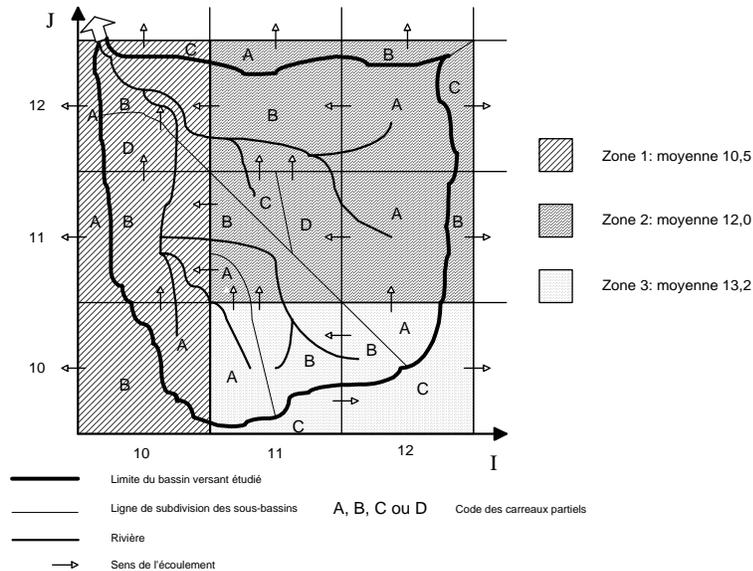
Ce vecteur est rendu nécessaire par les vecteurs facultatifs DATERELEVE.

Variable	Colonnes	Description
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
STNREL	31 à 40	valeur moyenne (mm) de l'équivalent en eau pour la zone définie par: IMI - IMA et JMI - J - JMA.

Il faut au moins un vecteur RELEVEMOY pour les jours spécifiés sur le vecteur facultatif DATERELEVE.

On mettra autant de vecteur RELEVEMOY qu'il y a de zones où l'on désire réajuster l'équivalent en eau du manteau nival. Ce nombre peut varier d'une date à l'autre.

Il est nécessaire de clore chaque ensemble de vecteur RELEVEMOY, correspondant à une date spécifiée sur le vecteur DATERELEVE, par un vecteur ne comportant que le mot clé RELEVEMOY.



**Exemple:**

Cette correction implique les vecteurs suivants:

RELEVEMOY	10	10	10	12	10.5
RELEVEMOY	11	12	11	12	12.0
RELEVEMOY	11	12	10	10	13.2
RELEVEMOY					

**REMARQUE:**

Le vecteur induit RELEVEMOY est lu dans la boucle journalière du modèle. Sa position est déterminée en tenant compte des autres vecteurs induits et des dates effectives. L'ordre de ces vecteurs se déduit du schéma de lecture du modèle (voir Figure 4.11).

**Exemple:** cas particulier de lecture des vecteurs METEO et RELEVEMOY le même jour.

Lorsque les données météorologiques sont lues sur vecteurs (vecteurs induits METEO), et qu'il y a des relevés de neige pour le jour considéré, les vecteurs RELEVEMOY se mettent après les vecteurs METEO.

**Exemple:**

DATERELEVE	030173
DATE	2 3
METEO	
	<météo du 2 janvier 73>
METEO	
	<météo du 3 janvier 73>
RELEVEMOY	10 10 10 12 10.5
RELEVEMOY	11 12 11 12 12.0
RELEVEMOY	11 12 10 10 13.2
RELEVEMOY	

### I.3.8 Vecteur induit CORPREC (CORrection PRECipitations)

Ce vecteur permet de modifier les facteurs de pondération servant au calcul des précipitations sur chaque carreau entier ou groupe de carreaux entiers.

1	11	16	21	26	31	4180
CORPREC	IMI	IMA	JMI	JMA	FACT	
A10	I5	I5	I5	I5	I5	

Ce vecteur est nécessaire si le paramètre KPREC (vecteur obligatoire OPTION) est égal à 1.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I;
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I;
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J;
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J;
FACT	31 à 40	facteur de correction pour la zone définie par: IMI = I - IMA et JMI = J - JMA.

#### REMARQUES:

- 1) si ils existent (KPREC = 1), les vecteurs CORPREC sont placés immédiatement après les vecteurs POSTEMETEO;
- 2) lorsqu'on affecte ou réaffecte les stations météorologiques, il faut au moins un vecteur CORPREC si KPREC est égal à 1;
- 3) on mettra autant de vecteurs CORPREC qu'il y a de zones à modifier. Ce nombre peut varier d'une affectation à l'autre;
- 4) il est nécessaire de clore chaque ensemble de vecteurs CORPREC par un vecteur ne comportant que le mot clé CORPREC.

J

## PARAMÈTRES DE SIMULATION DE QUALITÉ

---

(extension PAQ)

# J.1 Vecteurs obligatoires

## J.1.1 Vecteur obligatoire STAQUARF

Ce vecteur sert à définir les numéros des carreaux partiels où sont situées les stations de qualité de l'eau réelles (avec données mesurées) et/ou fictives (sans données mesurées). Les résultats seront présentés à ces stations seulement. Il peut y avoir un maximum de 10 stations réelles et fictives. Le vecteur STAQUARF doit être le premier vecteur du fichier.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
STAQUARF	NBQUAR	NBQUAF	NUMQUA(I), I = 1,10											
A10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
-----------------	-----------------	--------------------

<b>IQUANT</b>	<b>11-15</b>	<b>Code de sauvegarde des résultats de simulation de quantité</b> 1: sauvegarde des résultats de simulation de quantité sur les fichiers (extensions DJO, DME, DSP, DFI, TPF) 0 : aucun résultat des simulations de quantité n'est gardé.
---------------	--------------	---

<b>NBQUAR*</b>	<b>16-20</b>	<b>Nombre de stations de qualité réelles considérées sur le bassin versant.</b>
----------------	--------------	---

<b>NBQUAF</b>	<b>21-25</b>	<b>Nombre de stations de qualité fictives considérées sur le bassin versant.</b>
---------------	--------------	--

<b>NUMQUA(I)</b>	<b>26-75</b>	<b>Numéros des carreaux partiels où se situent les stations de qualité réelles et/ou fictives (max. 10). Les numéros des stations réelles doivent être placés en premier (numéro entre 1 et NBCP).</b>
------------------	--------------	--

\* Ce nombre doit obligatoirement correspondre au nombre de stations de qualité réelles définies sur le fichier de données (extension QUA).

## J.1.2 Vecteur obligatoire PARAMODE

Ce vecteur permet à l'utilisateur de choisir les paramètres de qualité de l'eau qu'il veut simuler. Lorsqu'un paramètre est choisi, les vecteurs pertinents au fonctionnement du modèle correspondant doivent obligatoirement être définis. Le vecteur PARAMODE doit suivre immédiatement le vecteur STAQUARF.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
PARAMODE	(IPAQU(I), I = 1,5)													
A10	15	15	15	15	15									

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
IPAQU(1)	11-15	Variable fixée à "1" si on veut simuler la température de l'eau, "0" autrement. Si IPAQU(1) = 1, les vecteurs TEMPERAT, RADIASOL, NEBULOSI, PRESSVAP et VITESVEN doivent être introduits.
IPAQU(2)	16-20	Variable fixée à "1" si on veut simuler les solides en suspension, "0" autrement. Si IPAQU(2) = 1, les vecteurs SSUSPEN1 et SSUSPEN2 doivent être introduits.
IPAQU(3)	21-25	Variable fixée à "1" si on veut simuler l'oxygène dissous, "0" autrement. La modélisation de l'oxygène dissous implique obligatoirement la modélisation de la température de l'eau (IPAQU(1) = 1) et de la demande biochimique en oxygène (IPAQU(4) = 1). Si IPAQU(3) = 1, les vecteurs DBOXYGEN, DBO5DIFF, TEMPERAT, RADIASOL, NEBULOSI, PRESSVAP et VITESVEN doivent être introduits.
IPAQU(4)	26-30	Variable fixée à "1" si on veut simuler la demande biochimique en oxygène, "0" autrement. La modélisation de la demande biochimique en oxygène implique obligatoirement la modélisation de la température de l'eau (IPAQU(1) = 1). Si IPAQU(4) = 1, les vecteurs DBOXYGEN, DBO5DIFF, TEMPERAT, RADIASOL, NEBULOSI, PRESSVAP et VITESVEN doivent être introduits.
IPAQU(5)	31-35	Variable fixée à "1" si on veut simuler les solides dissous, "0" autrement. Si IPAQU(5) = 1, le vecteur SOLIDISS doit être introduit.

### J.1.3 Vecteur obligatoire VARIACOM

Ce vecteur sert à modifier les caractéristiques physiques des rivières. Il doit suivre immédiatement le vecteur PARAMODE.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
VARIACOM	CORPROM	CORLARG												
A10	F5.2	F5.2												

**Variable    Colonnes    Description**

**COPROM    11-15    Coefficient permettant de modifier la profondeur minimale du tronçon de rivière pour tous les carreaux partiels COPROM devrait être fixé à 1.0 pour la première simulation.**

**COLARG    16-20    Coefficient permettant de modifier la largeur du tronçon de rivière pour tous les carreaux partiels. CORLAG devrait être fixé à 1.0 pour la première simulation.**

## J.1.4 Vecteur obligatoire EXECUTION

Ce vecteur termine obligatoirement le groupe des vecteurs. Il est le dernier vecteur lu.

1	1180
EXECUTION	
A10	

## J.2 Vecteurs induits

### J.2.1 Vecteur induit TEMPERAT

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Il permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle de température de l'eau. Les vecteurs RADIASOL, NEBULOSI, PRESSVAP et VITESVEN sont induits par le paramètre IPAQU(1) et doivent suivre immédiatement dans cet ordre. Les vecteurs du modèle de température de l'eau doivent également être définies lorsque le modèle d'oxygène dissous et de demande biochimique en oxygène est utilisé. Le vecteur TEMPERAT et les autres vecteurs induits doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
TEMPERAT	C <sub>s</sub>	C <sub>i</sub>	C <sub>e</sub>	C <sub>c</sub>	CRIGEL	TNAP	PANAP	TINIT	TCAR1	TCAR2	TCAR3	BASSO L	CORSOL	
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	

#### Variable    Colonnes    Description

C <sub>s</sub>	11-15	Coefficient permettant d'augmenter ou de diminuer l'importance du rayonnement solaire dans le bilan d'énergie; devrait être fixé à 1.0 pour la première simulation.
C <sub>i</sub>	16-20	Coefficient permettant d'augmenter ou de diminuer l'importance du rayonnement infrarouge dans le bilan d'énergie; devrait être fixé à 1.0 pour la première simulation
C <sub>e</sub>	21-25	Coefficient permettant d'augmenter ou de diminuer l'importance de l'évaporation dans le bilan d'énergie; devrait être fixé à 1.0 pour la première simulation.
C <sub>c</sub>	26-30	Coefficient permettant d'augmenter ou de diminuer l'importance de la convection dans le bilan d'énergie; devrait être fixé à 1.0 pour la première simulation.
CRIGEL	31-35	Critère de gel vérifié à chaque carreau partiel: si le stock de neige au sol est supérieur à CRIGEL, la température des eaux de ruissellement est fixée à 0°C; si le stock de neige est inférieur à CRIGEL, la température des eaux de ruissellement est linéairement fixée entre 0°C et la température de l'air en fonction du stock; si le stock de neige est nul, les eaux de ruissellement sont supposées être à la température de l'air (CRIGEL est exprimé en mm d'eau).

<b>TNAP</b>	<b>36-40</b>	<b>Température moyenne annuelle des eaux souterraines sur le bassin versant (°C).</b>
<b>PANAP</b>	<b>41-45</b>	<b>Paramètre permettant d'ajuster la température de l'écoulement souterrain arrivant en rivière. Lorsque PANAP = 0.0, cette température vaut TNAP; lorsque PANAP = 1.0, cette température vaut la température de l'air si positive. PANAP peut être fixé entre 0.0 et 1.0 et son influence est linéaire entre ces deux limites.</b>
<b>TINIT</b>	<b>46-50</b>	<b>Température moyenne de l'eau sur l'ensemble du bassin versant estimée au premier jour des simulations (°C).</b>
<b>TCAR1</b>	<b>51-55</b>	<b>Numéro en mode réel d'un carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.</b>
<b>TCAR2</b>	<b>56-60</b>	<b>Numéro en mode réel d'un carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.</b>
<b>TCAR3</b>	<b>61-65</b>	<b>Numéro en mode réel d'un carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.</b>
<b>BASSOL</b>	<b>66-70</b>	<b>Lame de précipitation totale permettant de détecter les jours de faible rayonnement solaire (mm d'eau).</b>
<b>CORSOL</b>	<b>71-75</b>	<b>Correction du rayonnement solaire moyen (RSM) pour les jours sans pluie (RSM x (1+CORSOL)) et les jours de fortes pluies (RSM x (1-CORSOL)) (entre 0.0 et 1.0).</b>

## J.2.2 Vecteur induit RADIUSOL

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur contient les moyennes mensuelles de rayonnement solaire pour le bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur TEMPERAT.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
RADIUSOL	(RADSOL(I), I = 1,12)													
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	

### Variable    Colonnes    Description

**RADSOL(I)**    11-70    **Moyenne mensuelle de rayonnement solaire global à courte longueur d'onde arrivant sur une surface horizontale (Mégajoule par mètre carré); de janvier (RADSOL(1)) à décembre (RADSOL(12)).**

### J.2.3 Vecteur induit NEBULOSI

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur contient les moyennes mensuelles de nébulosité pour le bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur RADIASOL.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
NEBULOSI	(ENNAG(I), I = 1,12)													
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	

#### Variable    Colonnes    Description

**ENNAG(I)**    11-70    Nébulosité moyenne mensuelle exprimée comme la proportion du temps où le ciel est couvert de nuages ou encore comme la fraction moyenne du ciel couverte de nuages (0 à 1.0); de janvier (ENNAG) à décembre (ENNAG).

## J.2.4 Vecteur induit PRESSVAP

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur contient les moyennes mensuelles de pression de vapeur pour le bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur NEBULOSI.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
PRESSVAP	(PREVAP(I), I = 1,12)													
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	

### Variable    Colonnes    Description

**PREVAP(I)**    11-70    Pression de vapeur moyenne mensuelle (mm Hg); de janvier (PREVAP(1)) à décembre (PREVAP (12)).

## J.2.5 Vecteur induit VITESVEN

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(1) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur contient les moyennes mensuelles de vitesse du vent pour le bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur PRESSVAP.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
VITESVEN	(VITVEN(I), I = 1,12)													
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2		

### Variable    Colonnes    Description

**VITVEN(I)**    11-70    Vitesse du vent moyenne mensuelle (km/h); de janvier (VITVEN (1)) à décembre (VITVEN (12)).

## J.2.6 Vecteur induit SSUSPEN1

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(2) du vecteur PARAMODE. Il permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle de solides en suspension. Lorsque ce vecteur induit est utilisé, le vecteur SSUSPEN2 est également induit et doit suivre immédiatement. Les vecteurs SSUSPEN1 et SSUSPEN2 doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
SSUSPEN1	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	a	b	c	POSS1	POSS2	POSS3	POSS4	a <sub>c</sub>	b <sub>c</sub>	PAM
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2

### Variable    Colonnes    Description

a <sub>1</sub>	11-15	Coefficient de disponibilité des sédiments au sol pour l'entraînement par le ruissellement direct.
a <sub>2</sub>	16-20	Coefficient de disponibilité des sédiments au sol pour l'entraînement par le ruissellement retardé.
K <sub>1</sub>	21-25	Lame journalière de ruissellement de surface entraînant vers la rivière tous les sédiments au sol (mm).
K <sub>2</sub>	26-30	Lame journalière de ruissellement retardé entraînant vers la rivière tous les sédiments au sol (mm).
a	31-35	Coefficient empirique de production de sédiments en suspension en rivière.
b	36-40	Puissance du débit pour le calcul de la production des sédiments en rivière.
c	41-45	Puissance de la pente moyenne du cours d'eau pour le calcul de la production des sédiments en rivière.
POSS1	46-50	Proportion des sédiments totaux produits entre 0.0 et 0.0625 mm (0.0 à 1.0).
POSS2	51-55	Proportion des sédiments totaux produits entre 0.0625 et 0.3 mm (0.0 à 1.0).
POSS3	56-60	Proportion des sédiments totaux produits entre 0.3 et 0.6 mm (0.0 à 1.0).

<b>POSS4</b>	<b>61-65</b>	<b>Proportion des sédiments totaux produits entre 0.6 et 2.0 mm (0.0 à 1.0).</b>
<b>a<sub>c</sub></b>	<b>66-70</b>	<b>Coefficient empirique dans l'équation du diamètre critique en rivière.</b>
<b>b<sub>c</sub></b>	<b>71-75</b>	<b>Puissance de la vitesse dans l'équation du diamètre critique en rivière.</b>
<b>PAM</b>	<b>76-80</b>	<b>Paramètre d'amortissement de l'érosion ou proportion maximale des sédiments en suspension des classes 2, 3 ou 4 exportés au carreau partiel aval pendant un transfert (0.0 à 1.0).</b>

## J.2.7 Vecteur induit SSUSPEN2

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(2) du vecteur PARAMODE. Il permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle de solides en suspension. Il doit suivre immédiatement le vecteur SSUSPEN1.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
SSUSPEN 2	QSOL 1	QSOL2	SED1	SED2	SED3	SED4	SS1	SS2	SS3					
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2					

### Variable    Colonnes    Description

<b>QSOL1</b>	<b>11-15</b>	<b>Quantité de sédiments au sol entraînés par ruissellement direct sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m<sup>3</sup>).</b>
<b>QSOL2</b>	<b>16-20</b>	<b>Quantité de sédiments au sol entraînés par ruissellement retardé sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m<sup>3</sup>).</b>
<b>SED1</b>	<b>21-25</b>	<b>Quantité de sédiments en suspension de classe 1 en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m<sup>3</sup>).</b>
<b>SED2</b>	<b>26-30</b>	<b>Quantité de sédiments en suspension de classe 2 en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m<sup>3</sup>).</b>
<b>SED3</b>	<b>31-35</b>	<b>Quantité de sédiments en suspension de classe 3 en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m<sup>3</sup>).</b>
<b>SED4</b>	<b>36-40</b>	<b>Quantité de sédiments en suspension de classe 4 en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m<sup>3</sup>).</b>
<b>SS1</b>	<b>41-45</b>	<b>Numéro de carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.</b>
<b>SS2</b>	<b>46-50</b>	<b>Numéro de carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.</b>
<b>SS3</b>	<b>51-55</b>	<b>Numéro de carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.</b>

## J.2.8 Vecteur induit DBOXYGEN

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(3) du vecteur PARAMODE. Il permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle d'oxygène dissous et de demande biochimique en oxygène. Lorsque ce vecteur est utilisé, les vecteurs DBO5DIFF sont induits et doivent suivre immédiatement. S'il y a lieu, les charges ponctuelles en DBO<sub>5</sub> pour chaque carreau partiel doivent être définis sur les vecteurs DBO5PONC placés après les vecteurs DBO5DIFF. En outre les vecteurs du modèle de température (TEMPERAT, RADIASOL, NEBULOSI, PRESSVAP, VITESVEN) doivent être définis. Le vecteur DBOXYGEN et ses vecteurs induits ou facultatifs doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
DBOXYGENE	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>4</sub>	C <sub>A</sub>	C <sub>H</sub>	K <sub>D</sub>	K <sub>R</sub>	FU5	CODBOI	TTT1	TTT2		
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2		

Variable	Colonnes	Description
P <sub>2</sub>	11-15	Lame journalière de pluie ou de fonte qui peut dégrader 63% de la charge en DBO <sub>5</sub> accumulée au sol (mm) (minimum fixé à 1.0).
P <sub>3</sub>	16-20	Lame journalière de ruissellement qui peut entraîner vers les cours d'eau 63% de la charge en DBO <sub>5</sub> accumulée au sol (mm) (minimum fixé à 1.0).
P <sub>1</sub>	21-25	Facteur de dégradation linéaire de la charge en DBO <sub>5</sub> accumulée au sol lorsqu'il n'y a ni pluie ni fonte (0.0 à 1.0).
P <sub>4</sub>	26-30	Facteur de dégradation linéaire de la charge en DBO <sub>5</sub> entraîné vers les cours d'eau par la lame de ruissellement (0.0 à 1.0).
C <sub>A</sub>	31-35	Paramètre utilisé pour calculé le coefficient de réoxygénation K <sub>2</sub> . Ce paramètre intervient toute l'année.
C <sub>H</sub>	36-40	Paramètre utilisé pour calculé le coefficient de réoxygénation K <sub>2</sub> . Ce paramètre intervient sous couvert de glace seulement.
K <sub>D</sub>	41-45	Coefficients de consommation de l'OD. La valeur du coefficient devrait être basée sur l'interprétation des tests de DBO <sub>5</sub> des rivières étudiées. Ce coefficient est initialement posés égal à K <sub>R</sub> . On peut cependant, si on le désire, donner une valeur différente pour la calibration du modèle.
K <sub>R</sub>	46-50	Coefficients de consommation de la DBO. La valeur du coefficient devrait être basée sur l'interprétation des tests de DBO <sub>5</sub> des rivières étudiées. Ce coefficient est initialement posés égal à K <sub>D</sub> . On peut cependant, si on le désire, donner une valeur différente pour la calibration du modèle.

<b>FU5</b>	<b>51-55</b>	<b>Rapport de la DBO ultime à la DBO (5 jours); devrait être fixé à 1.47 pour la première simulation (pas d'unités).</b>
<b>CODBOI</b>	<b>56-60</b>	<b>Concentration moyenne initiale en DBO<sub>5</sub> en rivière pour l'ensemble du bassin au premier jour des simulations (mg/l).</b>
<b>TTT1</b>	<b>61-65</b>	<b>Numéro de carreau entier où l'on veut des résultats intermédiaires (1 à NBCE).</b>
<b>TTT2</b>	<b>66-70</b>	<b>Numéro de carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires (1 à NBCEP).</b>

## J.2.9 Vecteur induit SOLIDISS

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(5) du vecteur PARAMODE. Ce vecteur permet de spécifier les variables requises au fonctionnement du modèle de solides dissous. Il peut être suivi des vecteurs facultatifs: SODIPONC ou SODINAPP. Le vecteur SOLIDISS et ses vecteurs facultatifs doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
SOLIDISS	C <sub>R</sub>	C <sub>H</sub>	C <sub>N</sub>	SDINIT	ZZ1	ZZ2	ZZ3							
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2							

### Variable    Colonnes    Description

C <sub>R</sub>	11-15	Paramètre indiquant la concentration moyenne en solides dissous dans les eaux de ruissellement (PPM).
C <sub>H</sub>	16-20	Paramètre indiquant la concentration moyenne en solides dissous dans les eaux hypodermique (PPM).
C <sub>N</sub>	21-25	Paramètre indiquant la concentration moyenne en solides dissous dans les eaux de la nappe (PPM).
SDINIT	26-30	Concentration moyenne initiale en solides dissous pour l'ensemble du bassin au premier jour des simulations (PPM).
ZZ1	31-35	Numéro de carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.
ZZ2	36-40	Numéro de carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.
ZZ3	41-45	Numéro de carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.

## J.3 Vecteurs facultatifs

### J.3.1 Vecteur facultatif DBO5DIFF

Ce vecteur facultatif sert à définir la charge moyenne journalière diffuse en  $DBO_5$  pour chaque carreau entier du bassin versant. Il doit suivre immédiatement le vecteur DBOXYGEN et devra se répéter autant de fois qu'il faut pour que tous les carreaux entiers soient couverts.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
DBO5DIFF	(DBOCD(I), I = 1, NBCE)													
A10	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0

#### Variable    Colonnes    Description

**DBOCD(I)**    11-80    Charge moyenne journalière diffuse en  $DBO_5$  sur chaque carreau entier (total des charges d'origine humaine, animale, agricole, industrielle ou naturelle (kg). Ces charges sont placées de gauche à droite par ordre croissant de numéro de carreau entier en commençant par le carreau entier 1 jusqu'au dernier carreau entier (NBCE). Plusieurs vecteurs DBO5DIFF peuvent être requis. Les charges peuvent être nulles.

### J.3.2 Vecteur facultatif DBO5PONC

Ce vecteur sert à définir la charge ponctuelle moyenne journalière en DBO<sub>5</sub> pour chaque carreau partiel où cela est nécessaire. Le vecteur DBO5PONC doit suivre immédiatement les vecteurs facultatifs DBO5DIFF si ils existent, sinon immédiatement après le vecteur obligatoire DBOXYGEN et se répétera autant de fois qu'il faut pour définir toutes les charges ponctuelles sur le bassin versant.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
DBO5PONC	(TNUM(I), TVAL(I), I = 1, NBCP carreaux partiels ayant une charge ponctuelle en DBO <sub>5</sub> )													
A10	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0	F5.0

**Variable    Colonnes    Description**

- TNUM(I)**    11-15    Numéro en mode réel d'un carreau partiel où l'on veut spécifier une charge moyenne journalière ponctuelle en DBO<sub>5</sub> non nulle.
  
- TVAL(I)**    16-20.    Charge moyenne journalière ponctuelle en DBO<sub>5</sub> sur le carreau partiel (TNUM(I)) (d'origine humaine, animale, agricole, industrielle ou naturelle) (kg).
  
- TNUM(I)**    21-25    Numéro en mode réel d'un carreau partiel où l'on veut spécifier une charge moyenne journalière ponctuelle en DBO<sub>5</sub> non nulle.
  
- TVAL(I)**    26-30.    Charge moyenne journalière ponctuelle en DBO<sub>5</sub> sur le carreau partiel (TNUM(I)) (d'origine humaine, animale, agricole, industrielle ou naturelle) (kg).
  
- etc.

### J.3.3 Vecteur facultatif SODIPONC

Ce vecteur sert à définir la charge ponctuelle moyenne journalière en solides dissous pour chaque carreau partiel où cela est nécessaire. Le vecteur SODIPONC doit suivre le vecteur SOLIDSS ou le dernier vecteur SODINAPP et se répétera autant de fois qu'il faut pour définir toutes les charges ponctuelles sur le bassin versant.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
SODIPONC	(TNUM(I), TVAL(I), I = 1, NBCP de carreaux partiels ayant une charge ponctuelle en S.D.)													
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2

**Variable    Colonnes    Description**

- TNUM(I)**    11-15    **Numéro en mode réel d'un carreau partiel ayant une charge moyenne journalière ponctuelle en solides dissous.**
- TVAL(I)**    16-20    **Charge moyenne journalière ponctuelle sur le carreau partiel TNUM(I) (d'origine humaine, animale, agricole, industrielle ou naturelle) (kg).**
- TNUM(I)**    21-15    **Numéro en mode réel d'un carreau partiel ayant une charge moyenne journalière ponctuelle en solides dissous.**
- TVAL(I)**    36-20    **Charge moyenne journalière ponctuelle sur le carreau partiel TNUM(I) (d'origine humaine, animale, agricole, industrielle ou naturelle) (kg).**
- etc.**

### J.3.4 Vecteur facultatif SODINAPP

Ce vecteur sert à définir une concentration moyenne de l'écoulement souterrain différente de celle de l'ensemble du bassin (variable  $C_N$  sur le vecteur SOLIDISS) à chaque carreau entier où cela est nécessaire. Il doit suivre le vecteur SOLIDISS ou le dernier vecteur SODIPONC et se répétera autant de fois qu'il faut pour définir toutes les concentrations particulières des carreaux entiers que l'on veut spécifier.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	7680
SODINAPP	(TNUM(I), TVAL(I), I = 1, NBCE de carreaux entiers dont on veut spécifier la conc. dans la nappe													
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2

**Variable**    Colonnes    Description

- TNUM(I)**    11-15    Numéro en mode réel d'un carreau entier dont on veut spécifier la concentration en solides dissous dans la nappe à cause d'une particularité géologique par exemple.
- TVAL(I)**    16-20    Concentration en solides dissous des eaux provenant de la nappe phréatique sur le carreau entier TNUM(I) (mg/l).
- TNUM(I)**    21-25    Numéro en mode réel d'un carreau entier dont on veut spécifier la concentration en solides dissous dans la nappe à cause d'une particularité géologique par exemple.
- TVAL(I)**    26-30    Concentration en solides dissous des eaux provenant de la nappe phréatique sur le carreau entier TNUM(I) (mg/l).
- etc.



K

↳  
**PARAMÈTRES DES DONNÉES DE  
BARRAGE**

---

(extension BAR)

## K.1 Vecteur NOMBAR

Vecteur obligatoire donnant le nom du barrage.

1	11	80
NOMBAR	NOM	
A10	A70	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOMBAR	11-80	Nom du barrage.

## K.2 Vecteur CODEBAR

Vecteur obligatoire donnant des information sur le barrage.

1	11	16	25	35	40	80
CODEBAR	KODBAR	COREF	VMDEV	NBPNIV	NBPVOL	
A10	I5	F10.2	F10.3	I5	I5	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
KODBAR	11-15	Code du barrage 1 = barrage réel on prépare les vecteurs NIVEAU VOLUME 2 = barrage fictif on prépare les vecteurs NIVEAU DEBITS
COREF	16-25	La cote géodésique du zéro de l'échelle de référence.
VMDEV	26-35	Volume minimal ( $Mm^3$ ) que doit contenir un barrage pour qu'il y ait déversement. La relation niveau-débit sera calculée en utilisant seulement les données qui dépassent ce volume minimal. Voir le vecteur VOLMIDEV.
NPniv	36-40	Nombre de paramètre que l'on veut utiliser pour le calcul du vecteur NIVEAU
NPPVOL	41-45	Nombre de parametre que l on veut utiliser pour le calcul du vecteur VOLUME si KODBAR=1 ou du vecteur DEBITS si KODBAR=2

### K.3 Vecteur NIVVOLDEB

Vecteur obligatoire donnant le niveau et le volume si c'est un barrage réel(KODBAR=1) ou le niveau le volume et le débit si c'est un barrage fictif (KODBAR=2).

1	1	16	26	36	80
NIVVOLDEB	NIV	VOL	DEBV		
A10	I5	F10.2	F10.3		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NIV	11-20	Niveau d'eau dans le réservoir en fonction de l'échelle de référence.
VOL	21-30	Volume en millions de mètre cube correspondant au niveau NIV.
DEB	31-40	Débit par les déversoirs si le niveau d'eau dans le barrage est NIV. Ce débit est donné pour un barrage fictif seulement (KODBAR =2)

## K.4 Vecteur EXECUTION

Vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs PHYDRACE

1	11	80
EXECUTION		
A10		





# **FEUILLES DE CODIFICATION DES DONNÉES**



**Données physiographiques générales des carreaux**

Projet	Date
Partenaire(s)	
Partiers concernés (si plusieurs carreaux)	

<b>VECTEUR</b>	<b>CARREAU X ENTIER</b>
Nombre vecteur	Surf. totale
<b>SUBSE</b>	.....

VECTEUR	IDENTIFICATION DU CARREAU				SORTIE DES PARCELLES																DONNÉES PHYSIographiques							
					A				B				C				D											
Non du vecteur	I	J	---	Surf. totale	I	J	C R O S E	Surf. %	I	J	C R O S E	Surf. %	I	J	C R O S E	Surf. %	I	J	C R O S E	Surf. %	Lat. %	Long. %	Mont. %	Altitude en mètres au-dessus du N.O.				
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												
RHYODAGE																												



### Données physiographiques des rivières

VECTEUR	CARRÉAUX ENTIERS
Nom du vecteur	Surf. km <sup>2</sup>
i	01
SURFCS	|||||

Page	Date
Région	
Rivières étudiées physiographiquement	

VECTEUR	IDENTIFICATION DU CARREAU				PARCELLES											
					A			B			C			D		
Nom du vecteur	I	J	Surf. Km <sup>2</sup>	Nb. parcelles	Largeur m	Longueur km	Débit m <sup>3</sup> /s	Largeur m	Longueur km	Débit m <sup>3</sup> /s	Largeur m	Longueur km	Débit m <sup>3</sup> /s	Largeur m	Longueur km	Débit m <sup>3</sup> /s
i	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
RIVIERE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|



