

**Le modèle de simulation de quantité et de
qualité SIGMA**

Manuel de références

**Le modèle de simulation
de quantité et de qualité**

SIGMA

Manuel de références

par

**Guy MORIN
Pierre PAQUET**

**Institut national de la recherche scientifique, INRS-Eau
2800, Einstein, CP 7500, SAINTE-FOY (Québec), G1V 4C7**

Rapport de recherche no 404

Mai 1994

Référence à citer:

Morin, G. et Paquet, P. (1994). Le modèle de simulation de quantité et de qualité SIGMA. INRS-Eau, rapport de recherche no 404, 303 pp.

ISBN 2-89146-400-1

Dépôt légal 1994

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

© 1994 - Institut national de la recherche scientifique

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES TABLEAUX	xii
LISTE DES FIGURES	xii
INTRODUCTION	1
RESTRICTIONS D'UTILISATION DU MODÈLE SIGMA	3
1 STRUCTURE GÉNÉRALE DE SIGMA	5
1.1 Les modules de traitement	5
1.2 Les fichiers de données	7
1.3 Organisation de l'information dans les fichiers	10
2 L'ENVIRONNEMENT SIGMA	13
2.1 Le projet SIGMA	14
2.2 L'éditeur de données	17
2.2.1 L'option Éditer	18
2.2.2 L'option Enlever	20
2.2.3 L'option Ajouter	20
2.2.4 L'option Déplacer	20
2.2.5 L'option Vérifier	20
2.2.6 L'option Enregistrer	21
2.2.7 L'option Terminer	22
2.3 Le menu Projet	22
2.3.1 Projet - Nouveau	22
2.3.2 Projet - Ouvrir	23
2.3.3 Projet - Fermer	23
2.3.4 Projet - Enregistrer	24
2.3.5 Projet - Enregistrer sous	24
2.3.6 Projet - Préférences	24
2.3.7 Projet - Quitter	27
2.4 Le menu Données	27
2.4.1 Données - Physiographiques	28
2.4.2 Données - Hydrométéorologiques	28
2.4.3 Données - Qualité	29
2.5 Menu Simulation	30
2.5.1 Simulation - Quantité	30
2.5.2 Simulation - Quantité et qualité	32
2.6 Le menu Visualisation	33
2.6.1 Visualisation - Physiographique	33
2.6.2 Visualisation - Hydrométéorologiques	34
2.6.3 Visualisation - Qualité	34
2.6.4 Visualisation - Simulation	34
2.7 Le menu Aide	34

3	LA PRÉPARATION DES DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES	35
3.1	Données générales des carreaux - Utilisation des cartes topographiques	36
3.1.1	Carreaux entiers	36
3.1.2	Carreaux partiels	37
3.1.3	Le fichier des données générales des carreaux entiers	40
3.1.4	Exemple	40
3.2	Données du bassin versant	43
3.2.1	Identification de l'exutoire	43
3.2.2	Identification des stations hydrométriques et météorologiques	43
3.2.3	Le fichier des données du bassin versant	44
3.2.4	Exemple	45
3.3	Les données des rivières	46
3.3.1	Caractérisation d'un tronçon de rivière	46
3.4	Le traitement de préparation des données physiographiques	48
3.4.1	Messages d'erreurs	48
3.5	Les données physiographiques préparées	52
3.5.1	Les matrices MARR	52
3.5.2	La matrice MACE	53
3.5.3	La matrice MACP	53
3.5.4	La matrice IJS	53
3.5.5	Précision du bassin versant calculé	53
3.5.6	Exemple des résultats du programme	54
4	LA PRÉPARATION DES DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES	61
4.1	Le fichier des stations hydrométriques et météorologiques	61
4.2	La base de données hydrométriques et météorologiques	62
4.2.1	Données météorologiques	63
4.2.2	Données hydrométriques	63
4.3	Le traitement des données hydrométriques et météorologiques	64
4.4	Les données hydrométriques et météorologiques préparées	65
4.4.1	La matrice initiale	65
4.4.2	La matrice de données	66
4.5	Exemples de données météorologiques et hydrométriques	67
5	LA PRÉPARATION DES DONNÉES DE QUALITÉ	69
5.1	Le fichier des stations de qualité	69
5.2	La base de données de la qualité de l'eau	70
5.2.1	Données de qualité	70
5.3	Le traitement des données de qualité	71
5.4	Les données de qualité préparées	71
5.4.1	La matrice initiale	71
5.4.2	La matrice de données	72
5.5	Exemples de données qualité préparées	73
6	LA SIMULATION DE QUANTITÉ	75
6.1	Les données météorologiques	76
6.1.1	Interpolation des températures	76
6.1.2	Interpolation des précipitations	78

6.2	Fonction de production	79
6.2.1	Les paramètres et constantes du modèle SIGMA	81
6.2.2	Formation et fonte du stock de neige	83
6.2.3	Évaporation - évapotranspiration	88
6.2.4	Bilan du réservoir SOL	91
6.2.5	Bilan du réservoir NAPPE	94
6.2.6	Bilan sur les lacs et marécages	95
6.3	Fonction de transfert	96
6.3.1	La méthode de transfert	98
6.3.2	Transfert particulier	100
6.3.3	La reconstitution des grands lacs	101
6.3.4	Opération avec barrage	101
6.3.5	Méthode de Goodrich	104
6.3.6	Opération de barrage avec contrainte	106
6.3.7	Simulations diverses	107
6.4	Calage du modèle	107
6.4.1	Premier essai	108
6.4.2	Analyse des résultats	108
6.4.3	Modification des paramètres	110
6.5	Les paramètres du modèle	111
6.5.1	Les vecteurs obligatoires	112
6.5.2	Les vecteurs facultatifs	112
6.5.3	Les vecteurs induits	115
6.6	Les messages d'avertissement et d'erreur	116
6.6.1	Les messages d'avertissement	116
6.6.2	Les erreurs fatales différées	119
6.6.3	Les erreurs entraînant un arrêt immédiat du programme	126
6.7	Exemple d'utilisation	130
6.7.1	Les vecteurs de données d'entrée du programme	131
6.8	Résultats du programme	132
6.8.1	Fichier des résultats généraux (extension SIM)	132
6.8.2	Fichier des débits journaliers (extension DJO)	133
6.8.3	Fichier des débits mensuels (extension DME)	133
6.8.4	Fichier des données spatiales (extension DSP)	134
6.8.5	Fichier des débits journaliers calculés aux stations fictives (extension DFI)	135
6.8.6	Fichier de la température de la pluie et de la fonte moyenne journalière (extension TPF)	136
6.8.7	Fichier des erreurs d'exécution (extension ERS)	136
7	LA SIMULATION DE QUALITÉ	137
7.1	Introduction	137
7.2	Modélisation de la température de l'eau en rivière	137
7.2.1	Conceptualisation du modèle	137
7.2.2	Bilan d'énergie	139
7.2.3	Apports advectifs	141
7.2.4	Application du modèle thermique	141
7.3	Modélisation des solides en suspension	144
7.3.1	Conceptualisation du modèle	144

7.3.2	Production des solides en suspension	145
7.3.3	Transfert des solides en suspension	149
7.3.4	Application du modèle de solides en suspension	153
7.4	Modélisation de l'oxygène dissous et la demande biochimique d'oxygène	155
7.4.1	Conceptualisation du modèle	156
7.4.2	Détermination des coefficients du modèle OD-DBO	158
7.4.3	Dégradation et transfert en rivière	163
7.4.4	Application du modèle de l'OD et de la DBO	164
7.5	Modélisation des solides dissous	166
7.5.1	Conceptualisation du modèle	166
7.5.2	Production des solides dissous	167
7.5.3	Transport des solides dissous	168
7.5.4	Relations expérimentales entre la concentration des solides dissous et la conductivité	170
7.5.5	Application du modèle de solides dissous	171
ANNEXES		177
A DONNÉES GÉNÉRALES DES CARREAUX		179
A.1	Vecteur SURFCE	180
A.2	Vecteur PHYDRACE	181
A.3	Vecteur EXECUTION	182
B DONNÉES DU BASSIN VERSANT		183
B.1	Vecteur STAPRIN	184
B.2	Vecteur STASEC	185
B.3	Vecteur STASECNO	186
B.4	Vecteur AIRE	187
B.5	Vecteur POSTEMETEO	188
B.6	Vecteur EXECUTION	189
C DONNÉES DES RIVIÈRES		191
C.1	Vecteur PHYRIVIER	192
C.2	Vecteur EXECUTION	193
D DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES PRÉPARÉES		195
D.1	Matrice MARR	196
D.1.1	Données MARR initiales	196
D.1.2	Vecteurs MARR	197
D.2	Matrice MACE	199
D.3	Matrice MACP	200
D.4	Matrice IJS	201
E DONNÉES DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES		203
E.1	Vecteur DHM1GEN	204
E.2	Vecteur REPMETEO	205
E.3	Vecteur REPHYDRO	206
E.4	Vecteur STAMET1	207
E.5	Vecteur STAMET2...STAMET30	208

E.6	Vecteur STADEB1	209
E.7	Vecteur STADEB2...STADEB10	210
F	DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET MÉTÉOROLOGIQUES PRÉPARÉES	211
F.1	Données NBSTAT	212
F.2	Données ANDEBFIN	213
F.3	Données NOSTAMET	214
F.4	Données NOSTADEB	215
F.5	Données NOSTANIV	216
F.6	Données DONMETEO	217
F.7	Données DONDEBIT	218
F.8	Données DONNIVEAU	219
G	DONNÉES DE QUALITÉ	221
G.1	Vecteur QUAL1GEN	222
G.2	Vecteur REPQUA	223
G.3	Vecteur STAQUA1	224
G.4	Vecteur STAQUA2...STAQUA10	225
G.5	Vecteur EXECUTION	226
H	DONNÉES DE QUALITÉ PRÉPARÉES	227
H.1	Données INFGEN	228
H.2	Données NOSTQUA	229
H.3	Données DONQUA	230
I	PARAMÈTRES DE SIMULATION QUANTITÉ	231
I.1	Les vecteurs obligatoires	232
I.1.1	Vecteur obligatoire SIMULATION	232
I.1.2	Vecteur obligatoire NEIGE	235
I.1.3	Vecteur obligatoire OPTION	236
I.1.4	Vecteur obligatoire SOL1	238
I.1.5	Vecteur obligatoire SOL2	239
I.1.6	Vecteur obligatoire SOL3	240
I.1.7	Vecteur obligatoire SOLINITIAL	241
I.1.8	Vecteur obligatoire TRANSFERT	242
I.1.9	Vecteur obligatoire POSTEMETEO	243
I.1.10	Vecteur obligatoire EXECUTION	245
I.2	Les vecteurs facultatifs	246
I.2.1	Vecteur facultatif STATIONFIC	246
I.2.2	Vecteur facultatif BARRAGE	247
I.2.3	Vecteur facultatif CARTEFONTE	249
I.2.4	Vecteur facultatif CARTENAPPE	250
I.2.5	Vecteur facultatif CARTENEIGE	251
I.2.6	Vecteur facultatif CARTEPLUIE	252
I.2.7	Vecteur facultatif CARTESOL	253
I.2.8	Vecteur facultatif CARTETEMP	254
I.2.9	Vecteur facultatif COEFINFILT	255
I.2.10	Vecteur facultatif CONTRAINTE	256
I.2.11	Vecteur facultatif CTP (Coefficient de Transfert Particulier)	257

I.2.12	Vecteur facultatif DATARELEVE	258
I.2.13	Vecteur facultatif DEBITMAX	259
I.2.14	Vecteur facultatif DEBITMIN	260
I.2.15	Vecteur facultatif EXUBIS	261
I.2.16	Vecteur facultatif GRAPHIQUE	263
I.2.17	Vecteur facultatif HAUTEURMAX	264
I.2.18	Vecteur facultatif LAC	265
I.2.19	Vecteur facultatif MODIF	266
I.2.20	Vecteur facultatif RELEVE	267
I.2.21	Vecteur facultatif SURFACE	268
I.2.22	Vecteur facultatif SURFIMPERM	269
I.2.23	Vecteur facultatif TURBINAGE	270
I.2.24	Vecteur facultatif VOLINIT (<u>VOL</u> ume <u>INIT</u> ial)	271
I.3	Les vecteurs induits	272
I.3.1	Vecteur induit NIVEAU	272
I.3.2	Vecteur induit VOLUME	273
I.3.3	Vecteur induit DEBIT	274
I.3.4	Vecteur induit DATE	275
I.3.5	Vecteur induit DEBITMOY	276
I.3.6	Vecteur induit RELEVEMOY	277
I.3.7	Vecteur induit METEO	279
I.3.8	Vecteur induit CORPREC (<u>COR</u> rection <u>PREC</u> ipitations)	280
J	PARAMÈTRES DE SIMULATION DE QUALITÉ	283
J.1	Vecteurs obligatoires	283
J.1.1	Vecteur obligatoire STAQUARF	283
J.1.2	Vecteur obligatoire PARAMODE	284
J.1.3	Vecteur obligatoire VARIACOM	285
J.2	Vecteurs induits	286
J.2.1	Vecteur induit TEMPERAT	286
J.2.2	Vecteur induit RADIASOL	288
J.2.3	Vecteur induit NEBULOSI	289
J.2.4	Vecteur induit PRESSVAP	290
J.2.5	Vecteur induit VITESVEN	291
J.2.6	Vecteur induit SSUSPEN1	292
J.2.7	Vecteur induit SSUSPEN2 (induit par SSUSPEN1)	293
J.2.8	Vecteur induit DBOXYGEN	294
J.2.9	Vecteur induit DBO5DIFF	296
J.2.10	Vecteur induit SOLIDISS	297
J.3	Vecteurs facultatifs	298
J.3.1	Vecteur facultatif DBO5PONC	298
J.3.2	Vecteur facultatif SODIPONC	299
J.3.3	Vecteur facultatif SODINAPP	300
K	FEUILLES DE CODIFICATION DES DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES GÉNÉRALES	301

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 3.1	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)	55
Tableau 3.2	Résultats de la préparation des données physiographiques: les matrices MACE, MACP et IJS (suite du fichier (extension PBR) des précisions du bassin versant calculé)	58
Tableau 6.1	Paramètres et constantes intervenant dans le modèle SIGMA	82
Tableau 6.2	Liste des vecteurs d'entrée nécessaires au programme SIGMA (fichier EATON.PAH).	131
Tableau 7.2	Paramètres intervenant dans le modèle de solide en suspension	154
Tableau 7.3	Paramètres intervenant dans le modèle d'oxygène dissous et de la demande biochimique en oxygène	165
Tableau 7.4	Paramètres intervenant dans le modèle dissous	171

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1	Structure générale de SIGMA	6
Figure 2.1	L'environnement SIGMA	13
Figure 2.2	La fenêtre projet	14
Figure 2.3	L'éditeur de données	19
Figure 2.4	Le menu Projet	22
Figure 2.5	Le menu Données	27
Figure 2.6	Le menu Simulation	31
Figure 2.7	Le menu Visualisation	33
Figure 3.1	La préparation des données physiographiques	35
Figure 3.2	Création des carreaux entiers par superposition d'une grille sur le bassin versant étudié.	37
Figure 3.3	Subdivision des carreaux entiers en carreaux partiels en fonction des subdivisions de bassins.	38
Figure 3.4	Feuille de codification des données physiographiques générales des carreaux entiers	39
Figure 3.5	Codification des données physiographiques de l'exemple de la Figure 3.3	42
Figure 3.6	Données générales des carreaux entiers à travers l'éditeur de Sigma	43
Figure 3.7	Schématisation de l'écoulement et des stations hydrométriques et météorologiques	44
Figure 3.8	Les données du bassin versant à travers l'éditeur de Sigma	46
Figure 3.9	Schéma des matrices constituant le fichier des données physiographiques préparées (extension PBR).	52
Figure 3.10	Numérotation des carreaux partiels et des carreaux entiers	56
Figure 4.1	La préparation des données hydrométriques et météorologiques	61
Figure 4.2	Schéma des matrices constituant le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC).	65
Figure 5.1	La préparation des données de qualité	69

Figure 5.2	Schéma des matrices constituant le fichier des données de qualité préparées (extension QUA).	72
Figure 6.1	La simulation de quantité	76
Figure 6.2	Schéma de production du modèle SIGMA	80
Figure 6.3	Facteur de modulation qui tient compte du rayonnement solaire potentiel pour la latitude moyenne de 47°.	86
Figure 6.4	Évaporation potentielle journalière calculée avec la formule de Thornthwaite: effet de l'exposant XAA.	89
Figure 6.5	Évaporation potentielle journalière calculée avec la formule de Thornthwaite: effet de l'index XIT.	89
Figure 6.6	Schématisation de la fonction de transfert.	97
Figure 6.7	Variation du coefficient de transfert journalier suivant le paramètre EXXKT, pour différents pourcentages de lac sur carreau entier de 400 km ² .	99
Figure 6.8	Variation du coefficient de transfert journalier suivant le paramètre EXXKT, pour différents pourcentages de lac sur un carreau entier de 100 km ² .	99
Figure 6.9	Schématisation de la prise en compte des barrages par le modèle SIGMA	102
Figure 6.10	Ordre général des vecteurs du fichier des paramètres et options du modèle.	111
Figure 6.11	Imbrication des différents vecteurs de données durant la phase de simulation.	128
Figure 7.1	Schématisation des principaux éléments considérés pour le calcul de la température de l'eau sur un carreau partiel	138
Figure 7.2	Effet du paramètre (P ₂) de dégradation de la charge accumulée	162
Figure 7.3	Effet du paramètre (P ₃) d'entraînement de la charge accumulée	162

INTRODUCTION

Le logiciel SIGMA est un modèle déterministe qui permet de simuler la quantité et la qualité de l'eau en rivière au pas de temps 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 ainsi que leur exploitation.

Le logiciel inclut également un éditeur développé spécialement pour l'édition des fichiers de données. Il permet la préparation des données physiographique et de drainage, des données hydro-météorologique et de la qualité de l'eau. Le logiciel SIGMA fonctionne sous l'environnement OS/2-PM.

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

La première partie du manuel explique la préparation des banques de données 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.

La deuxième partie 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, un exemple d'application sur un petit bassin versant est utilisé. Les données de ce bassin versant sont fournies avec le logiciel.

La dernière partie du manuel présente les équations de base du modèle de simulation de cinq paramètres de qualité de l'eau en rivière.

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.

RESTRICTIONS D'UTILISATION DU MODÈLE SIGMA

Le modèle SIGMA est fourni avec les restrictions suivantes:

- citer l'origine du modèle dans toutes les publications où le modèle SIGMA aura été employé;
- utiliser le modèle SIGMA pour usage interne seulement; toute étude au profit d'un tiers devra faire l'objet d'une entente préalable avec l'INRS-Eau;
- ne pas redistribuer les programmes;
- les programmes sont fournis sans engagement ni responsabilité de l'INRS-Eau.

1 STRUCTURE GÉNÉRALE DE SIGMA

La Figure 1.1 montre la structure générale de SIGMA, 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).

1.1 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 de données

- **Données physiographiques**
Ce module sert à la préparation des données physiographiques nécessaires aux modules de simulation. Ce traitement est détaillé au chapitre 3.
- **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 4.
- **Données de qualité**
Ce module sert à la préparation des données de qualité nécessaires au module de simulation quantité-qualité. Ce traitement est détaillé au chapitre 5.

2) modules de simulation

- **Simulation des quantités**
Ce module exécute la simulation des quantités à partir du modèle hydrologique SIGMA. Ce traitement est détaillé au chapitre 6.
- **Simulation des quantités et de la qualité**
Ce module exécute la simulation des quantités et de la qualité à partir du modèle hydrologique et de qualité SIGMA. Ce traitement est détaillé au chapitre 7.

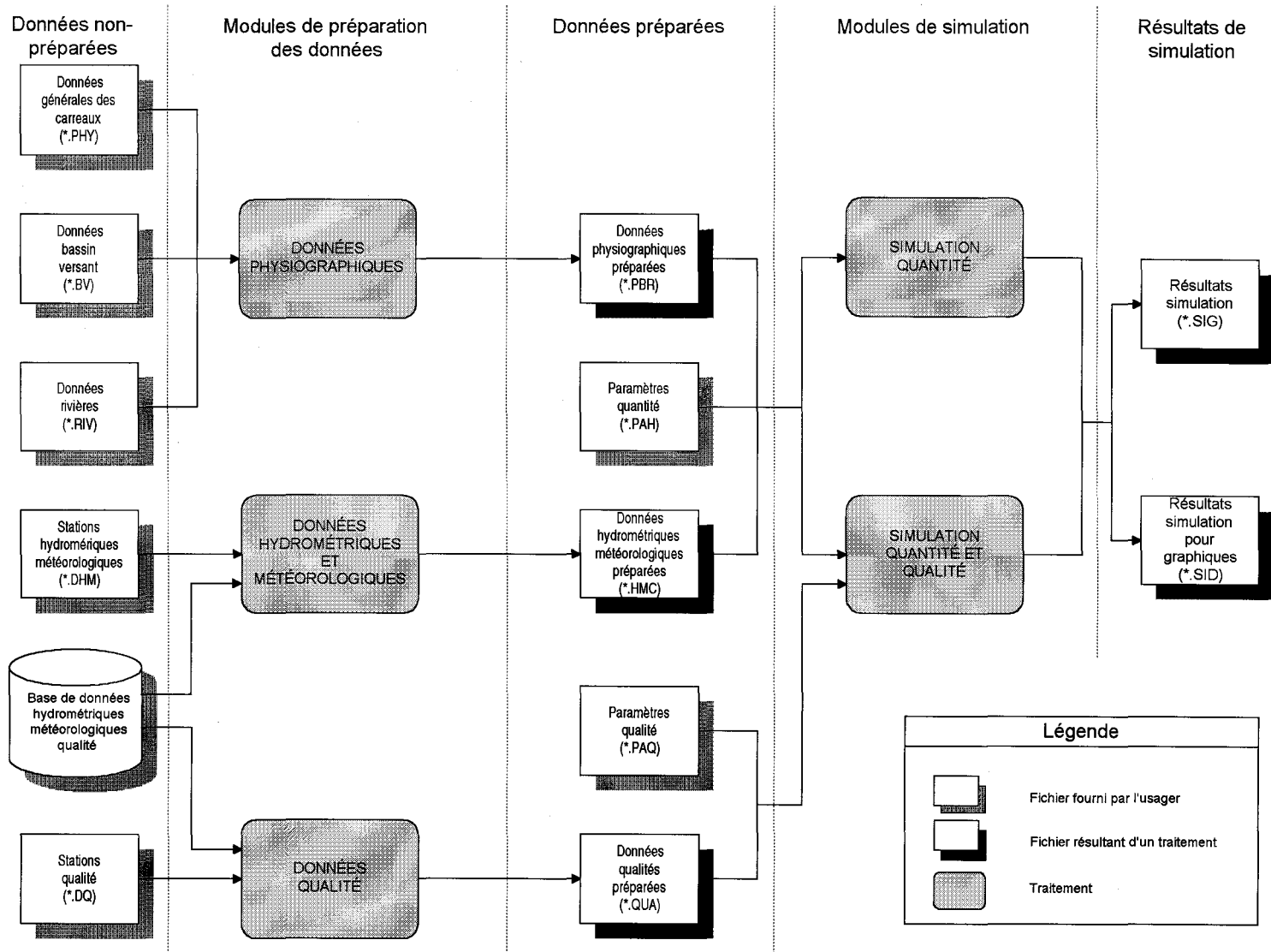


Figure 1.1 Structure générale de SIGMA

1.2 Les fichiers de données

Les modules décrits plus haut tirent leur information de sept 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 rigoureuse 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, soit 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.

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. Il doit réunir 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 où du logiciel PHYSITEL.

Ce fichier porte normalement le nom du projet 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 projet 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 projet 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. Le pas de temps de ces données est la journée.

Ces informations serviront à préparer le fichier de données utilisé pour la simulation de quantité et de qualité.

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

- **Données périodes et stations - qualité**

Ce fichier contient les numéros des stations nécessaires 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 qualité.

Ce fichier porte normalement le nom du projet 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.

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

b) Données hydrométrique et météorologiques préparées

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

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

3) Résultats de simulation

a) Résultats de simulation

Ce fichier sera créé afin de recevoir les résultats des simulations de quantité ou de qualité. Il porte normalement un nom qui identifie bien à quel projet il appartient mais qui laisse la place à plusieurs fichiers de résultats de simulation. Il est normalement pourvu de l'extension *SIG*. Par exemple, dans le cas d'une simulation sur la rivière Eaton, on pourra nommer le fichier des résultats *EATON1.SIG* pour la première simulation. En renommant ce fichier pour les simulations suivantes *EATON2.SIG*, *EATON3.SIG*, etc, on peut conserver tous les résultats de simulations. Si vous spécifiez un nom de fichier déjà existant, vous serez prévenu avant que ce fichier ne soit écrasé.

b) Résultats de simulation pour les graphiques

Ce fichier sera créé afin de recevoir les résultats des simulations de quantité et de qualité sous une forme appropriée à l'exportation vers un chiffrier électronique qui servira à la génération de graphiques. Pour nommer ce fichier on utilisera la méthode utilisée pour le fichier des résultats décrit précédemment. Cependant, le fichier des résultats pour les graphiques est normalement pourvu de l'extension *SID*.

D'autres fichiers résultent également des différents traitements, notamment les fichiers d'erreurs. On abordera ces fichiers aux Chapitres 3 à 7, où les différents traitements sont décrits en détails.

1.3 Organisation de l'information dans les fichiers

L'information contenue dans les fichiers fournis par l'utilisateur 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
A10	I3	I3	A2	A1	A2	I7

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Signification</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.
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.

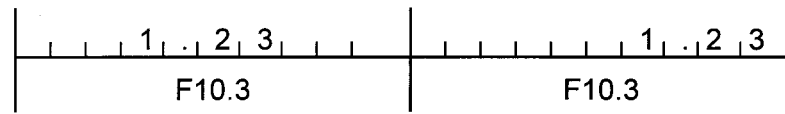
Les formats suivants peuvent définir un champ.

- **Format I**

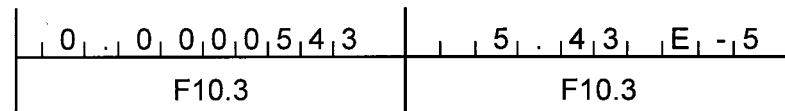
Le format I est associé à la lecture d'un entier. La lecture d'un entier en format I demande de toujours justifier le nombre à droite.

- **Format F**

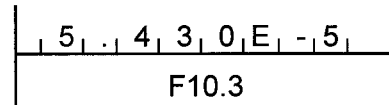
Le format F est associé à la lecture d'un nombre réel. La justification n'est pas nécessaire pour un nombre réel (format F), à condition d'inclure le point décimal. Ainsi, les deux représentations suivantes du nombre 1.23 sont équivalentes:



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



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



signifie $5.43 \cdot 10^{-5}$.

- **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. Ils 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 SIGMA (Section 2.2) permet de gérer facilement les vecteurs constituant les différents fichiers.



2 L'ENVIRONNEMENT SIGMA

Cette section décrit les principes de base qui vous permettront de contrôler efficacement l'environnement SIGMA. Elle comprend l'information concernant la gestion d'un projet de simulation et la description de chacune des options.

L'environnement de SIGMA (Figure 1.31) est constitué d'une barre de titre, d'une barre de menu et d'une zone de projet où viendra se loger la fenêtre projet.

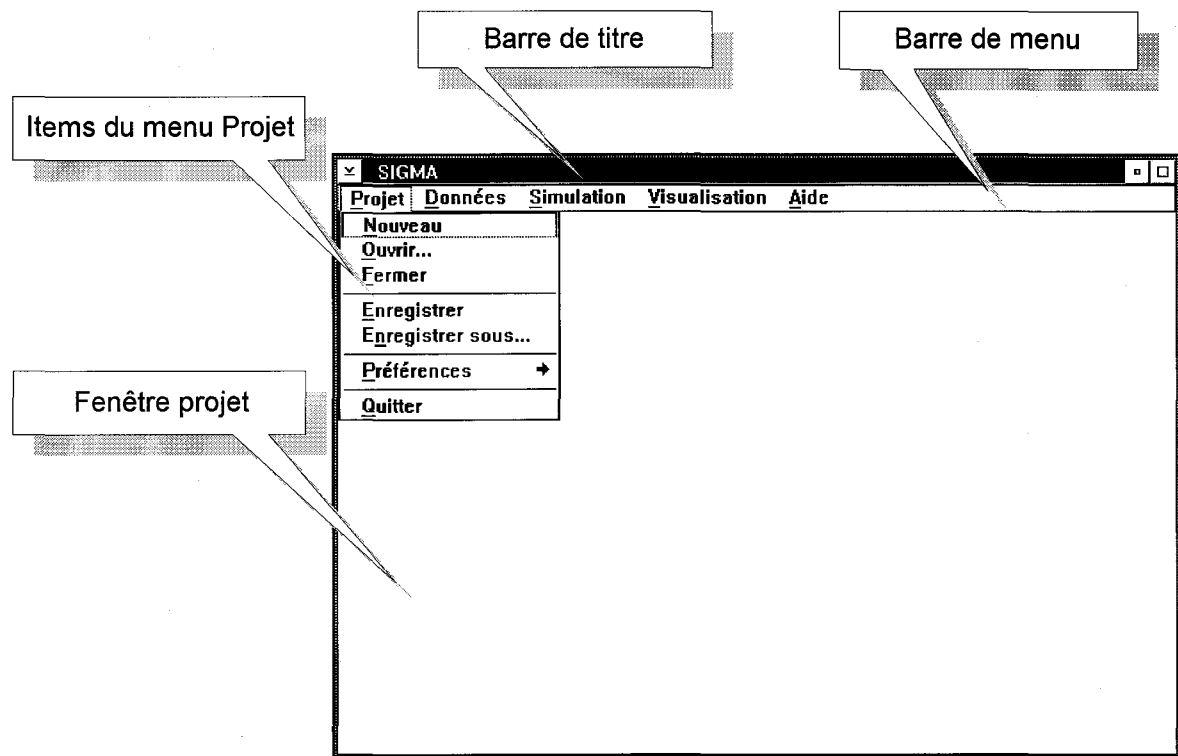


Figure 2.1 L'environnement SIGMA

La barre de menu offre l'accès à la plupart des fonctions du logiciel par l'entremise de cinq 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 (→) indique l'ouverture d'un menu en cascade. Une absence de signe indique une action.

Chaque élément comporte également une lettre mnémotechnique (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** concerne la gestion des fichiers de projet et des paramètres d'environnement du logiciel. Le menu **Données** donne accès aux fonctions de préparation des données pour la simulation. Le menu **Simulation** permet de lancer les simulations et finalement le menu **Visualisation** vous permet de visualiser, avec l'éditeur OS/2 de votre choix, les fichiers intermédiaires créés lors de la préparation des données ainsi que les fichiers des résultats de simulation. Le menu **Aide** donne accès à l'aide de SIGMA.¹

2.1 Le projet SIGMA

Un projet est constitué d'une description, d'un ensemble de fichiers de données et de paramètres ainsi que de deux fichiers pour les résultats. La Figure 2.2 montre la fenêtre projet avec tous les fichiers qui la constituent. La gestion des projets est détaillée à la section 2.3.

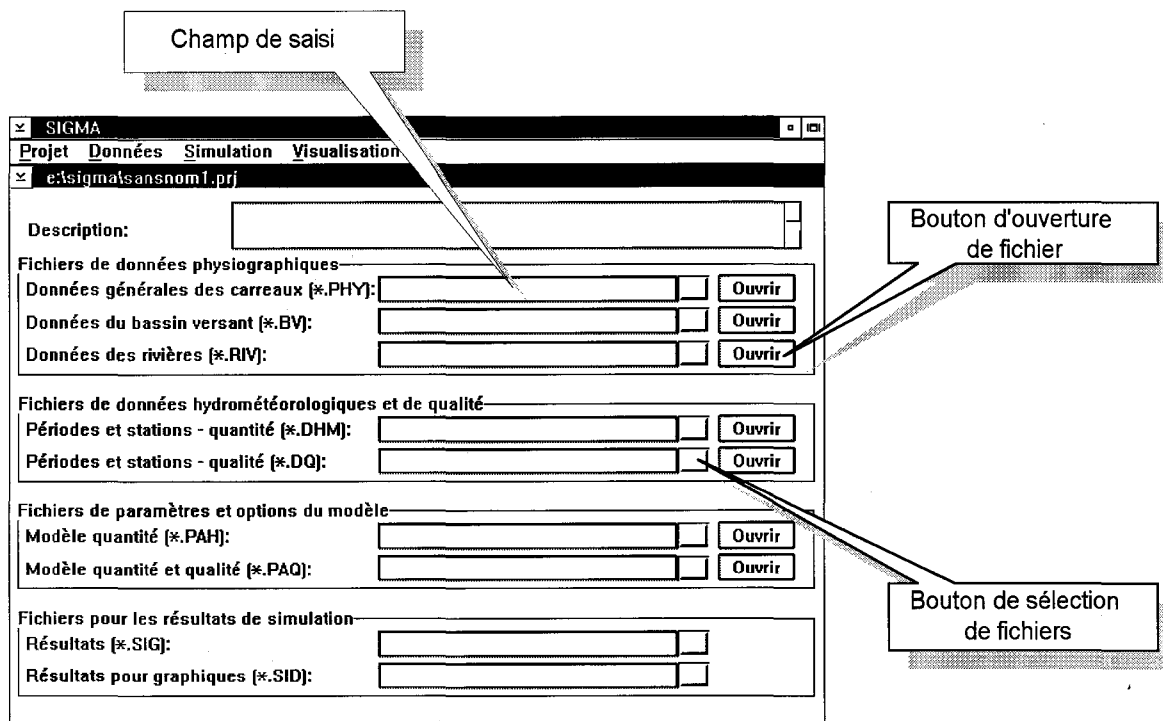


Figure 2.2 La fenêtre projet

La fenêtre projet est constituée de champs de saisie, de boutons de sélection de fichiers et de boutons pour l'ouverture des fichiers à l'aide de l'éditeur de données. Une brève description des champs de saisie est fournie ci-dessous.

¹ L'aide n'est pas disponible dans cette version de SIGMA.

Le champ Description vous offre la possibilité de conserver une description de votre projet. La longueur du champ est limitée à 1000 caractères.

Les champs inclus dans les quatre groupes suivants servent à nommer les différents fichiers constituant un projet:

■ Fichiers de 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. Il doit réunir 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 ou du logiciel PHYSITEL.

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

- **Données des rivières**

On y trouve 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.

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

■ Fichiers de 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. Le pas de temps de ces données est la journée.

Ces informations serviront à préparer le fichier de données utilisé pour la simulation de quantité et de qualité.

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

- **Données périodes et stations - qualité**

Ce fichier contient les numéros des stations nécessaires 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 qualité.

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

- **Fichiers de paramètres et options du modèle**

- **Modèle de quantité**

On y trouve les paramètres et options qui seront utilisés pour la simulation de quantité. Les valeurs lues peuvent varier d'un essai de simulation à l'autre.

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

- **Modèle de qualité**

On y trouve les paramètres et options qui seront utilisés pour les simulations de qualité. Les valeurs lues peuvent varier d'un essai de simulation à l'autre.

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

- **Fichiers pour les résultats de simulation**

- **Résultats**

Ce fichier sera créé afin de recevoir les résultats des simulations quantité ou quantité et qualité. Il porte normalement un nom qui identifie bien à quel projet il appartient mais qui laisse la place à plusieurs résultats de simulation. Il est normalement pourvu de l'extension *SIG*. Par exemple, dans le cas d'une simulation sur la rivière Eaton, on pourra nommer le fichier des résultats *EATON1.SIG* pour la première simulation. En renommant ce fichier pour les simulations suivantes *EATON2.SIG*, *EATON3.SIG*, etc, on peut conserver tous les résultats de simulations. Si vous spécifiez un nom de fichier déjà existant, vous serez prévenu avant que ce fichier ne soit écrasé.

- **Résultats pour les graphiques**

Ce fichier sera créé afin de recevoir les résultats des simulations quantité ou quantité et qualité sous une forme appropriée à l'exportation vers un chiffrier

électronique qui servira à la génération de graphiques. Pour nommer ce fichier on utilisera la méthode utilisée pour le fichier des résultats décrit précédemment. Cependant, le fichier des résultats pour les graphiques est normalement pourvu de l'extension *SID*.

Pour entrer un nom dans un champ de saisi, vous devez activer ce champ en cliquant avec la souris sur le champ approprié ou en utilisant les touches *TAB* et *SHIFT-TAB*.

Les fonctions du presse-papier (copie et déplacement) 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-papier, consultez l'aide de OS/2.

Vous pouvez éviter de taper le nom du fichier en utilisant le bouton de sélection de fichier situé à droite de chacun des champs servant à nommer les fichiers. Ce bouton vous amène la boîte de dialogue de sélection de fichier qui permet de choisir facilement le fichier.

Pour sélectionner un fichier:

- 1 Cliquez sur le bouton de sélection de fichier du champ approprié
- 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. (Les noms de fichier ne peuvent comprendre plus de huit caractères).

- 3 Choisissez Ok.

Dans SIGMA, vous ne pouvez ouvrir plus d'un seul projet à la fois. Dès qu'un nouveau projet est appelé et qu'un projet est en cours, ce dernier est automatiquement fermé.

Les boutons **Ouvrir** situés complètement à droite, permettent d'éditer les fichiers de données d'entrée. Pour plus de détails sur l'éditeur de données, consultez la section suivante.

2.2 L'éditeur de données

Tous les fichiers de données présents dans la fenêtre de projet peuvent être créés ou édités à l'aide de l'éditeur de données de SIGMA. Cet éditeur est accessible à partir du bouton Ouvrir, situé à l'extrême droite des champs de saisi 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 vous sera ouvert à l'édition.

L'éditeur de données permet de créer ou de modifier facilement les fichiers de données. Il est conçu de façon à assurer la conformité du format des données avec celui requis par les traitements de préparation des données et de simulation. Ainsi, l'éditeur offre la possibilité de vérifier les données quant à leur format, pour chacun des champs, en plus d'offrir en permanence des commentaires sur le champ actif.

L'éditeur permet également de mettre en ordre les vecteurs de données et de vérifier les erreurs dues aux vecteurs manquants ou en trop.

Pour appeler l'éditeur de données:

Le nom de fichier doit apparaître dans le champ de saisie 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 (Figure 2.3) est constitué de quatre éléments; la barre de menu, la fenêtre d'édition, la fenêtre de description du vecteur et la fenêtre de commentaires.

Pour accéder aux items de la barre de menu, vous devez annuler toute fonction en cours, y compris celle d'édition dans laquelle vous 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 *ENTREE*. Il est également possible d'activer la fonction voulue en appuyant sur la lettre mnémotique (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.

2.2.1 L'option Éditer

L'option Éditer 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.

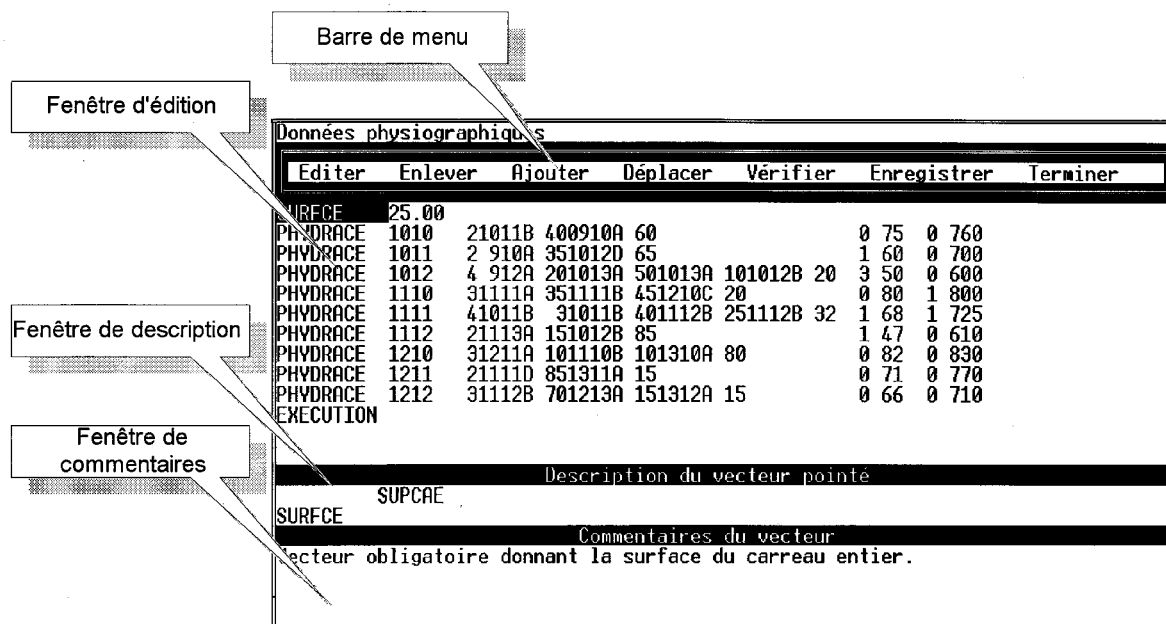


Figure 2.3 L'éditeur de données

Lorsque le curseur est positionné sur le nom d'un vecteur, la fenêtre de description montre ce 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 de description. La fenêtre de commentaires donne une description du champ.

Les commentaires peuvent excéder les trois lignes qui apparaissent dans cette fenêtre. Dans ce cas vous n'avez qu'à utiliser les touches *PgUp* et *PgDn* pour accéder à la totalité du texte.

Chaque champ de saisie peut adopter trois formats: caractères, entier et réel. Le format de chacun des champs apparaît dans la fenêtre de description du vecteur. Le format caractères est représenté par des 'A' et le format entier par des '9'. Le format réel l'est par 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' représente 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.

2.2.2 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 *ENTREE*. Le vecteur sera enlevé si possible, sinon un avertissement sera donné.

2.2.3 L'option Ajouter

Cette option vous permet d'ajouter un vecteur de données. L'éditeur offre alors la liste des vecteurs pouvant être ajoutés. 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 suivant le vecteur EXECUTION. Le vecteur sera placé immédiatement sous le vecteur que vous spécifiez à l'aide du curseur.

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

2.2.4 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. Dans le cas où un vecteur est déplacé à une position qui n'est pas valide, l'éditeur mettra automatiquement en ordre les vecteurs.

2.2.5 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 la préparation des données mais risque de compromettre l'exactitude des résultats de simulation. Les avertissements pouvant découler d'une vérification sont:

Avertissement: 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.

Avertissement: bien vérifier l'ordre des vecteurs induits.

Cet avertissement apparaît lorsqu'il y a des vecteurs induits qui peuvent être ajoutés ou déplacés.

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.

2.2.6 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 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 ou 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 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.

2.2.7 L'option Terminer

L'option Terminer vous permet de quitter l'éditeur afin de revenir à l'environnement SIGMA. Si des modifications ont été apportées depuis la dernière sauvegarde, il vous sera proposé d'enregistrer le fichier avant de quitter l'éditeur.

2.3 Le menu Projet

Le menu Projet (Figure 2.4) vous donne accès à tous les items liés à la gestion d'un projet de simulation. Il vous permet d'ouvrir ou fermer un projet, d'en créer un nouveau et d'enregistrer le projet en cours. C'est également à partir de ce menu que vous pourrez changer les paramètres de SIGMA et quitter.

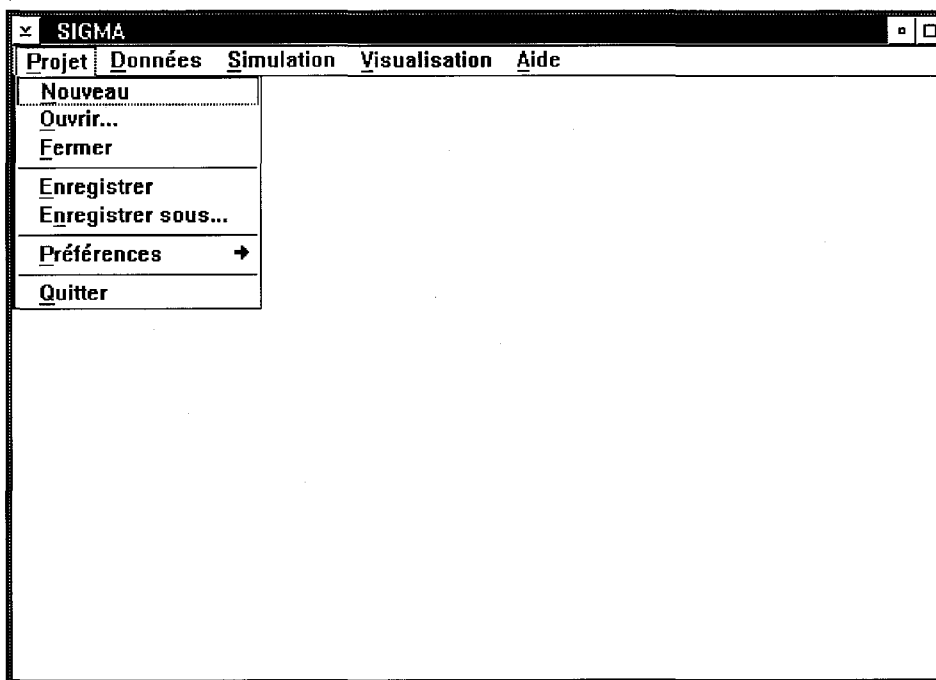


Figure 2.4 Le menu Projet

2.3.1 Projet - Nouveau

L'option Nouveau du menu Projet permet de créer un nouveau projet de simulation. Une fenêtre projet vierge, portant le nom *sansnom1.prj*, apparaît alors à l'écran.

Vous pouvez renommer un nouveau projet à l'aide de la fonction Enregistrer sous du menu Projet. Cependant, si vous tentez d'enregistrer le projet sans passer par la fonction

Enregistrer sous, le changement de nom vous sera tout de même proposé. Il est recommandé de conserver l'extension *PRJ* qui identifie bien le fichier comme étant un fichier de projet. Il est également important d'utiliser un nom représentatif du bassin versant à simuler et d'utiliser ce nom, associé avec l'extension appropriée, pour tous les fichiers de données qui constituent le projet. C'est également le nom du fichier de projet que porteront tous les fichiers intermédiaires produits lors de simulation ou de préparation de données.

Pour ouvrir une nouvelle fenêtre de projet :

- 1 Choisissez Nouveau sous Projet.

2.3.2 Projet - Ouvrir

L'option Ouvrir projet vous permet d'ouvrir un projet existant sur disque. Cette commande vous amène la boîte de dialogue de sélection de fichier qui vous permet de choisir rapidement le nom de fichier à ouvrir. Si un projet est déjà en cours, il sera automatiquement fermé pour être remplacé par le projet que vous ouvrez. Si des modifications ont été apportées au 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 Ouvrir sous Projet.
- 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.
(Les noms de fichier ne peuvent comprendre plus de huit caractères).

- 3 Choisissez Ok.

2.3.3 Projet - Fermer

L'option Fermer vous permet de fermer le projet en cours. Si des modifications ont été apportées à ce 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 nommé.

Pour fermer le projet en cours:

- 1 Choisissez Fermer sous Projet.

2.3.4 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 *sansnom1.prj*, l'option **E**nregistrer vous proposera d'en changer le nom, comme le fait la fonction **E**nregistrer sous.

Pour enregistrer le projet en cours:

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

2.3.5 Projet - Enregistrer sous

L'option **E**nregistrer sous vous permet de sauvegarder le projet en cours sous un autre nom. Cette fonction vous amène une boîte de dialogue qui vous permet de choisir un nouveau nom. 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 fichier ne peuvent comprendre plus de huit caractères).
- 3 Choisissez Ok.

2.3.6 Projet - Préférences

L'option **P**références du menu **P**rojet vous permet de configurer l'environnement SIGMA en ce qui a trait au répertoire pour les projets et pour le choix de l'éditeur OS/2 utilisé pour la visualisation des fichiers.

2.3.6.1 Projet - Préférences - Répertoire

Cette option vous permet de spécifier le répertoire pour le projet en cours ou pour les nouveaux projets. C'est dans le répertoire que vous spécifiez ici que tous les fichiers intermédiaires ainsi que les fichiers des résultats du projet seront créés.

Si vous accédez à cette fonction alors qu'un projet est en cours, le répertoire que vous spécifiez devient le répertoire pour ce projet seulement. Cette préférence sera enregistrée en même temps que le projet. Cependant, tous les nouveaux projets que vous créez par la suite ne sont pas affectés par cette modification.

Si vous accédez à la fonction répertoire alors qu'aucun projet n'est en cours, le répertoire que vous spécifiez devient le répertoire pour tous les nouveaux projets qui seront ouverts. Cependant, les projets déjà créés conservent leur propre répertoire et ne sont nullement affectés par cette modification. Le changement de répertoire 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 répertoire du projet en cours:

- 1 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 2 Choisissez **R**épertoire.
- 3 Changez le répertoire et choisissez Ok.

Vous devez enregistrer le projet pour conserver le changement de répertoire.

Pour changer le répertoire des nouveaux projets:

- 1 Fermez le projet en cours s'il y a lieu.
- 2 Choisissez **P**références sous **P**rojet.
- 3 Choisissez **R**épertoire.
- 4 Changez le répertoire et choisissez Ok.

Le nouveau répertoire est automatiquement enregistré dans la configuration de SIGMA.

2.3.6.2 Projet - Préférences - Éditeur

Vous devez choisir un éditeur OS/2 pour permettre la visualisation des fichiers intermédiaires et de résultats à travers l'environnement SIGMA. Nous vous recommandons l'éditeur EPM.EXE, faisant partie de l'environnement OS/2. Cet éditeur est beaucoup plus complet que E.EXE et est mieux adapté aux fichiers de SIGMA.

Pour sélectionner un éditeur pour la visualisation des fichiers:

- 1 Choisissez Préférences sous Projet.
- 2 Choisissez Éditeur.
- 3 Tapez le nom de l'éditeur puis choisissez Ok. (Vous devez également inclure le chemin s'il n'est pas inclus dans le paramètre PATH de votre environnement OS/2)

ou

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

Le nom du nouvel éditeur est automatiquement enregistré dans la configuration de SIGMA. Le choix de l'éditeur ne s'applique pas au projet en cours mais plutôt à l'environnement SIGMA.

Vous devez spécifier un éditeur OS/2. Les éditeurs DOS ou WINDOWS ne sont pas compatibles avec SIGMA.

Par défaut, les éditeurs OS/2 EPM.EXE et E.EXE utilisent une police d'affichage proportionnelle. Il est recommandé de la remplacer par une police conventionnelle afin de respecter l'alignement des colonnes. La police System VIO, 12 x 5 est suggérée.

Pour changer la police de votre éditeur:

- 1 Quittez SIGMA.
- 2 Lancez l'éditeur (EPM.EXE ou E.EXE).
- 3 Choisissez Préférences du menu Options.
- 4 Choisissez Setting puis Font.
- 5 Choisissez la police (System VIO, 12 x 5 est conseillé) puis confirmez avec Set.
- 6 Quittez l'éditeur et relancez SIGMA.

2.3.7 Projet - Quitter

Cette commande permet de quitter SIGMA. Si un projet est en cours, 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 Quitter sous Projet.

2.4 Le menu Données

Le menu Données (Figure 2.5) présente toutes les commandes relatives à la préparation des données avant la simulation. En général, cette opération ne se fait qu'une fois. Il est inutile de refaire la préparation des données entre chaque simulation, même si vous quittez SIGMA entre les simulations.

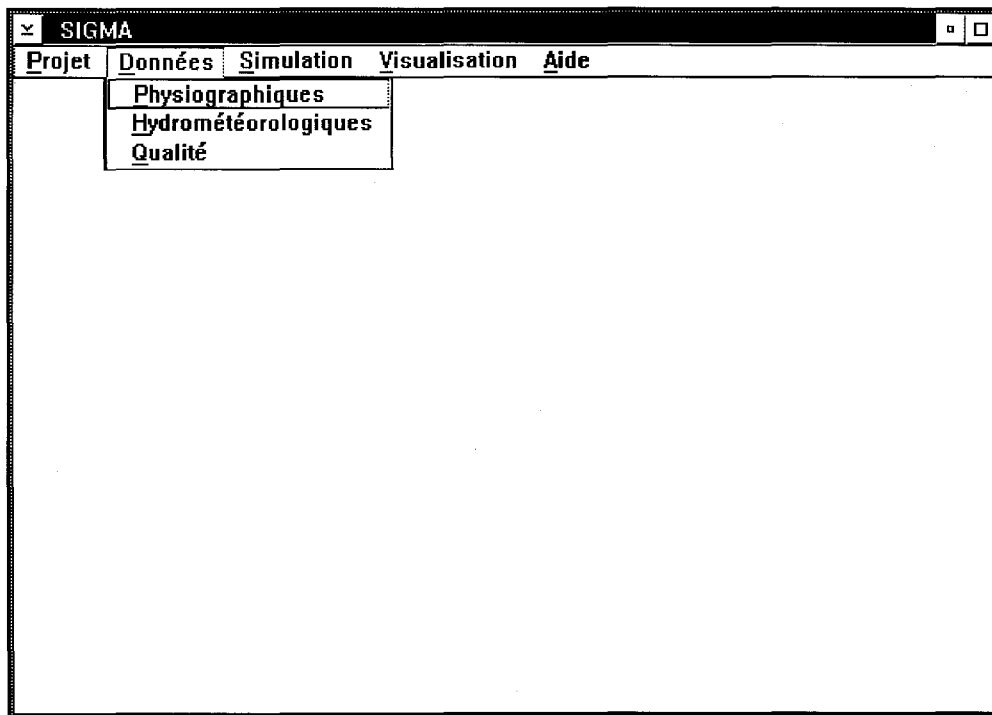


Figure 2.5 Le menu Données

2.4.1 Données - 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)

Dans le cas où ce 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 projet suivi de l'extension PBR)
- le fichier des précisions du bassin versant calculé (nom du projet suivi de l'extension EBV)

Un fichier portant le nom du projet suivi de l'extension ERP est également produit. 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 Visualisation (Section 2.6.1).

Suite à l'exécution de la préparation des données, une boîte de dialogue vous informe du résultat du traitement. La présence d'erreurs vous y sera alors signalée, s'il y a lieu.

Pour lancer la préparation des données physiographiques:

- 1 Choisissez Physiographiques sous Données.

2.4.2 Données - Hydrométéorologiques

Cette commande permet de préparer le fichier des données hydrométriques et météorologiques 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 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 projet suivi de l'extension HMC).
- le fichier donnant le nombre d'observations disponibles pour chaque station (nom du projet suivi de l'extension HMN).
- le fichier des moyennes mensuelles et annuelles pour chaque station (nom du projet suivi de l'extension HMM).

Un fichier portant le nom du projet suivi de l'extension ERH est également produit. 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 Visualisation (Section 2.6.2).

Suite à l'exécution de la préparation des données, une boîte de dialogue vous informe du résultat du traitement. La présence d'erreurs vous y sera alors signalée, s'il y a lieu.

Pour lancer la préparation des données hydrométriques et météorologiques:

- 1 Choisissez Hydrométéorologiques sous Données.

2.4.3 Données - 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 projet suivi de l'extension QUA).

Un fichier portant le nom du projet suivi de l'extension ERQ est également produit. 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 Visualisation. (Section 2.6.3)

Suite à l'exécution de la préparation des données, une boîte de dialogue vous informe du résultat du traitement. La présence d'erreurs vous y sera alors signalée, s'il y a lieu.

Pour lancer la préparation des données de qualité:

- 1 Choisissez Qualité sous Données.

2.5 Menu Simulation

Le menu Simulation (Figure 2.6) donne accès aux deux types de simulation disponibles; la simulation de quantité seulement et la simulation de quantité et de qualité. Ces opérations peuvent se répéter maintes fois, en utilisant de nouveaux paramètres à chaque fois. Vous pouvez conserver les résultats des simulations précédentes en renommant les fichiers pour les résultats avant chaque simulation (Section 2.1). Bien entendu, il n'est pas nécessaire de refaire la préparation des données physiographiques, hydrométéorologiques et de qualité entre chaque simulation.

2.5.1 Simulation - Quantité

Cette commande permet la simulation hydrologique pour un bassin versant préparé.

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

- le fichier de paramètres de quantité (extension PAH).
- le fichier de données; physiographiques du bassin versant (nom du projet suivi de l'extension PBR).
- le fichier de données; hydrométriques et météorologiques avec données manquantes comblées (nom du projet suivi de l'extension HMC).

Vous devez également spécifier les noms des deux fichiers pour les résultats de simulation. Si un de ces fichiers existe sur le disque, un message vous prévient que le fichier sera écrasé. Il est alors toujours temps d'annuler la fonction et de choisir un autre nom.

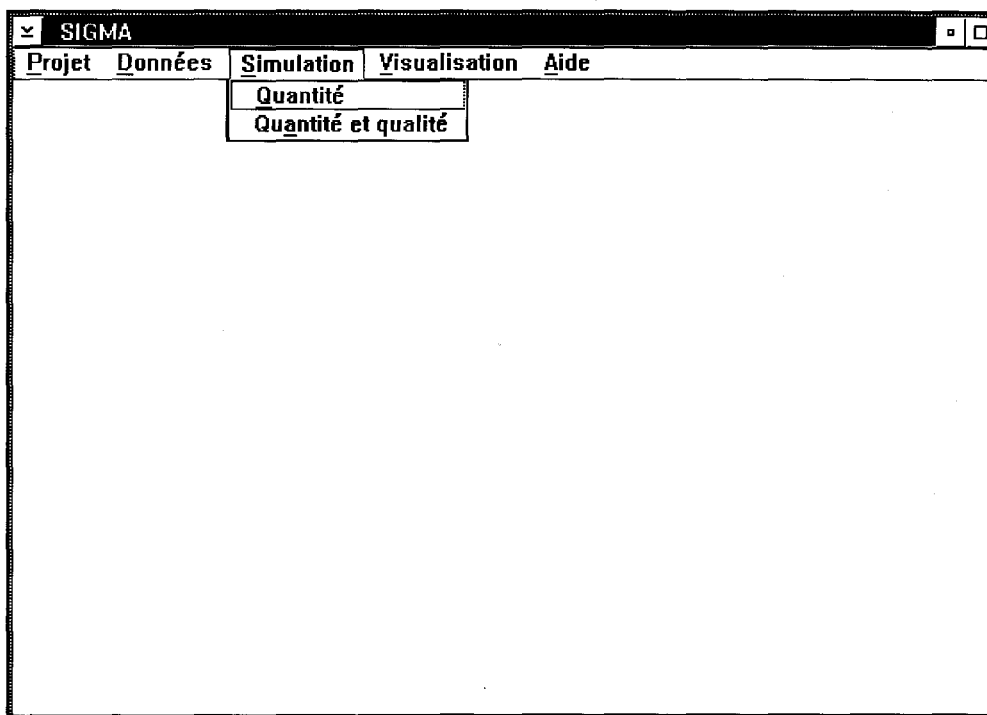


Figure 2.6 Le menu Simulation

Suite à ce traitement, les fichiers suivants sont produits:

- le fichier des résultats de simulation de quantité (nom du projet suivi de l'extension SIG).
- le fichier des résultats de simulation de quantité pour les graphiques (nom du projet suivi de l'extension SID).

Un fichier portant le nom du projet suivi de l'extension ERS est également produit. Ce fichier contient un compte rendu de l'exécution de la simulation. En cas d'erreur, vous devez consulter ce fichier à l'aide de l'option Visualisation (Section 2.6.4).

Suite à l'exécution de la simulation de quantité, une boîte de dialogue 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:

- 1 Choisissez Quantité sous Simulation.

2.5.2 Simulation - Quantité et qualité

Cette commande permet la simulation hydrologique et la simulation des paramètres de qualité de l'eau pour un bassin versant préparé.

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

- le fichier de paramètres de quantité (extension PAH).
- le fichier de paramètres de qualité (extension PAQ).
- le fichier de données; physiographiques du bassin versant (nom du projet suivi de l'extension PBR).
- le fichier de données; hydrométriques et météorologiques avec données manquantes comblées (nom du projet suivi de l'extension HMC).
- le fichier de données de qualité (extension QUA).

Vous devez également spécifier les noms des deux fichiers pour les résultats de simulation. Si un de ces fichiers existe sur le disque, un message vous prévient que le fichier sera écrasé. Il est alors toujours temps d'annuler la fonction et de choisir un autre nom.

Suite à ce traitement, les fichiers suivants sont produits:

- le fichier des résultats de simulation de quantité et de qualité (nom du projet suivi de l'extension SIG).
- le fichier des résultats de simulation de quantité et de qualité pour les graphiques (nom du projet suivi de l'extension SID).

Un fichier portant le nom du projet suivi de l'extension ERS est également produit. 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 2.6.4).

Suite à l'exécution de la simulation de quantité et de qualité, une boîte de dialogue 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 Quantité et qualité sous Simulation.

2.6 Le menu Visualisation

Le menu Visualisation (Figure 2.7) donne accès à l'éditeur OS/2 que vous avez choisi (Section 2.2) pour la visualisation des différents fichiers créés par SIGMA. Il vous est également possible d'imprimer le contenu de ces fichiers, si votre éditeur le permet.

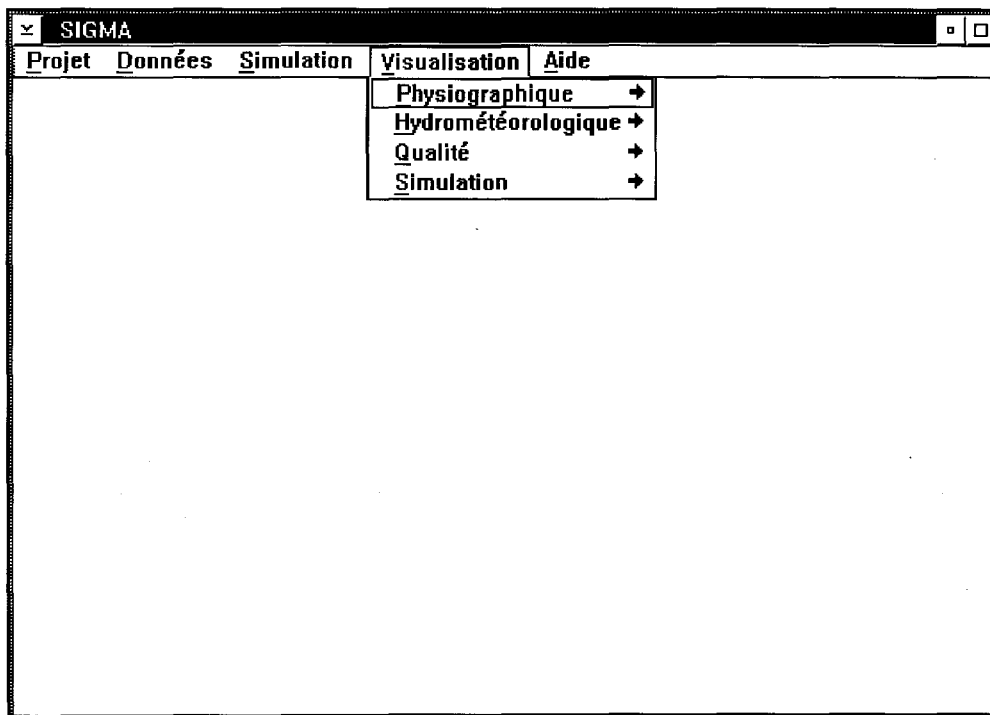


Figure 2.7 Le menu Visualisation

2.6.1 Visualisation - Physiographique

Cette commande donne accès aux fichiers créés lors de la préparation des données physiographiques.

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

- 1 Choisissez Physiographique sous Visualisation.
- 2 Choisissez le fichier que vous voulez visualiser.

2.6.2 Visualisation - Hydrométéorologiques

Cette commande donne accès aux fichiers créés lors de la préparation des données hydrométéorologiques.

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

- 1 Choisissez Hydrométéorologiques sous Visualisation.
- 2 Choisissez le fichier que vous voulez visualiser.

2.6.3 Visualisation - Qualité

Cette commande donne accès aux fichiers créés lors de la préparation des données de qualité.

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

- 1 Choisissez Qualité sous Visualisation.
- 2 Choisissez le fichier que vous voulez visualiser.

2.6.4 Visualisation - Simulation

Cette commande donne accès aux fichiers créés lors d'une simulation.

Pour visualiser un fichier résultant d'une simulation:

- 1 Choisissez Simulation sous Visualisation.
- 2 Choisissez le fichier que vous voulez visualiser.

2.7 Le menu Aide

L'aide n'est pas disponible dans cette version de SIGMA.

3 LA PRÉPARATION DES DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES

La Figure 3.1 montre la structure détaillée de la préparation des données physiographiques.

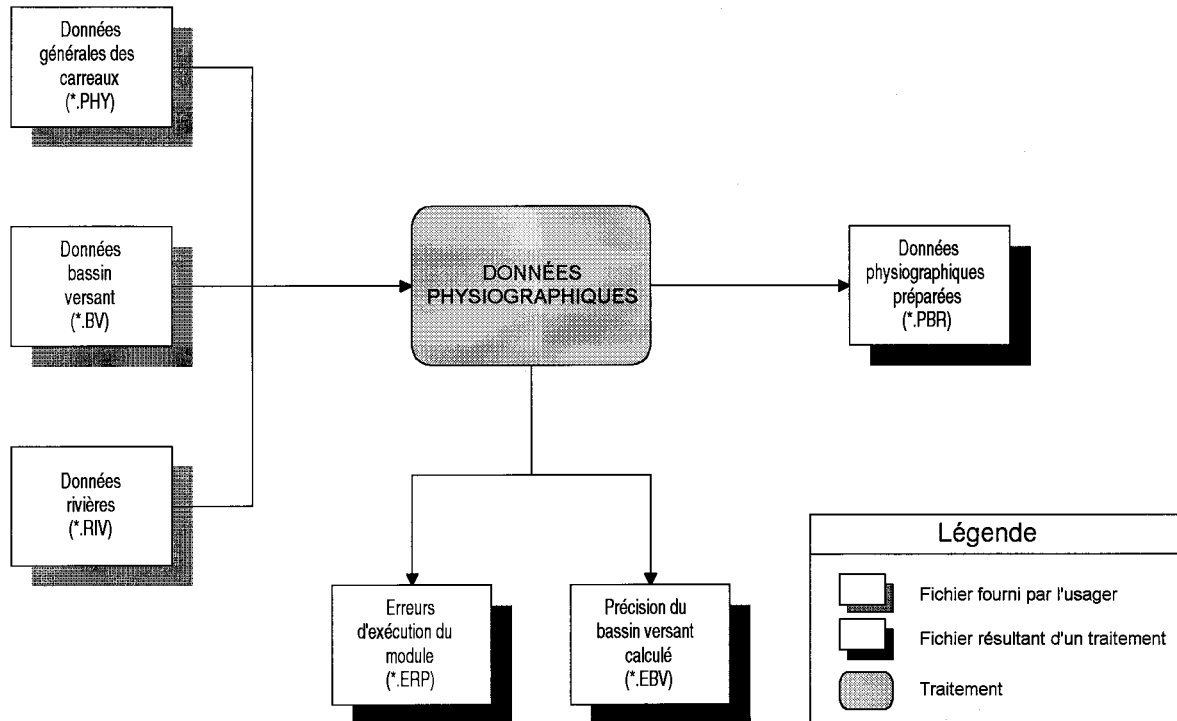


Figure 3.1 La préparation des données physiographiques

C'est à partir du fichier des données générales des carreaux entiers et du fichier des données du bassin versant 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 est optionnel; s'il n'est pas présent, les données des rivières seront calculées.

3.1 Données générales des carreaux - Utilisation des cartes topographiques

La synthèse de l'écoulement réalisée par le modèle Sigma 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; cependant, on a retenu le découpage en éléments carrés, et les données de drainage sont obtenues en subdivisant ces éléments suivant la ligne de partage des eaux.

Ces deux découpages permettent au modèle Sigma:

- 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 peut être produit à partir du logiciel PHYSITEL. Par contre, si on ne peut ainsi obtenir ce fichier (dans le cas où aucune donnée d'élévations compatibles avec PHYSITEL n'est disponible), on le créera à partir des cartes topographiques. Le fichier pourra être facilement réalisé en utilisant l'éditeur de données du programme Sigma (Section 2.2) et les feuilles de codification fournies à l'Annexe K.

3.1.1 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.

En principe, cela se traduit par la superposition d'une grille (Figure 3.2) délimitant les surfaces élémentaires que nous appellerons "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 25 à 75 carreaux entiers nous permet d'obtenir des résultats satisfaisants. Par exemple, si le bassin versant étudié a une superficie de 15 000 km², une grille dont les mailles mesurent 20 km de côté nous donne de 40 à 60 carreaux entiers, ce qui suffit dans la majorité des cas.

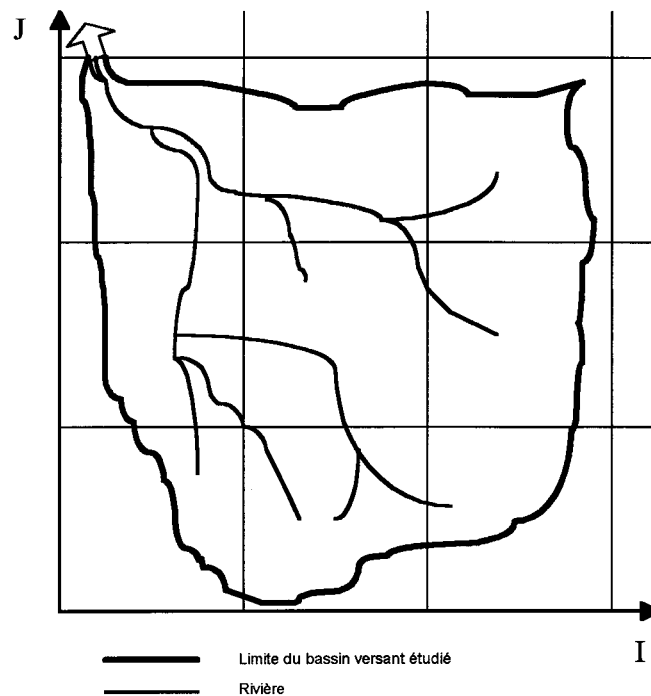


Figure 3.2 Création des carreaux entiers par superposition d'une grille sur le bassin versant étudié.

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.

3.1.2 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 3.3). Le modèle Sigma 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.

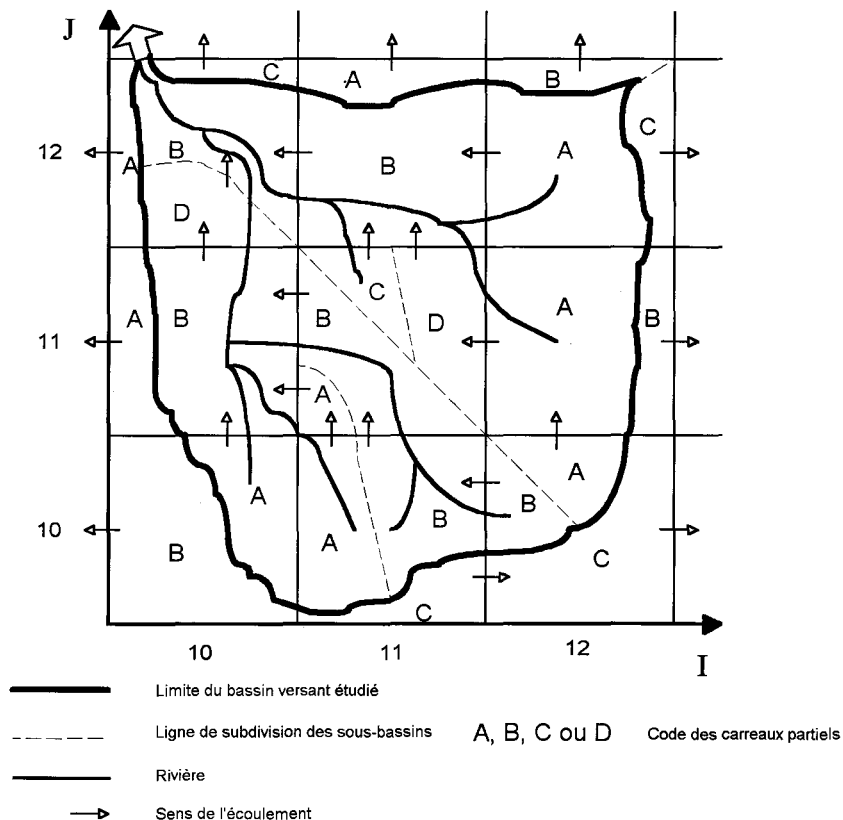


Figure 3.3 Subdivision des carreaux entiers en carreaux partiels en fonction des subdivisions de bassins.

Les informations à retenir pour chaque carreau partiel sont sa superficie et le sens de son écoulement. La codification de ces données a pour but de créer une banque (à l'aide du traitement 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 en utilisant les formats des feuilles de codification des données physiographiques générales des carreaux entiers (Figure 3.4).

VECTEUR	CARREAUX ENTIERS
Nom du vecteur	Surf. km ²
1	11
SURFCE	| | | | |

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. %	I	J	C o d e	Surf. %	I	J	C o d e	Surf. %	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	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|

Figure 3.4 Feuille de codification des données physiographiques générales des carreaux entiers

3.1.3 Le fichier des données générales des carreaux entiers

Chaque ligne d'information du fichier de données générales des carreaux 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 3.4 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 K). 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.

3.1.4 Exemple

Pour illustrer le mode de codification qui doit être respecté, le bassin versant illustré précédemment (Figure 3.3) est codifié au complet. Il sera également utilisé plus loin pour expliquer les sorties du traitement de préparation des données.

3.1.4.1 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 3.4) 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 3.3) varient de 10 à 12.

3.1.4.2 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 3.3, 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.

3.1.4.3 Codification des carreaux entiers et partiels

Un vecteur de codification (PHYDRACE), comme nous le voyons à la Figure 3.4, 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 3.5.

1) SURFCE

Le premier vecteur (SURFCE) indique que les carreaux ont une superficie de 25.00 km² (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 (colonne 24).

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.

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.

VECTEUR	CARREAUX ENTIERS
Nom du vecteur	Surf. km ²
1	11
SURFCE	2|5|.0|0

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. %	I	J	C o d e	Surf. %	I	J	C o d e	Surf. %	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	1|0	1|0	| |	2	1|0	1|1	B	|4|0	|9	1|0	A	|6|0	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	|0	|7|5	| |0	|7|6|0
PHYDRACE	1|0	1|1	| |	2	|9	1|0	A	|3|5	1|0	1|2	D	|6|5	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	|1	|6|0	| |0	|7|0|0
PHYDRACE	1|0	1|2	| |	4	|9	1|2	A	|2|0	1|0	1|3	A	|5|0	1|0	1|3	A	|1|0	1|0	1|2	B	|2|0	| |	|3	|5|0	| |0	|6|0|0
PHYDRACE	1|1	1|0	| |	3	1|1	1|1	A	|3|5	1|1	1|1	B	|4|5	1|2	1|0	C	|2|0	| |	| |	| |	| |	| |	|0	|8|0	| |1	|8|0|0
PHYDRACE	1|1	1|1	| |	4	1|0	1|1	B	| |3	1|0	1|1	B	|4|0	1|1	1|2	B	|2|5	1|1	1|2	B	|3|2	| |	|1	|6|8	| |1	|7|2|5
PHYDRACE	1|1	1|2	| |	2	1|1	1|3	A	|1|5	1|0	1|2	B	|8|5	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	|1	|4|7	| |0	|6|1|0
PHYDRACE	1|2	1|0	| |	3	1|2	1|1	A	|1|0	1|1	1|0	B	|1|0	1|3	1|0	A	|8|0	| |	| |	| |	| |	| |	|0	|8|0	| |0	|8|3|0
PHYDRACE	1|2	1|1	| |	2	1|1	1|1	D	|8|5	1|3	1|1	A	|1|5	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	|0	|7|1	| |0	|7|7|0
PHYDRACE	1|2	1|2	| |	3	1|1	1|2	B	|7|0	1|2	1|3	A	|1|5	1|3	1|2	A	|1|5	| |	| |	| |	| |	| |	|0	|6|6	| |0	|7|1|0
PHYDRACE	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |	| |

Figure 3.5 Codification des données physiographiques de l'exemple de la Figure 3.3

Une fois la feuille de codification remplie, on peut transférer l'information dans le fichier de données à partir de l'éditeur de Sigma (Section 2.2), tel que montré à la Figure 3.6.

Données physiographiques						
manuel.phy						
Editer	Enlever	Ajouter	Déplacer	Vérifier	Enregistrer	Terminer
SURFCE	25.00					
PHYDRACE	1010	21011B	400910A	60	0 75	0 760
PHYDRACE	1011	2 910A	351012D	65	1 60	0 700
PHYDRACE	1012	4 912A	201013A	501013A	101012B	20 3 50 0 600
PHYDRACE	1110	31111A	351111B	451210C	20	0 80 1 800
PHYDRACE	1111	41011B	31011B	401112B	251112B	32 1 68 1 725
PHYDRACE	1112	21113A	151012B	85	1 47	0 610
PHYDRACE	1210	31211A	101110B	101310A	80	0 80 0 830
PHYDRACE	1211	21111D	851311A	15	0 71	0 770
PHYDRACE	1212	31112B	701213A	151312A	15	0 66 0 710
EXECUTION						
Description du vecteur pointé						
SURFCE						
Commentaires du vecteur						
Vecteur obligatoire donnant la surface du carreau entier.						

Figure 3.6 Données générales des carreaux entiers à travers l'éditeur de Sigma

3.2 Données du bassin versant

3.2.1 Identification de l'exutoire

L'exutoire du bassin versant 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.

3.2.2 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 3.7).

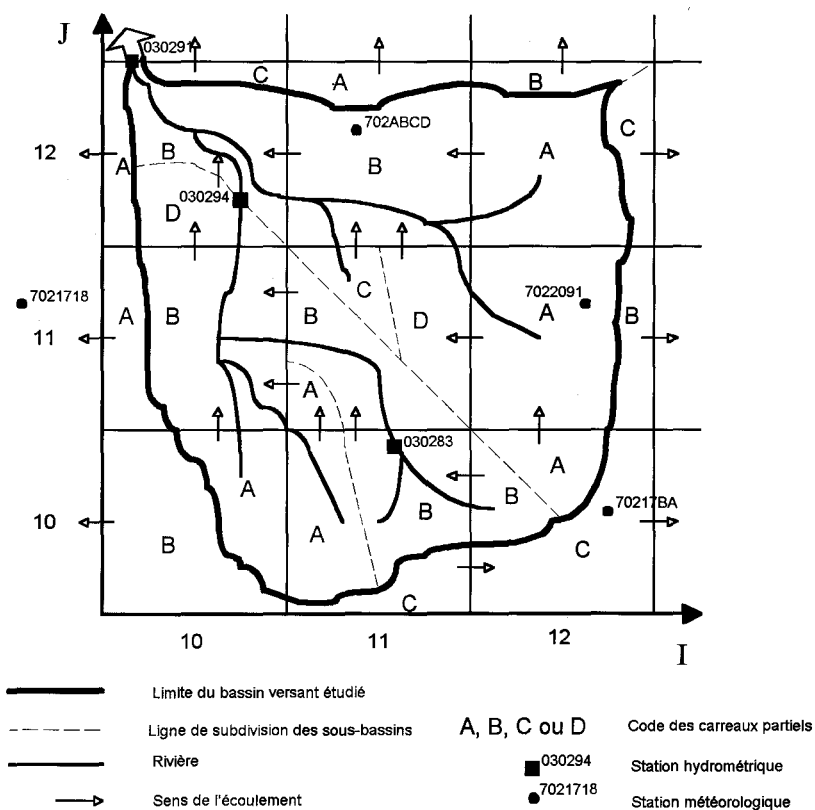


Figure 3.7 Schématisation de l'écoulement et des stations hydrométriques et météorologiques

3.2.3 Le fichier des données du bassin versant

Le fichier de données du bassin versant pourra être facilement créé en utilisant l'éditeur de Sigma (Section 2.2). On trouvera, dans ce fichier, les vecteurs suivant, dans l'ordre:

1) STAPRIN

Un premier vecteur 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.

2) STASEC

Un vecteur donnant le numéro des stations hydrométriques additionnelles sur le bassin versant (maximum 9).

S'il n'existe aucune station additionnelle on utilise un vecteur vierge.

3) STASECNO

Un vecteur donnant le nombre de stations hydrométriques additionnelles (maximum 9) et pour chaque station l'abscisse I, l'ordonnée J et le code du carreau partiel (A, B, C ou D) où sont situées ces stations.

S'il n'existe aucune station additionnelle on utilise un vecteur vierge.

4) AIRE

Un vecteur donnant la superficie, en km², des sous-bassins versants de la station à l'exutoire et des stations additionnelles.

5) POSTEMETEO

Pour chacune des stations météorologiques possibles sur le bassin versant, un vecteur en donnant les principales caractéristiques.

6) EXECUTION

Un vecteur obligatoire EXECUTION termine le groupe de vecteurs

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

3.2.4 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 3.7). 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) des stations ainsi que de l'exutoire du bassin étudié.

Les coordonnées des trois stations hydrométriques sont:

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

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

Les coordonnées des quatre stations météorologiques possibles sont:

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

La Figure 3.8 montre les données du bassin versant à l'aide de l'éditeur de Sigma.

Données du bassin versant												
manuel.by												
Editer	Enlever	Ajouter	Déplacer	Vérifier	Enregistrer	Terminer						
STAPRIN	10	12	B	030291								
STASEC	030294	030283		0	0	0	0	0	0	0	0	0
STASECNO	2	10	12D	11	10B	0	0X	0	0X	0	0X	0
AIRE	155.4	67.6	13.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POSTEMETEOSTATION AA				7021718	9	11	820.4	520	7130	4520	480	
POSTEMETEOSTATION BB				70217BA	12	10	980.4	560	7128	4519	740	
POSTEMETEOSTATION CC				7022091	12	11	688.3	620	7127	4520	470	
POSTEMETEOSTATION DD				702ABCD	11	12	772.1	528	7124	4522	238	
EXECUTION												
Description du vecteur pointé												
STAPRIN	I	---	---	J C1	NOSTA							
Commentaires du vecteur												
Vecteur obligatoire donnant les informations de la station réelle ou fictive de l'exutoire.												

Figure 3.8 Les données du bassin versant à travers l'éditeur de Sigma

3.3 Les données des rivières

3.3.1 Caractérisation d'un tronçon de rivière

En plus des données physiographiques des carreaux entiers telles qu'utilisées par le modèle de simulation de quantité, la mise en opération du modèle de simulation de qualité, exige les caractéristiques physiographiques du cours d'eau principal sur chaque carreau partiel.

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.

Le fichier des données des rivières pourra facilement être créé en utilisant l'éditeur de Sigma (Section 2.2). On trouvera, dans ce fichier, les vecteurs suivant, dans l'ordre:

1) **PHYRIV**

Un vecteur obligatoire donnant les caractéristiques physiographiques de la rivière principale sur chaque carreau partiel.

2) **EXECUTION**

Un vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs PHYRIVIER.

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

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 équation satisfaisantes pour le Québec, devront être vérifiées pour d'autres régions. Les équations retenues sont:

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

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

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

où:

LARG: Largeur du cours d'eau en mètre
SURFAM: Surface en amont en km²
PROF: Profondeur minimum en mètre.
LONG: Longueur du cours d'eau principal en km.
SURFCF: Superficie du carreau partiel en km²

3.4 Le traitement de préparation des données physiographiques

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

La Figure 3.1 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 3.5.5. 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.

3.4.1 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):

3.4.1.1 ERREUR DE SURFACE VECTEUR NO "x" CARREAU ENTIER "i-j"

où:

"x" est la xième carte 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.

**3.4.1.2 ERREUR DONNEES PHYSIOGRAPHIQUES VECTEUR NO "x"
POURCENTAGE DE LAC = "y"
POURCENTAGE DE FORÊT = "z"
POURCENTAGE DE MARAIS = "r"
CARREAU ENTIER "i-j"**

où:

"x" est la xième carte 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.

**3.4.1.3 ERREUR DE FLÈCHE VECTEUR NO "x"
CARREAU ENTIER "i-j"**

où :

"x" est la xième carte 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.

3.4.1.4 ERREUR "x" ENTREES DANS LE "y"

où:

"x" est le nombre de carreaux partiels entrant dans un carreau entier "y";

"y" donne les coordonnées du carreau entier sous la forme $(I \times 100) + J$, où il y a trop de carreaux partiels entrant.

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

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.

3.4.1.5 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 à D) du carreau partiel de l'exutoire du bassin.

Ce message peut avoir deux origines distinctes:

- 1) erreur sur le vecteur donnant le I-J et le code du carreau partiel de l'exutoire;
- 2) absence du vecteur donnant les paramètres physiographique et de drainage du carreau I-J.

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

3.4.1.6 ERREUR PLUS DE "x" CARREAUX PARTIELS

où:

"x" est le nombre maximal de carreaux partiels permis. Les dimensions actuelles de Sigma permettent 350 carreaux partiels.

Cette erreur peut avoir deux causes distinctes:

- 1) le bassin versant étudié est très grand et il y a effectivement plus de 350 carreaux partiels;
- 2) le bassin versant a moins de 350 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.

3.4.1.7 ERREUR PLUS DE "x" CARREAUX ENTIERS

où:

"x" est le nombre maximal de carreaux entiers permis. Les dimensions actuelles de Sigma permettent 200 carreaux entiers.

Cette erreur peut avoir deux causes distinctes:

- 1) le bassin versant étudié est très grand et il y a effectivement plus de 200 carreaux entiers;
- 2) le bassin versant a moins de 200 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.

3.4.1.8 ERREUR D'INTRODUCTION DES STATIONS HYDROMETRIQUES NOMBRE DE STATIONS TROUVEES = "x" NOMBRE DE STATIONS RÉELLES NSTAT = "y" NOMBRE DE CARREAUX PARTIELS = "z"

où :

"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 du vecteur STASECNO;

"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, Sigma liste tous les carreaux partiels retenus et les coordonnées I-J, ainsi que le code des stations.

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

3.4.1.9 ERREUR PLUS DE "x" STATIONS METEO

où :

"x" est le nombre maximal de stations météorologiques permis. Les dimensions actuelles de Sigma permettent 30 stations météorologiques.

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

3.5 Les données physiographiques préparées

Le fichier de données physiographiques (extension PBR), résultant de la préparation des données est formé de matrices qui seront utilisées par les modèles de simulations de quantité et de qualité Sigma. La Figure 3.9 illustre la configuration produite pour ces données .

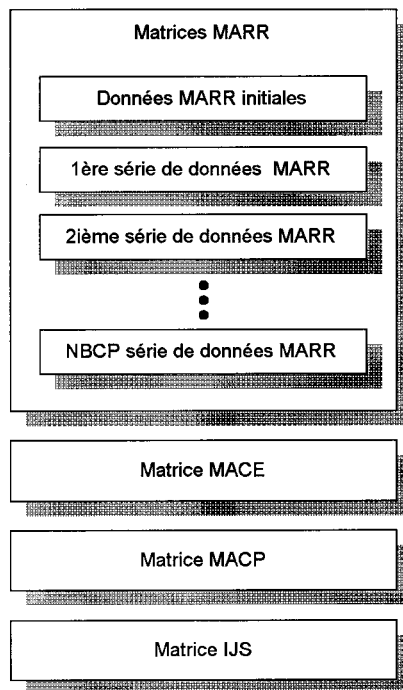


Figure 3.9 Schéma des matrices constituant le fichier des données physiographiques préparées (extension PBR).

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

Les termes MARR, MACE, MACP et IJS servent à désigner des séries de données.

3.5.1 Les matrices MARR

Les matrices MARR sont toujours dimensionnées à une ligne et 30 colonnes. Ils contiennent les données physiographiques et de drainage de chaque carreau partiel, sauf pour ce qui est des données MARR initial qui contient sur 3 lignes les informations générales du bassin versant étudié. La description de chaque élément de ces matrices est donnée à l'Annexe D.

3.5.2 La matrice MACE

La matrice MACE (MAtrice des Carreaux Entiers), dimensionnée à 200 lignes par 8 colonnes, contient les données pertinentes aux carreaux entiers. La matrice MACE est écrite et lue avec le nombre précis de carreaux entiers du bassin versant étudié, nombre qui doit être égal ou inférieur à 200.

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

3.5.3 La matrice MACP

La matrice MACP (MAtrice des Carreaux Partiels), dimensionnée dans les programmes actuels à 350 x 6, contient les données pertinentes aux carreaux partiels. Comme précédemment, cette matrice est écrite et lue avec le nombre précis de carreaux partiels du bassin versant étudié, nombre qui doit être égal ou inférieur à 350.

Dans le modèle Sigma, la matrice MACP est dimensionnée à 350 x 5. La sixième colonne de la matrice n'est pas utilisée dans la version actuelle du modèle Sigma.

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

3.5.4 La matrice IJS

La matrice IJS, dimensionnée à 30 x 9 dans les programmes actuels, contient les informations générales concernant les stations météorologiques disponibles dans la région du bassin versant étudié.

3.5.5 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 suivantes aux stations hydrométriques: 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 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 précisions plutôt que le fichier des données physiographiques préparées car l'information y est présentée plus clairement.

3.5.6 Exemple des résultats du programme

3.5.6.1 Vérification de la précision du bassin versant calculé

La Figure 3.9 montre le début du fichier de précision du bassin versant (extension EBV) calculé pour l'exemple de la Figure 3.3. 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 km²).

3.5.6.2 Les données MARR

Le tableau 3.1 montre les données MARR initial qui porte 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 un par carreau partiel du bassin versant étudié. Ces séries de données sont numérotés (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 Sigma. Par exemple, le vecteur STATIONFIC (Section 6.2.1) des paramètres du modèle Sigma 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 11-11-C et 12-10-A, nous donnerons les numéros 5 et 14.

Tableau 3.1 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 ENTIERS = 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	2500	1	0								
					1	2	13	0	0	0	0	0	0	0	4														
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

Reprenons maintenant la Figure 3.7 en y ajoutant les numéros de carreaux partiels et entier pour obtenir la Figure 3.10.

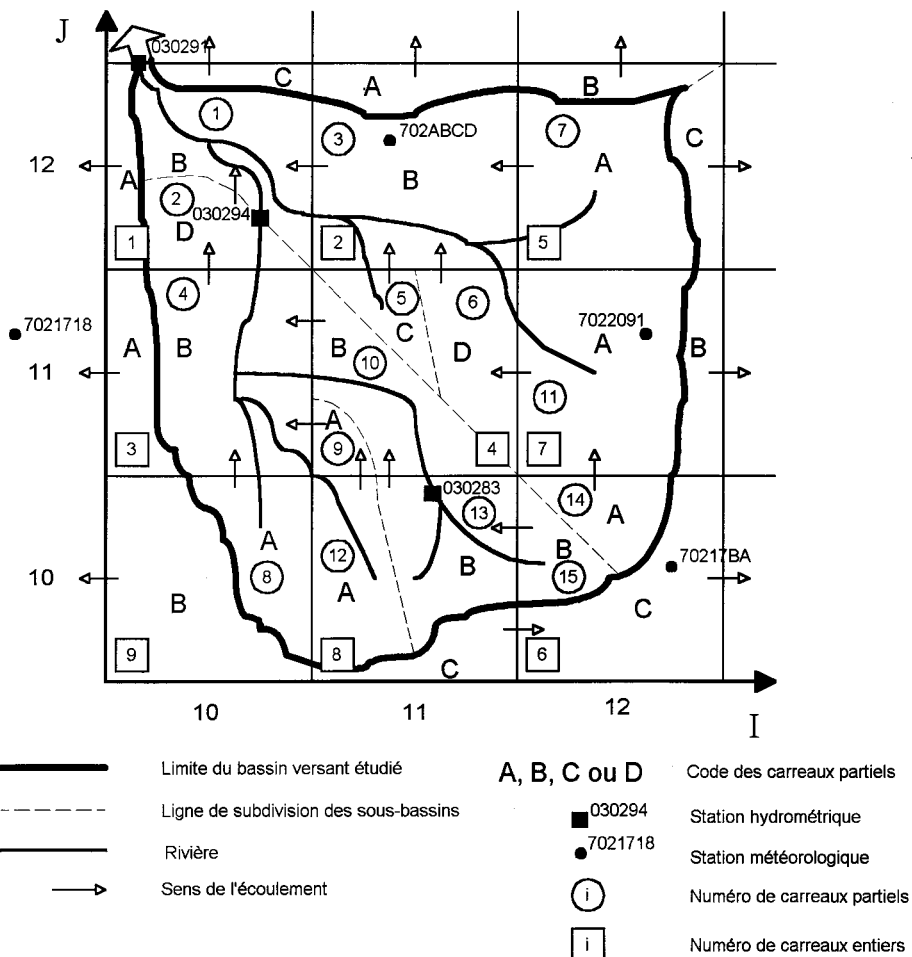


Figure 3.10 Numérotation des carreaux partiels et des carreaux entiers

Les chiffres encadrés sur la Figure 3.10 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.

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 Sigma 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 3.1, 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.

3.5.6.3 La matrice MACE

La suite du fichier des précisions des données physiographiques est montrée au tableau 3.2. 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.

Tableau 3.2 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	0	100	
2	1	47	0	660	0	0	0	0	100	
3	1	60	0	658	0	0	0	0	100	
4	1	68	1	703	0	0	0	0	100	
5	0	66	0	710	0	0	0	0	100	
6	0	75	0	746	0	0	0	0	100	
7	0	71	0	740	0	0	0	0	100	
8	0	80	1	781	0	0	0	0	100	
9	0	80	0	800	0	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

3.5.6.4 La matrice MACP

La matrice MACP, qui contient les informations relatives aux carreaux partiels, est montrée au tableau 3.2. Nous remarquons, en particulier, la cinquième colonne 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.

3.5.6.5 La matrice IJS

La matrice IJS, listée au tableau 3.2, 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 Sigma 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 LA 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 4.1 montre la structure détaillée de la préparation des données hydrométriques et météorologiques.

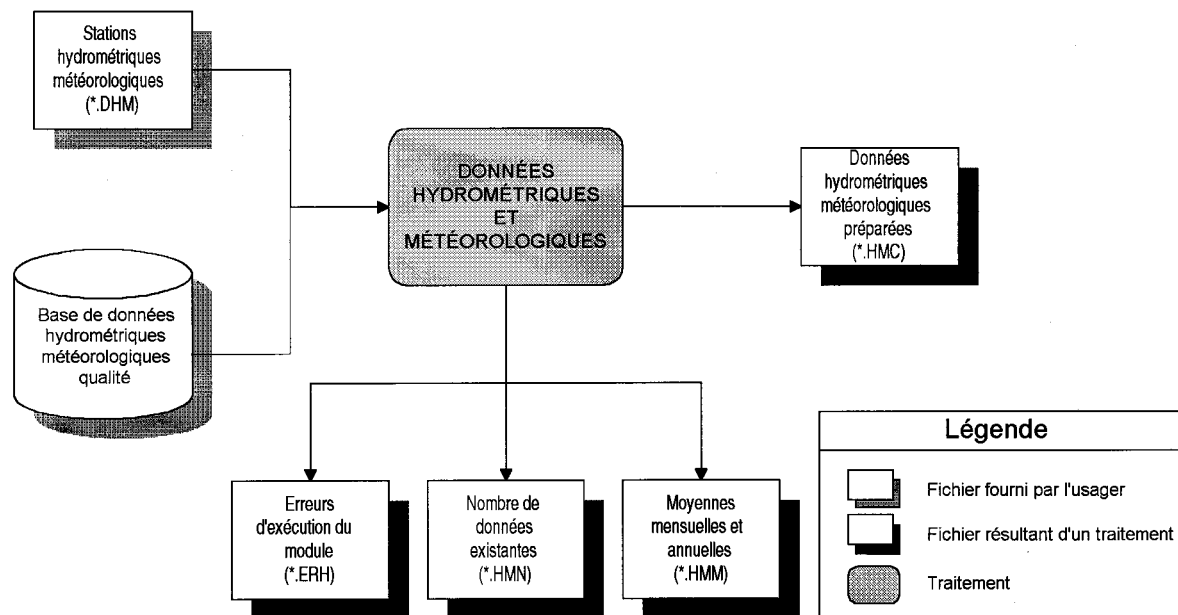


Figure 4.1 La préparation des données hydrométriques et météorologiques

4.1 Le fichier des stations hydrométriques et météorologiques

Le pas de temps des données que l'on veut obtenir dans le fichier des données hydrométriques et météorologiques 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 30 stations météorologiques et 10 stations hydrométriques (où il peut exister des barrages). En pratique, un minimum de trois stations météorologiques et d'une station hydrométrique est nécessaire.

On utilise généralement l'éditeur de données de SIGMA (Section 2.2) afin de créer le fichier des stations. 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...STAMET30**
Vecteurs induits 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 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...STADEB10**
Vecteurs induits 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 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.

4.2 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 données. 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.

4.2.1 Données météorologiques

Les fichiers de données météorologiques 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.

Un fichier de données météorologiques donne sur une première ligne le numéro de station et l'année avec le format (3X,A7,I5), puis quatre vecteurs de 366 valeurs fournissant les températures maximum, minimum la pluie et la neige. Le format est de (24I5) 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 -99 pour les températures et -1 pour les précipitations. Le fichier peut débuter et finir à n'importe quelle année.

4.2.2 Données hydrométriques

Les fichiers des données de débit contiennent les informations suivantes:

- numéro de station;
- année correspondante;
- débits moyens journaliers en m³/s.

Un fichier des débits donne sur une première ligne le numéro de station et l'année avec le format (3X,A7,I5) suivi 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 (10F8.2). 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.

Les fichiers des données de niveau (utilisées si des barrages sont considérés) contiennent les informations suivantes:

- numéro de station;
- année correspondante;
- niveaux moyens journaliers en m.

Le fichier des niveaux donne sur une première ligne le numéro de station et l'année avec le format (3X,A7,I5) suivi d'un vecteur de 366 valeurs fournissant les niveaux 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 (10F8.2). 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 niveaux.

4.3 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, les données servent alors à constituer le fichier des données préparées. Lorsqu'il y a absence de données, les séries 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 30 stations météorologiques et 10 sous-périodes différentes.

La Figure 4.1 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 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.

Finalement, le fichier des erreurs d'exécution (extension ERH) est généré afin de donner un compte rendu de l'exécution du module de préparation des données hydrométriques et météorologiques. 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.

Un fichier intermédiaire portant l'extension HM (non montré à la Figure 4.1), 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.

4.4 Les données hydrométriques et météorologiques préparées

Les informations hydrométriques et météorologiques sont écrites dans le fichier des données préparées (extension HMC) sous la forme de matrice selon l'ordre illustré à la Figure 4.2 et décrit plus loin.

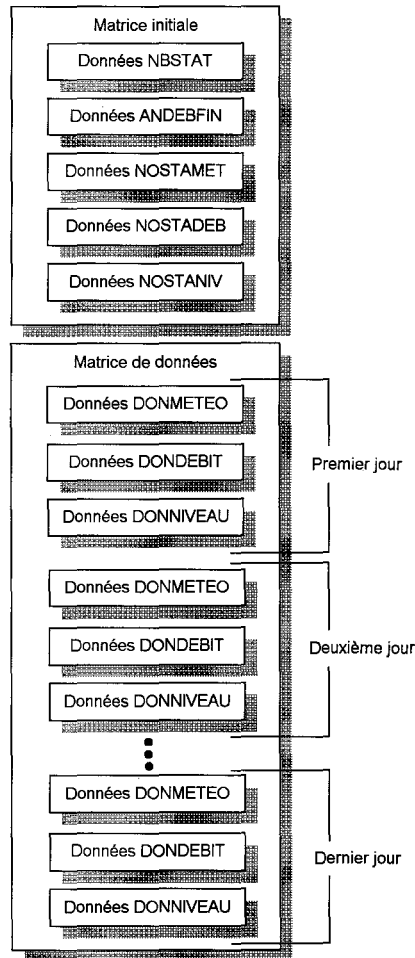


Figure 4.2 Schéma des matrices constituant le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC).

4.4.1 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.

4.4.1.1 Données générales NBSTAT

Cette série de données est dimensionnée à une ligne de quatre informations spécifiant le nombre de stations météorologiques, hydrométriques et de niveaux considérées.

4.4.1.2 Données de période ANDEBFIN

Cette série de données est dimensionnée à une ligne et deux informations, soit les années de début et de fin des données météorologiques préparées.

4.4.1.3 Données des stations météorologiques NOSTAMET

Cette série de données est dimensionnée à une ou plusieurs lignes (maximum 3) donnant les numéros des stations météorologiques utilisées pour la préparation des données.

4.4.1.4 Données des stations de débits NOSTADEB

Cette série de données est dimensionnée à une ligne et contient les numéros des stations hydrométriques utilisées.

4.4.1.5 Données des stations avec barrage NOSTANIV

Cette série de données est dimensionnée à une ligne et contient les numéros des stations donnant les niveaux journaliers des réserves d'eau pour les stations avec barrages réels (Section 6.3.4). S'il n'y a pas de station avec barrages réels, cette série de données n'existe pas.

4.4.2 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. Puisque chaque groupe présente de l'information journalière, on retrouve donc un groupe de ces trois séries de données pour chaque jour de données dans la période considérée, soit de l'année NAD à NAF. La première série de données DONMETEO fournit les températures maximales et minimales de l'air, les précipitations solides et liquides 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. S'il n'y a pas de stations avec barrage réel, la série de données DONNIVEAU n'existe pas.

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 séries de données de même longueur dont tous les éléments sont mis à zéro. Toutes les années de la période que l'on désire préparer doivent avoir 365 ou 366 groupes de trois séries de données. 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 une journée. La description détaillée de chaque élément de ces données est présentée à l'Annexe F.

4.4.2.1 Données météorologiques DONMETEO

Cette série de données est dimensionnée à une ou plusieurs lignes pour contenir quatre données pour chaque station météorologique: les températures maximale et minimale de l'air en dixième de degré centigrade et les précipitations solide et liquide en dixième de millimètres d'équivalent en eau.

4.4.2.2 Données hydrométriques DONDEBIT

Cette série de données est dimensionnée à une ligne et donne les débits à chaque station hydrométrique, en mètres cube par seconde.

4.4.2.3 Données hydrométriques DONNIVEAU

Cette série de données est dimensionnée à une ligne 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.

4.5 Exemples de données météorologiques et hydrométriques

Pour illustrer la formation du fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées, considérons les cas suivants:

Exemple 1: Dix stations météorologiques, 8 stations hydrométriques et 0 barrage de code 1. La banque est préparée pour les années 1972 à 1975, mais on ne 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.

```

-----
      40      10      8      0
      1972. 1975.
70219187022306702331270242637024623702462470273727027800702780070278027028906
30234. 30253. 30242. 30238. 30254. 30243. 30277. 30239.
-44 -17 -22 6 -6 -17 22 -10 -11 -6-344-228-333-289-289-233-261-278-272-256
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
 8.49 0.28 1.54 0.74 0.00 0.00 0.00 0.00 4.25
 0 0 6 6 0 6 0 2 0 0 -72 -78 -67 -67 -44 -78 -72 -68 -61 -72
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 160 86 76 152 51 79 43 107 122 112
 7.79 0.25 1.44 0.71 0.00 0.00 0.00 0.00 3.96
 0 -33 -11 -22 -6 -22 6 -15 -11 -33 -28 -56 -44 -50 -50 -44-117 -54 -39 -56
 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 25 0 0 0 0
 7.36 0.24 1.39 0.68 0.00 0.00 0.00 0.00 3.68
-----

```

Exemple 2: Douze stations météorologiques, 10 stations hydrométriques dont 4 sont des barrages de code 1, soit les stations 4,6,7 et 8. Notez que les niveaux journaliers des réserves des barrages doivent respecter l'ordre des stations hydrométriques. La banque est préparée pour les années 1975 à 1982, mais on ne montre ici que les trois premiers jours.

```

-----
      48      12      10      4
      1975. 1982.
70131007018564706CP097063560707045170704547070595707424070758007077570
70913057094275
50100. 50133. 50115. 50120. 50114. 50102. 50112. 50122. 50119. 50135.
 0. 0. 0. 50120. 0. 50102. 50112. 50122. 0. 0.
-30 -30 -30 -40 -30 -30 -30 -20 -30 -30 -30 -30-120 -70 -90 -90 -90 -90 -90 -80
-90 -90 -90 -90 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 13 5 10 15
 0 0 10 15 25 10 10 10
 0.00 782.00 719.00 75.60 578.00 53.50 535.00 456.00 13.00 18.70
 0.00 0.00 0.00 355.73 0.00 366.47 275.38 404.31 0.00 0.00
-60 -40 -77 -90 -77-120 -77 -60 -90 -77 -77 -77-120-110-142-180-142-180-142 -90
-170-142-142-142 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 15 0
 0 102 15 0 0 15 15 15
 0.00 731.00 677.00 75.30 580.00 53.20 496.00 456.00 12.70 18.30
 0.00 0.00 0.00 355.68 0.00 366.42 0.00 404.28 0.00 0.00
-40 -30 -58 -70 -58 -90 -58 -50 -70 -58 -58 -58-190-160-177-220-177-160-177-210
-120-177-177-177 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 76 66 103 107
203 51 103 114 104 103 103 103
 0.00 776.00 733.00 75.00 657.00 53.00 600.00 456.00 12.50 18.00
 0.00 0.00 0.00 355.64 0.00 366.36 0.00 404.25 0.00 0.00
-----

```

5 LA 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 5.1 montre la structure détaillée de la préparation du fichier des données de qualité de l'eau.

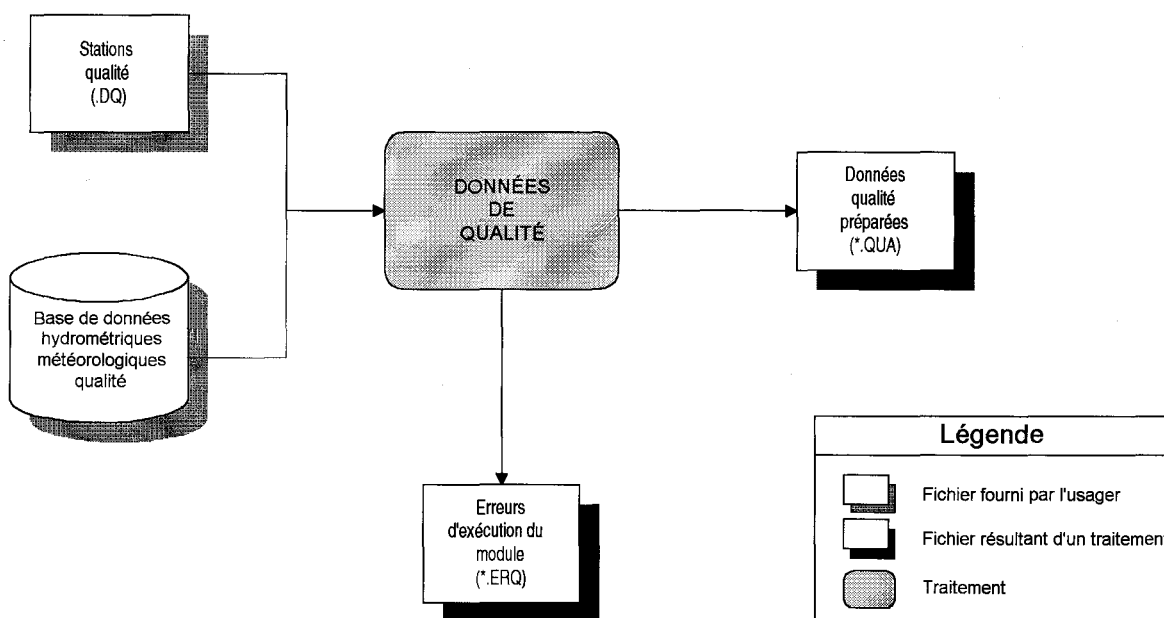


Figure 5.1 La préparation des données de qualité

5.1 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 SIGMA (Section 2.2) 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.

5.2 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.

5.2.1 Données de qualité

Les fichiers de données de qualité contiennent les informations suivantes:

- température de l'eau en rivière, en degrés Celsius (extension TEM),
- solides en suspensions, en ppm (extension SSU),
- oxygène dissous, en ppm (extension ODI),
- demande biochimique en oxygène, en ppm (extension DBO),
- solides dissous, en ppm (extension SDI),

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.TEM, NO1.SSU, ...NO1.SDI) et cinq fichiers pour la station numéro 2 (NO2.TEM, NO2.SSU, ...NO2.SDI). 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), suivi 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 débiter et finir à n'importe quelle année.

5.3 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 5.1 montre un autre fichier 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.

5.4 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 5.2 .

5.4.1 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.

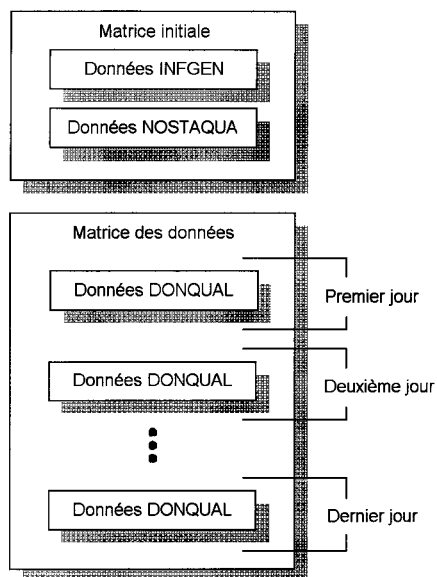


Figure 5.2 Schéma des matrices constituant le fichier des données de qualité préparées (extension QUA).

5.4.1.1 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 5.2.1. 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.

5.4.1.2 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).

5.4.2 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.

5.5 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
-----

```

6 LA SIMULATION DE QUANTITÉ

Le modèle hydrologique SIGMA 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. Le modèle SIGMA permet de calculer les débits aussi bien aux points de jaugeage qu'en n'importe quel autre endroit. 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. La deuxième partie concerne le transfert de 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 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 3. 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 4 contient les données météorologiques et hydrométriques aux stations disponibles dans la région étudiée.

Précisons enfin que le modèle SIGMA 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 SIGMA est montrée à la Figure 6.1.

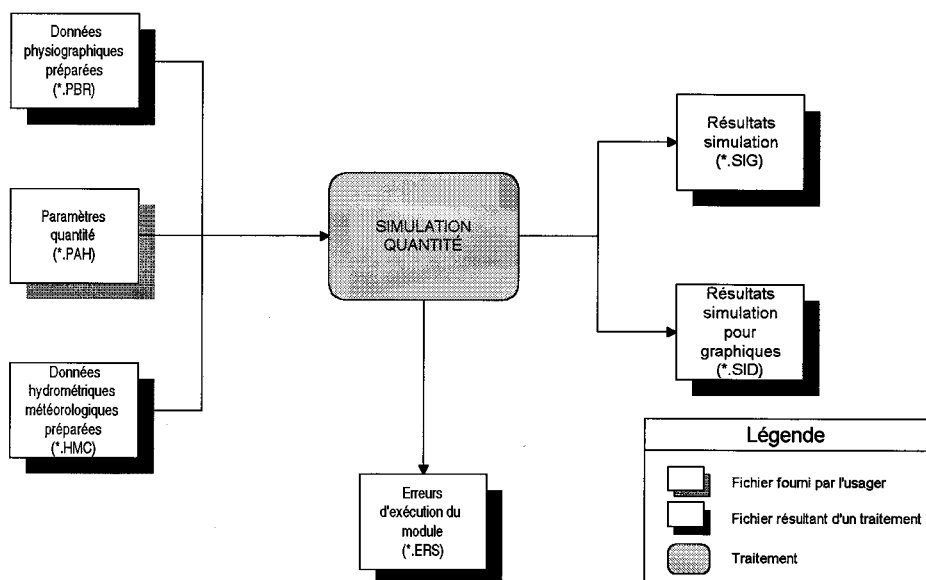


Figure 6.1 La simulation de quantité

6.1 Les données météorologiques

La fonction de production, qui est évaluée sur chaque carreau entier et à chaque jour, nécessite, en plus des données physiographiques, les données météorologiques journalières suivantes: 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 à 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).

6.1.1 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 journalières.

A partir des températures journalières aux stations, trois options sont possibles pour calculer les valeurs à chaque carreau entier:

a) Par régression

On détermine à chaque jour les termes d'une relation linéaire entre la température moyenne de l'air et l'altitude des stations météorologiques. Une fois cette relation connue, on en déduit la température moyenne sur le carreau à partir de son altitude. Cette méthode de calcul donne de bons résultats si le nombre de stations est suffisant pour que la relation entre la température moyenne de l'air et l'altitude soit significative.

b) 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.

c) Par pondération

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:

$$VT = \frac{1}{1/D_1 + 1/D_2 + 1/D_3}$$

$$F1 = VT/D1 \quad (6,1)$$

$$F2 = VT/D2$$

$$F3 = VT/D3$$

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. Si NTEMP = 1 et COET = 0, les températures sont calculées par régression. Si le gradient COET est égal à zéro et on ne veut pas faire l'estimation par régression, on donne dans ce cas une valeur très faible à COET (Ex. COET = 0.001) pour que le modèle choisisse la méthode polygone de Thiessen. Si NTEMP = 1 et COET \neq 0, les températures sont calculées par le polygone de Thiessen et corrigées en fonction de COET. Pour NTEMP = 3, COET peut être différent ou égal à zéro. La méthode de pondération des températures (NTEMP = 3) peut être utilisée seulement si l'on emploie la même méthode pour les précipitations.

6.1.2 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 journalières 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 d'altitude des trois stations utilisées.

c) Correction des précipitations

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 SIGMA 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 liés 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 sur-estime 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.

6.2 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 SIGMA par la présentation du sol sous forme de réservoirs communiquant entre eux à l'aide de relations mathématiques reproduisant, à l'échelle journalière, les différents transferts de masse (Figure 6.2).

*b0m0y101W

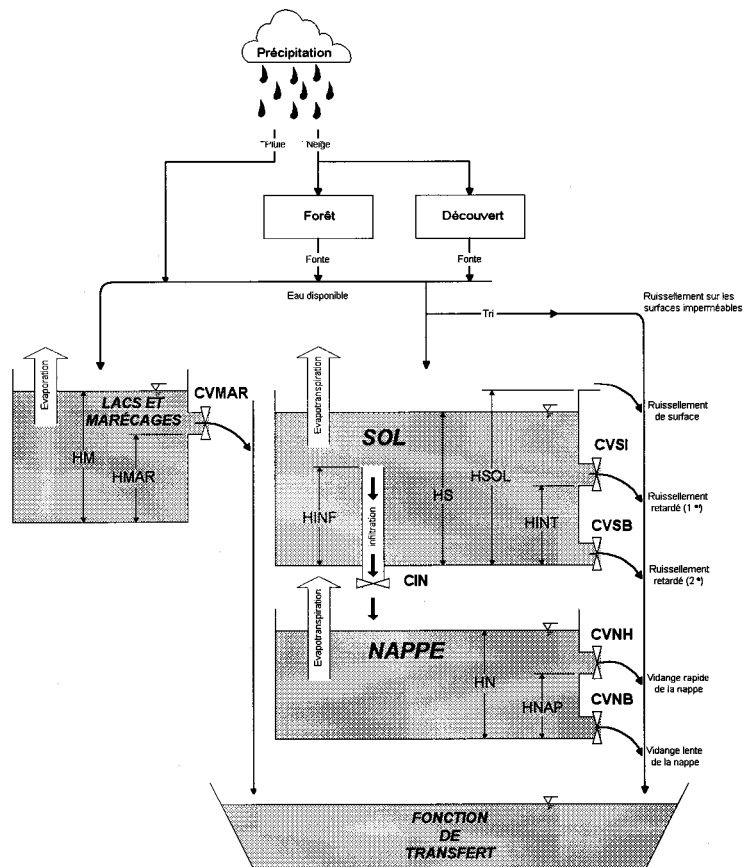


Figure 6.2 Schéma de production du modèle SIGMA

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 jour.

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.

6.2.1 Les paramètres et constantes du modèle SIGMA

La schématisation du sol sous forme de différents réservoirs (Figure 6.2) 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 6.1) utilisés par le modèle SIGMA 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.

Tableau 6.1 Paramètres et constantes intervenant dans le modèle SIGMA.

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			
Paramètres des réservoirs SOL-NAPPE-MARAIS				
CIN	●			coefficient d'infiltration du réservoir SOL au réservoir NAPPE
CVMAR	●			coefficient de vidange du réservoir LACS et MARÉCAGES
CVNB	●			coefficient de vidange du réservoir NAPPE (vidange basse)
CVNH	●			coefficient de vidange du réservoir NAPPE (vidange haute)
CVSB	●			coefficient de vidange du réservoir SOL (vidange basse)
CVSI	●			coefficient de vidange du réservoir SOL (vidange intermédiaire)
HINF	●			seuil d'infiltration vers le réservoir NAPPE
HINT	●			seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL
HMAR	●			seuil de vidange du réservoir LACS et MARÉCAGES
HNAP	●			seuil de vidange du réservoir NAPPE
HRIMP	●			hauteur de précipitation pour qu'il y ait ruissellement sur des surfaces imperméables
HSOL	●			hauteur du réservoir SOL
Paramètres régissant le fonte de neige				
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
Paramètres qui gouvernent l'évapotranspiration				
EVNAP	●			pourcentage d'évapotranspiration pris dans le réservoir NAPPE
HPOT	●			seuil de prélèvement de l'eau à taux potentiel
XAA		●		exposant de la formule de Thornthwaite
XIT		●		valeur de l'index thermique de Thornthwaite
Paramètre et constante du transfert				
EXXKT	●			paramètre d'ajustement du coefficient de transfert
ZN		●		temps de concentration du bassin
Paramètres et constantes divers				
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 l'évapotranspiration et pour la neige
JONEI	●			
XINFMA		●		infiltration maximale par jour
XLA		●		latitude moyenne du bassin versant
TRI		●		pourcentage de surface imperméable

6.2.2 Formation et fonte du stock de neige

La première étape de la fonction de production dans le modèle SIGMA 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.

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:

$$\begin{aligned}SNC_i &= SNC_{i-1} + PJN_i - TEC_i \\SND_i &= SND_{i-1} + PJN_i - TED_i\end{aligned}\tag{6,2}$$

où:

$SNC_i, SND_i, SNC_{i-1}, SND_{i-1}$: respectivement les stocks de neige en forêt et en clairière à la fin du jour i et 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 maximum de l'air sur un carreau entier est inférieure à un seuil que l'on fixe à l'aide du paramètre STRNE (vecteur obligatoire NEIGE), la précipitation liquide, si elle existe, est transformée 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"¹. Au début de la période de fusion, nous tenons compte de deux phénomènes principaux qui retardent la disponibilité immédiate de l'eau de fonte:

- 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 SIGMA. 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 fixe à l'aide du paramètre TTD (vecteur obligatoire NEIGE);

$$QNUI4 = QNUI4 \times TTD + TJE \times (1 - TTD) \quad (6,3)$$

- 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 SIGMA. 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).

$$QNUI3 = QNUI3 + \max(0, TJE - TTS) \quad (6,4)$$

Une fois les index QNUI3 et QNUI4 calculés, SIGMA 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.

¹ "Snow Hydrology". Corps of Engineers, Summary report of the snow investigation. North Pacific Division, Portland, Oregon, 1956.

Calcul de la fonte potentielle

La fonte potentielle à couvert et à découvert est estimée à l'aide des équations suivantes:

$$\begin{aligned} TEC_p &= TFC \times \max(0, TJE - TSC) \times HEURE \\ TED_p &= TFD \times \max(0, TJE - TSD) \times HEURE \end{aligned} \quad (6,5)$$

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:

$$HEURE = \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left(-\operatorname{tg} \left(\sin^{-1} \left(\frac{23,45 \times \pi}{180} \sin \left(\frac{2\pi}{365} (J - JONEI) \right) \right) \right) \operatorname{tg} XLA \right) \quad (6,6)$$

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 6.3.

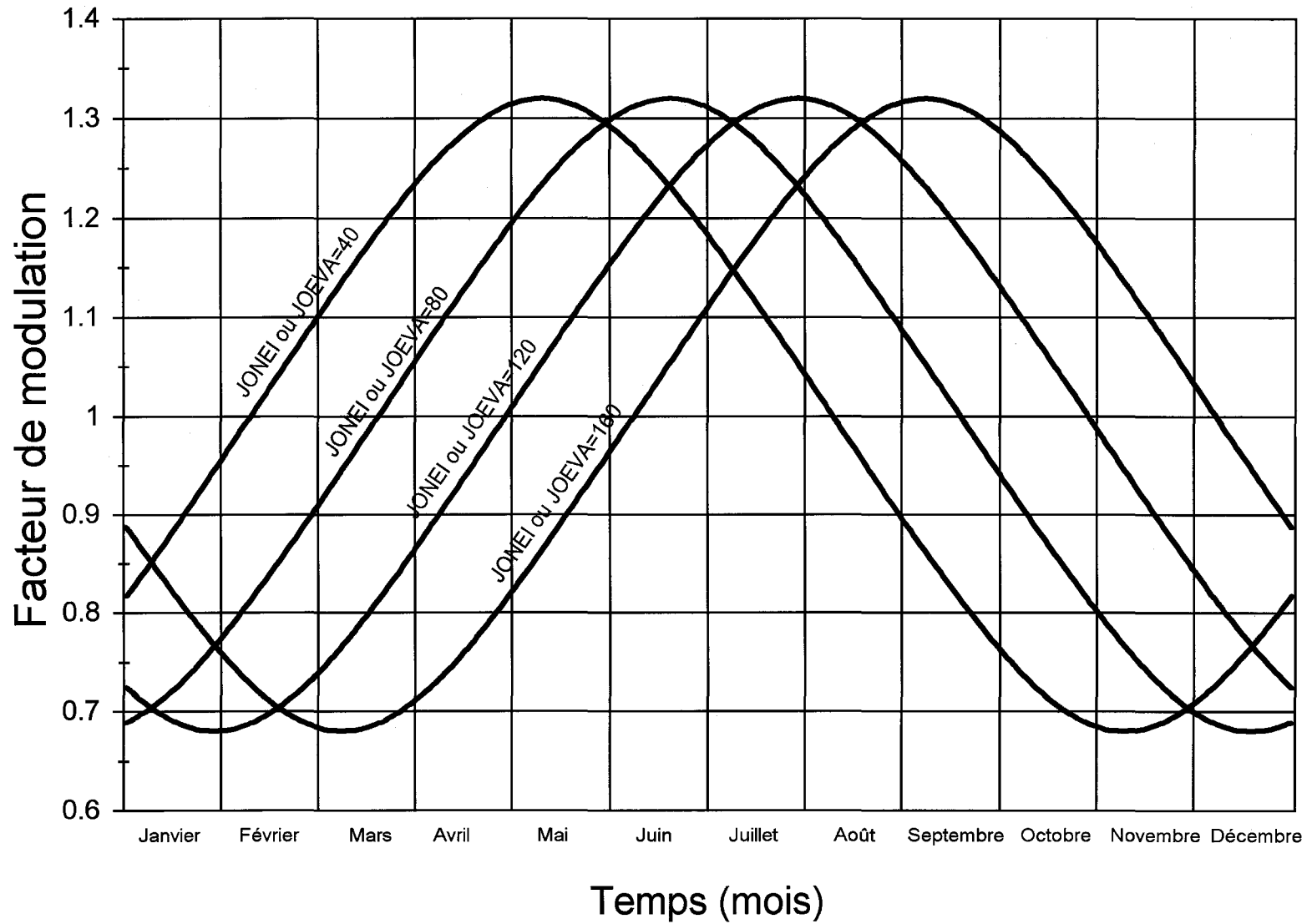


Figure 6.3 Facteur de modulation qui tient compte du rayonnement solaire potentiel pour la latitude moyenne de 47°.

Calcul de la fonte réelle

La fonte potentielle calculée à l'aide de l'équation 6.5 n'est disponible au sol que si l'index de mûrissement (QNUI3) 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 potentiels TEC_p et TED_p sont diminués; ces calculs sont faits par les équations suivantes:

$$TEC_r = TEC_p \times \min \left(1, \frac{QNUI3 \times TFC}{SNC + 1} \right)$$

$$TED_r = TED_p \times \min \left(1, \frac{QNUI3 \times TFD}{SND + 1} \right)$$
(6,7)

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 6.2), 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 jour de la période simulée.

6.2.3 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:

$$ETHORN = \frac{10}{30,4} \times 1,62 \left(\frac{10 \times TJE}{XIT} \right)^{XAA} \quad (6,8)$$

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:

$$XIT = \sum_{i=1}^{12} \left(\frac{TM_i}{5} \right)^{1,51} \quad (6,9)$$

$$XAA = 67,5 \times 10^{-8} XIT^3 - 77,1 \times 10^{-6} XIT^2 + 0,0179 XIT + 0,492$$

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 à la Figure 6.4 et à la Figure 6.5.

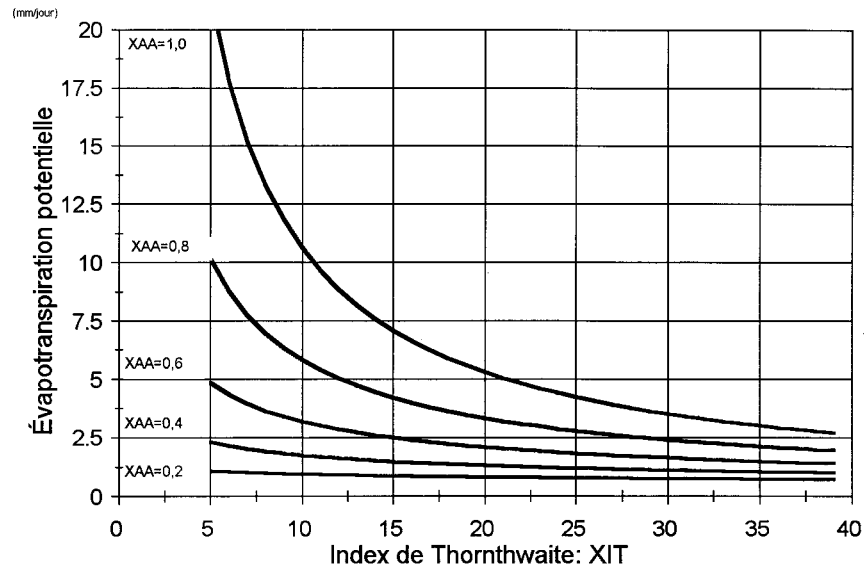


Figure 6.4 Évaporation potentielle journalière calculée avec la formule de Thornthwaite: effet de l'exposant XAA.

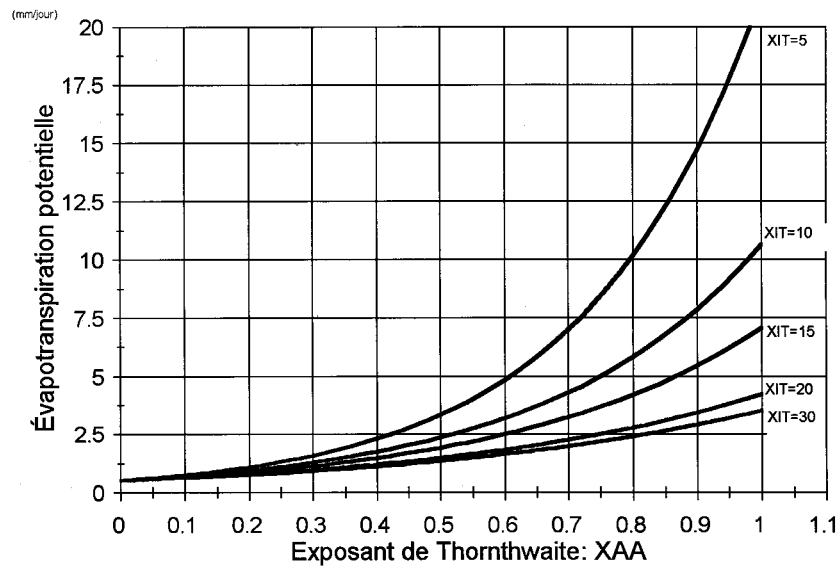


Figure 6.5 Évaporation potentielle journalière calculée avec la formule de Thornthwaite: effet de l'index XIT.

L'évapotranspiration potentielle est modifiée à l'aide du facteur HEURE1 qui tient compte du rayonnement solaire potentiel:

$$ETHORN = ETHORN \times HEURE1$$

$$HEURE1 = \frac{2}{\pi} \cos^{-1} \left(-tg \left(\sin^{-1} \left(\frac{23,45 \times \pi}{180} \sin \left(\frac{2\pi}{365} (J - JOEVA) \right) \right) \right) tg XLA \right) \quad (6,10)$$

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 6.3.

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 6.2): 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.

6.2.4 Bilan du réservoir SOL

Les écoulements verticaux dans le sol sont schématisés par un réservoir avec orifices (Figure 6.2). Le bilan de ce réservoir est fait pour chaque carreau entier et à chaque jour 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:

$$RIMP = \max(0, PCIMP(ICE) \times (PLUFON - HRIMP)) \quad (6,11)$$

$$EAUTER = PLUFON - RIMP$$

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 6.2.3) et l'infiltration XINF à l'aide des équations suivantes:

$$ETOT = ETHORN \quad ; HS \geq HPOT$$

$$ETOT = ETHORN \times HS / HPOT \quad ; HS < HPOT \quad (6,12)$$

$$XINF = TOINF(ICE) \times \max(0, HS - HINF)$$

$$XINF = \min(XINFMA, XINF) \times ARR27$$

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 I.1.5). Toute la lame d'eau, qui dépasse cette valeur, ruisselle et devient disponible pour le transfert en rivière:

$$RUISS = HS - HSOL \quad (6,13)$$

où:

RUISS : ruissellement de surface (mm);

1^{er} ruissellement retardé

Ce ruissellement se produit si la hauteur d'eau dans le réservoir est supérieure au seuil de l'orifice de vidange intermédiaire:

$$VIDINT = \max(0, (HS - HINT) \times CVSI) \quad (6,14)$$

où :

VINDINT : ruissellement retardé (mm);

HINT : seuil de vidange intermédiaire du réservoir SOL (lu sur le vecteur obligatoire SOL2, Annexe I.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 I.1.4);

2^{ième} ruissellement

Ce ruissellement est calculé par l'équation suivante:

$$VIDFON = (HS - VIDINT) \times CVSB \quad (6,15)$$

où :

VIDFON : ruissellement retardé (mm);

CVSB : coefficient de vidange basse du réservoir SOL (lu sur le vecteur obligatoire SOL1, Annexe I.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:

$$REST = (PRODU \times PCTERR) + (SLAMA \times PCEAU) \quad (6,16)$$

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 (m³) puis gardée dans le vecteur *PRODCE*:

$$PRODCE(ICE) = REST \times 10^{-3} \times CEKM2 \times 10^6 \quad (6,17)$$

où:

- CEKM2* : superficie d'un carreau entier en km².

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.

6.2.5 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;

$$\begin{aligned} SNAPH &= CVNH \times \max(0, HN - HNAP) \\ HN &= HN - SNAPH \\ SNAPB &= CVNB \times HN \end{aligned} \quad (6,18)$$

où :

- CVNH* : coefficient de vidange haute du réservoir NAPPE (lu sur le vecteur obligatoire SOL1, Annexe I.1.5);
- 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 I.1.5);
- CVNB* : coefficient de vidange basse du réservoir NAPPE (lu sur le vecteur obligatoire SOL1, Annexe I.1.5).
- SNAPH* : écoulements de la vidange haute du réservoir NAPPE.
- SNAPB* : écoulements de la vidange basse du réservoir NAPPE.

Le bilan du réservoir NAPPE est complété par:

$$\begin{aligned} HN &= HN + XINF - SNAPB \\ HN &= \max(0, HN - ETRNAP) \end{aligned} \quad (6,19)$$

où:

- XINF* : quantité d'eau infiltrée depuis le réservoir SOL vers le réservoir NAPPE (Section 6.2.4);
- ETRNAP* : évapotranspiration prise dans le réservoir NAPPE (Section 6.2.3).

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 est additionnée à la variable PRODU et est modulée comme on l'a vu précédemment (Equation 6.16).

6.2.6 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:

$$\begin{aligned}
 HM &= HM + PLUFON \\
 ETRLAC &= \min(ETRLAC, HM) \\
 HM &= HM - ETRLAC
 \end{aligned}
 \tag{6,20}$$

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:

$$\begin{aligned}
 SLAMA &= \max(0, (HM - HMAR) \times CVMAR) \\
 HM &= HM - SLAMA
 \end{aligned}
 \tag{6,21}$$

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 I.1.5);
- CVMAR* : coefficient de vidange du réservoir LACS et MARÉCAGES. Ce paramètre est lu sur le vecteur obligatoire SOL 1 (Annexe I.1.4).

Les niveaux d'eau du réservoir LACS et MARAIS de chaque carreau entier sont gardés dans le vecteur STOMAR.

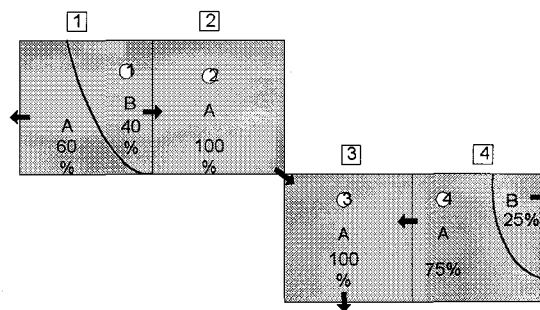
6.3 Fonction de transfert

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.

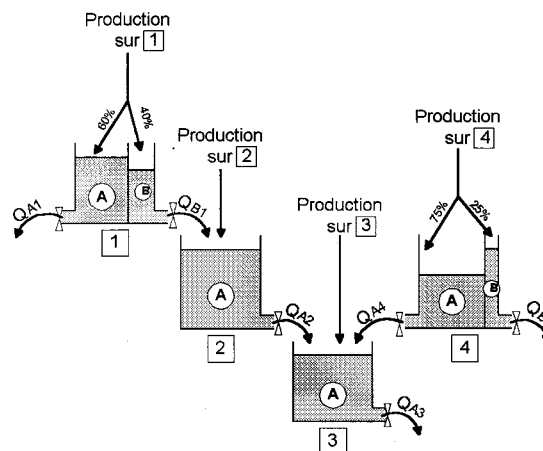
Le volume d'eau disponible sur un carreau partiel est obtenu en multipliant le volume produit sur le carreau entier par le pourcentage de superficie du carreau partiel considéré. Ce volume est ajouté aux volumes entrant dans ce carreau depuis le ou les carreaux partiels directement en amont. Le volume 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 6.6 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 SIGMA 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.



A) Vue en plan d'une partie du bassin



B) Schéma du transfert en rivière

Figure 6.6

Schématisation de la fonction de transfert.

6.3.1 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 :

$$v_i = XKT_i \times V_i \quad (6,22)$$

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 emmagasinement 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 km², par exemple, a peu d'influence sur l'onde de crue d'un bassin versant de 5 000 km². Si le bassin versant est de 100 km², ce lac devient très important. Le modèle SIGMA 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:

$$XKT_i = 1 - \exp \left(-\min \left(36, \frac{EXXKT \times RMA3}{\max (SL, SLAC)} \times \frac{100}{CEKM2} \right) \right) \quad (6,23)$$

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 Figure 6.7 et Figure 6.8, 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 (km²).

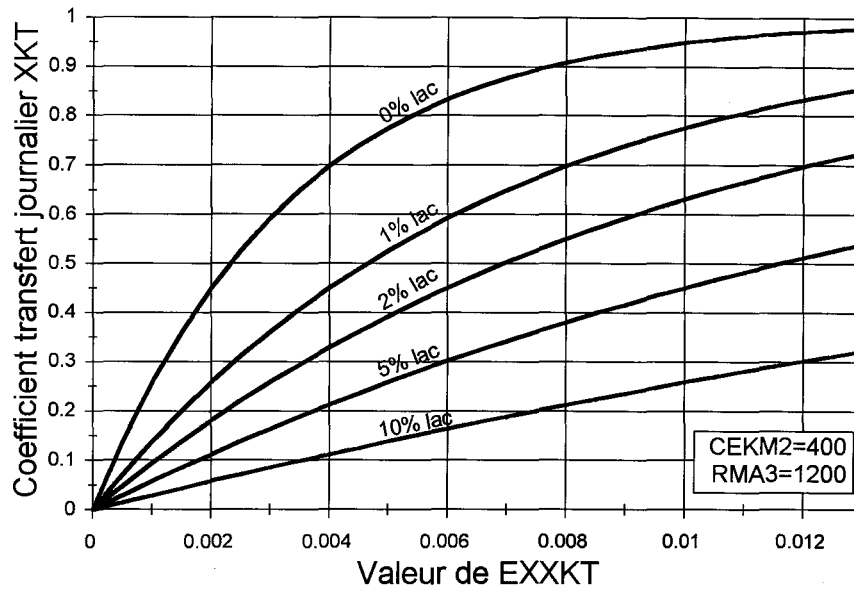


Figure 6.7 Variation du coefficient de transfert journalier suivant le paramètre EXXKT, pour différents pourcentages de lac sur carreau entier de 400 km².

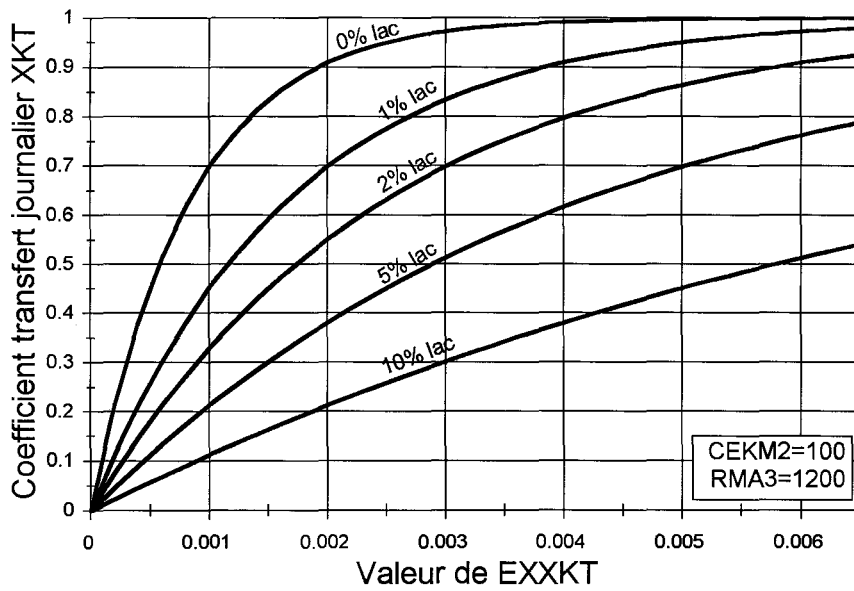


Figure 6.8 Variation du coefficient de transfert journalier suivant le paramètre EXXKT, pour différents pourcentages de lac sur un carreau entier de 100 km².

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 I.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. Dans le cas où 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:

$$XKT_i = 1 - (1 - XKT_i)^{1/NPJO} \quad (6,24)$$

6.3.2 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'emmagasinement 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, les relations entre cote et emmagasinement et entre débit et emmagasinement 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 I.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 I.2.2);
- 3) donner les paramètres des polynômes à l'aide des vecteurs induits NIVEAU et DEBIT (Annexe I.3.1 et Annexe I.3.3).

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 I.2.11).

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.

6.3.3 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 situent 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 I.2.18). 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.

6.3.4 Opération avec barrage

Le modèle SIGMA 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 I.2.2).

La procédure et les calculs nécessaires pour la prise en compte des barrages par le modèle SIGMA peuvent être suivis à l'aide de l'exemple de la Figure 6.9.

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:

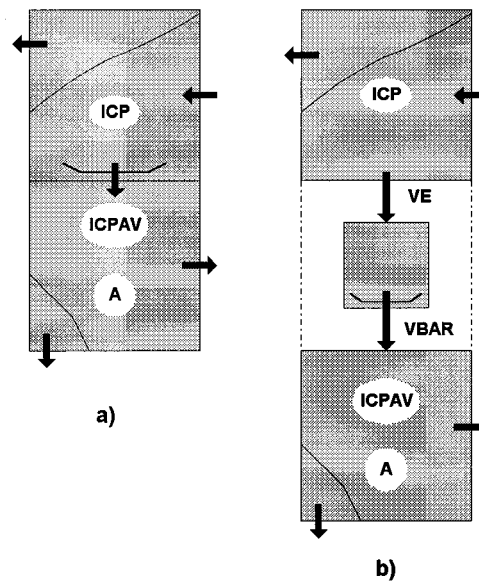


Figure 6.9 Schématisation de la prise en compte des barrages par le modèle SIGMA.

- Le transfert en rivière depuis le carreau ICP amène dans le barrage, par pas de temps, un apport VE;

$$VE = XKT_{ICP} \times VOLCP_{ICP} \quad (6,25)$$

où:

VE : écoulement dans le réservoir depuis le carreau partiel ICP (m^3);

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 I.2.11);

$VOLCP_{ICP}$: 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 la 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'emmagasinement" dont les paramètres sont introduits par le vecteur induit DEBIT (Annexe I.3.3). Ce débit est ensuite transformé en volume selon le pas de temps du transfert.

- Le bilan du réservoir est fait par:

$$VOLEMM_{IST} = VOLEMM_{IST} + \frac{(VE - VBAR)}{10^6} \quad (6,26)$$

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 ($KODBAR = 0$);

b) barrage fictif (KODBAR = 2)

On introduit sur le bassin versant un ou des 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 6.3.5), 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 6.3.6) de même qu'un débit fixe de turbinage. Ceci est fait par les vecteurs facultatifs CONTRAINTE et TURBINAGE (Annexe I.2.10 et Annexe I.2.23).

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 I.2.2).

6.3.5 Méthode de Goodrich¹

La méthode de Goodrich permet de calculer les débits évacués d'un barrage fictif (KODBAR = 2). Pour un réseau, l'équation de continuité peut s'écrire:

$$V_2 - V_1 = (\bar{I} - \bar{O}) \Delta t \quad (6,27)$$

où:

V_1, V_2 : volume emmagasiné au début et à la fin du pas du temps;

¹ Goodrich, R.D. (1931). "Rapid calculation of reservoir discharge". Civil Engineering, 1: 417-418.

Δt : intervalle de temps;

T : débit moyen entrant;

\bar{O} : débit moyen sortant.

On suppose que le pas de temps Δt permet d'estimer \bar{O} par:

$$\bar{O} = \frac{1}{2} (O_1 + O_2) \quad (6,28)$$

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.

L'équation de continuité peut alors être mise sous la forme:

$$\begin{aligned} \frac{2V_2}{\Delta t} + O_2 &= \frac{2V_1}{\Delta t} - O_1 + 2\bar{T} \\ \frac{2V_2}{\Delta t} + O_2 &= \alpha \end{aligned} \quad (6,29)$$

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 3.4.3, Annexe I.3.3):

$$O_2 = f\left(\frac{V_2}{10^6}\right) \quad (6,30)$$

La fonction f est un polynôme de degré inférieur ou égal à 4, entre le débit sortant (m^3/s) et le volume emmagasiné (millions de m^3).

La combinaison des deux dernières équations donne:

$$\frac{2V_2}{\Delta t} + f\left(\frac{V_2}{10^6}\right) - \alpha = 0 \quad (6,31)$$

Le problème se ramène à la détermination de la racine de l'équation $g(x) = 0$

où:

$$g(x) = \frac{2x}{\Delta t} + f\left(\frac{x}{10^6}\right) - \alpha \quad (6,32)$$

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:

$$a = V_1 + \bar{I} \cdot \Delta t \quad (6,33)$$

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:

$$b = V_1 - O_1 \cdot \Delta t \quad (6,34)$$

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 $g(b)$.

6.3.6 Opération de barrage avec contrainte

La seule contrainte admise présentement par SIGMA 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 évacuable, 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:

- $F(V + VE) \leq COTMAX$: 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 ($VBAR = 0$);
- $F(V + VE - VBAR) > COTMAX$: 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 ($VBAR = VBARMA$);
- 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 $VBAR = VBARMA$ et $VBAR = 0$, à partir de l'équation implicite $F(V + VE - VBAR) = COTMAX$.

6.3.7 Simulations diverses

Le modèle permet le choix de nombreuses options qui ne nécessitent pas d'explications particulières pour la compréhension et qui ne sont pas citées dans ce chapitre; cependant, la Section 6.5, qui décrit tous les vecteurs de données pouvant être lues par le modèle SIGMA, spécifiera ces options en décrivant les paramètres lus sur ces vecteurs.

6.4 Calage du modèle

L'application du modèle SIGMA à un bassin versant nécessite l'ajustement de paramètres pour que le modèle reproduise le mieux possible les débits observés. L'ajustement des paramètres du modèle SIGMA se fait 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 apportés 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.

6.4.1 Premier essai

Pour obtenir une première simulation, on doit préparer le fichier des paramètres et options de simulation (Section 6.5). 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 hydrologique 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 l'exemple de la Section 6.7.

6.4.2 Analyse des résultats

La vérification de l'ajustement du modèle se fait par l'analyse des résultats numériques et graphiques.

a) Analyse des résultats numériques

Pour chacune des stations hydrométriques du bassin versant étudié, et pour chaque année simulée, le modèle SIGMA calcule:

- la lame annuelle des débits observés et calculés;
- les lames mensuelles des débits observés et calculés;
- le débit journalier maximal observé et maximal calculé;
- le débit journalier minimal observé et minimal calculé;

Afin de quantifier la précision des résultats, le modèle calcule également deux critères d'ajustement:

- le coefficient de corrélation, défini par:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (q_{ci} - \bar{q}_c) (q_{oi} - \bar{q}_o)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (q_{ci} - \bar{q}_c)^2 \sum_{i=1}^n (q_{oi} - \bar{q}_o)^2}} \quad (6,35)$$

où:

q_{ci} et q_{oi} : débits calculé et observé du jour i ;

\bar{q}_{ci} et \bar{q}_{oi} : moyennes respectives de q_{ci} et q_{oi} sur les n jours servant au calcul du coefficient;

Le coefficient de corrélation varie entre -1 et +1. Il indique surtout la covariance entre les valeurs calculées et observées. Il est sensible aux déphasages. En effet, une valeur élevée de R peut signifier simplement un comportement homothétique des deux populations;

- le coefficient de Nash¹ (NTD), défini par:

$$NTD = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (q_{ci} - q_{oi})^2}{\sum_{i=1}^n (q_{oi} - \bar{q}_o)^2} \quad (6,37)$$

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} . A mesure que la différence entre les débits calculés et observés s'accroît, le coefficient décroît et peut même devenir négatif.

A la fin de la simulation, le modèle calcule pour chacune des stations hydrométriques. Les

¹ Nash, J.E. and Sutcliffe, J.V. (1970). "Riverflow forecasting through conceptual model". Journal of Hydrology, 10: 282-290.

débits observés et les débits simulés classés.

b) Analyse des résultats présentés sur graphique

Le modèle met en graphique, pour chaque jour simulé, les débits observés et les débits calculés pour chacune des stations hydrométriques du bassin versant. L'analyse de ces graphiques permet d'évaluer année par année, le synchronisme, les crues et les étiages des débits simulés par rapport aux caractéristiques similaires des débits observés.

Finalement, trois graphiques par station hydrométrique sont tracés. Ils ont pour but de permettre d'évaluer l'ensemble de la période simulée. Le premier graphique montre les débits moyens mensuels calculés en fonction des débits observés. L'analyse de ce graphique, par rapport à une droite à 45° qui part de l'origine, nous permet de déceler si les débits simulés sont systématiquement trop élevés ou trop faibles. Le second graphique utilise la même présentation mais avec les débits journaliers observés et calculés maximaux pour chacun des mois. Le troisième graphique fournit, pour les débits observés et calculés, les courbes des débits classés.

6.4.3 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, peuvent également être modifiés.

La lame annuelle des débits calculés dépend également des données de précipitation. Si des études sur la qualité des données nous 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.

6.5 Les paramètres du modèle

L'ordre général des vecteurs du fichiers des paramètres et options du modèle (extension PAH) est montré à la Figure 6.10.

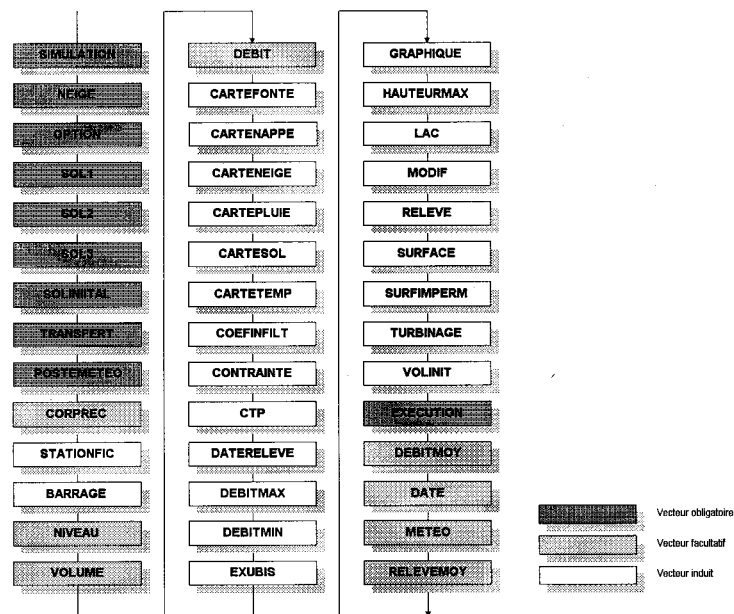


Figure 6.10 Ordre général des vecteurs du fichier des paramètres et options du modèle.

Ce fichier peut être facilement créé en utilisant l'éditeur de données de SIGMA (Section 2.2). 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 le fichier des paramètres, consultez le Section 1.3 .

6.5.1 Les vecteurs obligatoires

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée aux Annexes I.1.1 à I.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 vidage 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.

6.5.2 Les vecteurs facultatifs

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée aux Annexes I.2.1 à I.2.24.

- 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) **CARTEFONTE**
Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire imprimer une carte du bassin versant, représentant sur chaque carreau entier la fonte (mm).
- 4) **CARTENAPPE**
Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire imprimer une carte du bassin versant, représentant sur chaque carreau entier la hauteur d'eau (mm) dans le réservoir NAPPE.
- 5) **CARTENEIGE**
Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire imprimer une carte du bassin versant, représentant sur chaque carreau entier l'équivalent en eau moyen (mm) du stock de neige au sol, calculé à partir des valeurs en clairière et en forêt, pondérées suivant le pourcentage de superficie de ces deux zones.
- 6) **CARTEPLUIE**
Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire imprimer une carte du bassin versant, représentant sur chaque carreau entier la précipitation liquide (mm).
- 7) **CARTESOL**
Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire imprimer une carte du bassin versant, représentant sur chaque carreau entier la hauteur d'eau (mm) dans le réservoir SOL.
- 8) **CARTETEMP**
Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire imprimer une carte du bassin versant, représentant sur chaque carreau entier la température (°C).
- 9) **COEFINFILT**
Ce vecteur permet de définir les coefficients d'infiltration particulier du réservoir SOL vers le réservoir NAPPE.
- 10) **CONTRAINTE**
Ce vecteur permet de spécifier les cotes à atteindre certains jours pour les barrages fictifs de code 2 (voir vecteur facultatif BARRAGE).
- 11) **CTP (Coefficient de Transfert Particulier)**
Vecteur donnant les coefficients de transfert particulier.

- 12) **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.
- 13) **DEBITMAX**
Non utilisé dans la version actuelle.
- 14) **DEBITMIN**
Non utilisé dans la version actuelle.
- 15) **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.
- 16) **GRAPHIQUE**
Non utilisé dans la version actuelle.
- 17) **HAUTEURMAX**
Ce vecteur définit la hauteur maximale possible d'emmagasinement pour les barrages de code 1 (vecteur facultatif BARRAGE).
- 18) **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.
- 19) **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.
- 20) **RELEVE**
Ce vecteur permet d'initialiser en début de simulation, et de chaque nouvelle période, les stocks de neige à chacune des stations météorologiques.
- 21) **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 préparés et le vecteur STATIONFIC.
- 22) **SURFIMPERM**
Vecteur donnant la fraction de surface imperméable des carreaux entiers.
- 23) **TURBINAGE**
Ce vecteur permet de spécifier les débits journaliers constants qui doivent être évacués des barrages.

24) VOLINIT (VOLume INITial)

Ce vecteur permet d'initialiser les volumes emmagasinés dans les barrages au premier jour de simulation.

6.5.3 Les vecteurs induits

La description complète des informations contenues sur chacun de ces vecteurs est donnée aux Annexes I.3.1 à I.3.8.

1) NIVEAU

Ce vecteur est induit par la vecteur facultatif BARRAGE, lorsque ce dernier comporte des barrages de code 1 ou 2.

2) VOLUME

Ce vecteur est employé lorsque le code du barrage correspondant vaut 1. Il doit toujours suivre le vecteur induit NIVEAU.

3) DEBIT

Ce vecteur est employée lorsque le code du barrage correspondant vaut 2. Il doit toujours suivre le vecteur induit NIVEAU.

4) DATE

La présence de ce vecteur est rendue nécessaire si, sur le vecteur obligatoire OPTION, le paramètre KODSIM vaut 1. Il permet de fixer la date ou les données météorologiques sont lues sur les vecteurs METEO.

5) 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).

6) RELEVEMOY

Ce vecteur permet de réajuster l'équivalent en eau du manteau nival sur une partie ou l'ensemble du bassin versant.

7) METEO

Ce vecteur contient les informations météorologiques journalières pour l'intervalle de temps défini sur le vecteur induit DATE.

8) 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.

6.6 Les messages d'avertissement et 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, trois types de messages peuvent être produits:

- a) certaines options sont soit inconsistantes, soit d'usage très particulier. Le programme imprime un message d'avertissement "... ATTENTION etc ...", puis s'exécute normalement;
- b) certains vecteurs sont erronés. Le programme imprime 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 imprime un message et s'arrête aussitôt.

Dans chaque cas, le message imprimé indique la cause de l'erreur et donne, entre parenthèse, le nom du programme ou du sous-programme qui a détecté l'erreur et le paragraphe du manuel où l'on peut trouver des informations supplémentaires sur les causes de l'erreur.

6.6.1 Les messages d'avertissement

6.6.1.1 ATTENTION (DANS SIGMA), CARREAUX NON CONFORMES

Ce message apparaît lorsqu'on tente d'utiliser les vecteurs facultatifs CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP sur un bassin dont les carreaux ne sont pas conformes. Ceci ne s'applique que si l'on a utilisé les données de la banque "Hydrologic Square Grid System" pour la formation des banques physiographiques et de drainage. Dans ce cas, les vecteurs précédents sont ignorés.

6.6.1.2 ATTENTION (DANS ECRIRE), COEFFICIENT D'INFILTRATION VARIABLE

Ce message signifie simplement que les vecteurs facultatifs COEFINFILT ont été utilisés. Les valeurs des coefficients seront imprimées ultérieurement.

6.6.1.3 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 6.3.4). Toutefois, ce coefficient étant calculé automatiquement, cela peut ne pas être le cas.

Le programme imprime 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.

6.6.1.4 ATTENTION (DANS AMORCE), MODIFICATION DE LA BANQUE MÉTÉO

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.

6.6.1.5 ATTENTION (DANS SIGMA), 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).

6.6.1.6 ATTENTION (DANS ZONAGE), PAS DE CARTOGRAPHIE, BV TROP GRAND

L'impression des différents réservoirs, sous forme de carte du bassin versant, à l'aide des mots-clés CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP n'est pas possible.

En effet, le modèle vérifie l'inégalité suivante, avant d'imprimer les cartes:

$$(IMAX - IMIN + 1) * (JMAX - JMIN + 1) \leq 700$$

où IMIN, IMAX, JMIN et JMAX représentent les valeurs maximales des coordonnées des carreaux entiers du bassin dans le système d'axes I et J. Le nombre 700 découle du dimensionnement du programme.

Ce message apparaît lorsque le bassin versant est trop grand, et également quand les carreaux entiers ne sont pas conformes.

6.6.1.7 ATTENTION (DANS ECRIRE), POURCENTAGE DE SOL IMPERMÉABLE VARIABLE

Ce message signifie simplement que les vecteurs facultatifs SURFIMPERM ont été utilisés. Les pourcentages seront imprimés ultérieurement.

6.6.1.8 ATTENTION (DANS SIGMA), 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).

6.6.1.9 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 6.3.6).

S'il est impossible d'arriver à la cote imposée à 3 cm près, le message est imprimé, suivi des variables suivantes:

- volume évacué du barrage (Mm³);
- cote à la cinquantième itération (m);
- cote imposée du jour (m);
- volume entrant dans le barrage (m³);
- volume emmagasiné dans le barrage (Mm³).

6.6.1.10 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 6.3.4).

Le critère d'arrêt ε est calculé à chaque pas de temps, avec

$$\varepsilon = \max (10, a/10\ 000)$$

Ce message apparaît lorsque la longueur de l'intervalle $[b, a]$ reste supérieure à ε après cinquante 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.

6.6.1.11 ATTENTION (DANS CRIGRA), NOMBRE DE MOIS SUPÉRIEUR À 600

Le sous-programme CRIGRA garde en mémoire les débits moyens mensuels et les débits journaliers maximaux mensuels pour faire des graphiques à la fin de la simulation. Les dimensions actuelles du programme permettent 600 mois au maximum. Si le nombre de mois simulés est supérieur à 600, le message est imprimé et les graphiques sont faits avec les 600 premiers mois seulement.

**6.6.1.12 ATTENTION (DANS SIGMA), 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).

**6.6.1.13 ATTENTION (DANS SIGMA), 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).

6.6.2 Les erreurs fatales différées**6.6.2.1 ERREUR (DANS SIGMA), 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 suivantes et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

**6.6.2.2 ERREUR (DANS SIGMA), DATE SUR CARTE "X" HORS
SIMULATION**

où "x" représente l'un ou l'autre des mots-clés 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.

**6.6.2.3 ERREUR (DANS SIGMA), 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.

6.6.2.4 ERREUR (DANS SIGMA), 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 imprimer les résultats de la portion d'année simulée avant la détection de l'erreur, puis arrêt. Revoir les paramètres NAFIN et JRFIN du vecteur obligatoire SIMULATION.

6.6.2.5 ERREUR (DANS SIGMA), LA BANDE COMMENCE EN i

On demande de simuler le bassin versant à une date antérieure à l'année i, année ou débute l'enregistrement des données météorologiques.

Revoir les paramètres NADE et JRDEP 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.

6.6.2.6 ERREUR (DANS SIGMA), TROP DE STATIONS

NBSH = i
NSTAT = j
NBGR = k

On peut avoir au maximum 20 stations fictives.

Si le fichier est correct (nombre de stations hydrométriques NBSH inférieur ou égal à 10), vérifier que le nombre de stations fictive NSFIC, ainsi que le nombre NB2E de carreaux à double exutoire (vecteur facultatif EXUBIS), respectent l'inégalité $NSFIC + NB2E \leq 20$.

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.

6.6.2.7 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.

....ERREUR (DANS AFFECT)

NOMBRE DE POSTES RECONNUS = i, SUR FICHER = j

Numéro sur vecteur

Numéro sur fichier
(extension HMC)

----X₁----

----Y₁----

----X₂----

----Y₂----

----X_j----

----Y_j----

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.

6.6.2.8 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.

6.6.2.9 ERREUR (DANS AFFECT), i STATIONS MÉTÉO SUR LE CARREAU ENTIER j

Le modèle SIGMA 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.

6.6.2.10 ERREUR (DANS AMORCE), "X"ième STATION STATION HYDROMÉTRIQUE (DOT) = j STATION HYDROMÉTRIQUE (MARR) = 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.

6.6.2.11 ERREUR (DANS DURUB), DIMENSIONNEMENT INCORRECT NBCE = i, NBCP = j, NBSH = k, NBPMAX = l

Le dimensionnement actuel du programme nécessite que toutes les inégalités suivantes soient réalisées:

- nombre de carreaux entiers NBCE \leq 200;
- nombre de carreaux partiels NBCP \leq 350;
- nombre de stations hydrométriques NBSH \leq 10;
- nombre de stations météorologiques NBPMAX \leq 30.

Les nombres i, j, k et l représentent les valeurs réellement rencontrées.

6.6.2.12 ERREUR (DANS DURUB), RUBAN NON CONFORME BLOC = "X"

Les données du fichier des données hydrométriques et météorologiques ne sont plus compatibles avec le modèle SIGMA, 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 hydrométriques et météorologiques; cette erreur découle d'une mauvaise création du fichier des données hydrométriques et météorologiques.

Le programme tentera d'analyser les vecteurs suivants pour s'arrêter avant la boucle annuelle.

6.6.2.13 ERREUR (DANS DURUB), SYSTÈME MÉTRIQUE NÉCESSAIRE

Les données météorologiques et hydrométriques dans le système métrique doivent être utilisées.

Le programme analysera les vecteurs de données et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

6.6.2.14 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.

6.6.2.15 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.

6.6.2.16 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.

6.6.2.17 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 serait à cheval sur 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.

6.6.2.18 ERREUR (DANS LIRFAC), JOUR = i SUR VECTEUR CONTRAINTE

Le modèle a rencontré une valeur i supérieure à 366. Seul 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.

6.6.2.19 ERREUR (DANS LIRFAC), TROP DE BARRAGES

En raison des dimensions du programme, on ne peut pas définir plus de 10 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.

6.6.2.20 ERREUR (DANS LIRFAC), TROP DE VECTEURS "X"

où "x" représente l'un ou l'autre des mots-clés suivantes: 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.

6.6.2.21 ERREUR (DANS LIRFAC), "X" EST UN MOT-CLÉ DES VECTEURS FACULTATIVES 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.

6.6.2.22 ERREUR (DANS LIRFAC), "X" EST UN MOT-CLÉ INCONNU OU DÉPLACÉ. ON DOIT LIRE UN VECTEUR INDUITE - 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.

6.6.2.23 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 imprime le message précédent ou "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 doit être lu en fonction du format de lecture.

MOT-CLÉ	NOMBRE DE MOTS À LIRE	FORMAT	NOMBRE DE ¹ VECTEURS À LIRE
BARRAGE	NSTAT	I5	NSTAT/14
COEFINFILT	NBCE	F5.4	NSTAT/14
DEBITMAX	NSTAT	F10.3	NSTAT/7
DEBITMIN	NSTAT	F10.3	NSTAT/7
GRAPHIQUE	NSTAT	I5	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

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.

6.6.2.24 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 20 stations fictives.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

6.6.2.25 ERREUR (DANS SIGMA), ON A LU "NO" POUR LE PARAMÈTRE NANHDR

La variable NANHDR lue sur le vecteur obligatoire OPTION doit être comprise entre 1 et 12 et indique le mois débutant l'année hydrologique.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

¹ Le nombre obtenu par la division est complétée à l'unité supérieur.

6.6.2.26 ERREUR (DANS SIGMA), LA PÉRIODE À SIMULER EST DISCONTINUE ET CHEVAUCHE DEUX ANNÉES HYDROLOGIQUES JRDEP = i, JRFIN = j, NTRAN = k

En simulation discontinue, la période à simuler doit être comprise dans une même année hydrologique.

Le programme analysera les vecteurs suivants et s'arrêtera avant la boucle annuelle.

6.6.3 Les erreurs entraînant un arrêt immédiat du programme

6.6.3.1 NOMBRE D'ERREURS FATALES = i

Ce message est la conséquence des erreurs fatales en différé, listées au chapitre précédant.

6.6.3.2 ERREUR (DANS SIGMA), "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 des vecteurs obligatoires;
- "x" n'a pas été lu dans l'ordre prévu. Rappelons que les vecteurs obligatoires doivent être introduites en ordre (Section 6.5.1).

Quand un tel cas se produit, le programme liste les vecteurs suivants sans les analyser et s'arrête après le dernier vecteur.

6.6.3.3 ERREUR (DANS SIGMA), "X" EST UN MOT-CLÉ INCONNU OU DÉPLACÉ ON DOIT LIRE UN VECTEUR INDUIT - DATE -

où "x" représente les huit premiers caractères du vecteur lu.

Si le paramètre KODSIM du vecteur obligatoire OPTION est égal à 1, on doit lire au début de chaque année à simuler un vecteur induit DATE qui donne les numéros des jours où on doit lire les données météorologiques sur vecteur. La position de ce vecteur dépend des autres vecteurs utilisés et peut être déduit à l'aide de la Figure 6.11.

Le programme liste les vecteurs suivants et se termine.

6.6.3.4 ERREUR (DANS AMORCE), FIN DE FICHER NOMBRE DE RECORDS LUS = x

La partie des données hydrométriques et météorologiques qui aurait dû être créée par le programme de préparation des données n'existe pas. Voir chapitre 4.

Le programme liste les vecteurs suivants sans les analyser et se termine.

6.6.3.5 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.

6.6.3.6 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-clés n'a été reconnu et "x" indique le mot lu.

Vérifier l'ordre des vecteurs à l'aide de la Figure 6.11.

Le programme liste les vecteurs suivants et se termine.

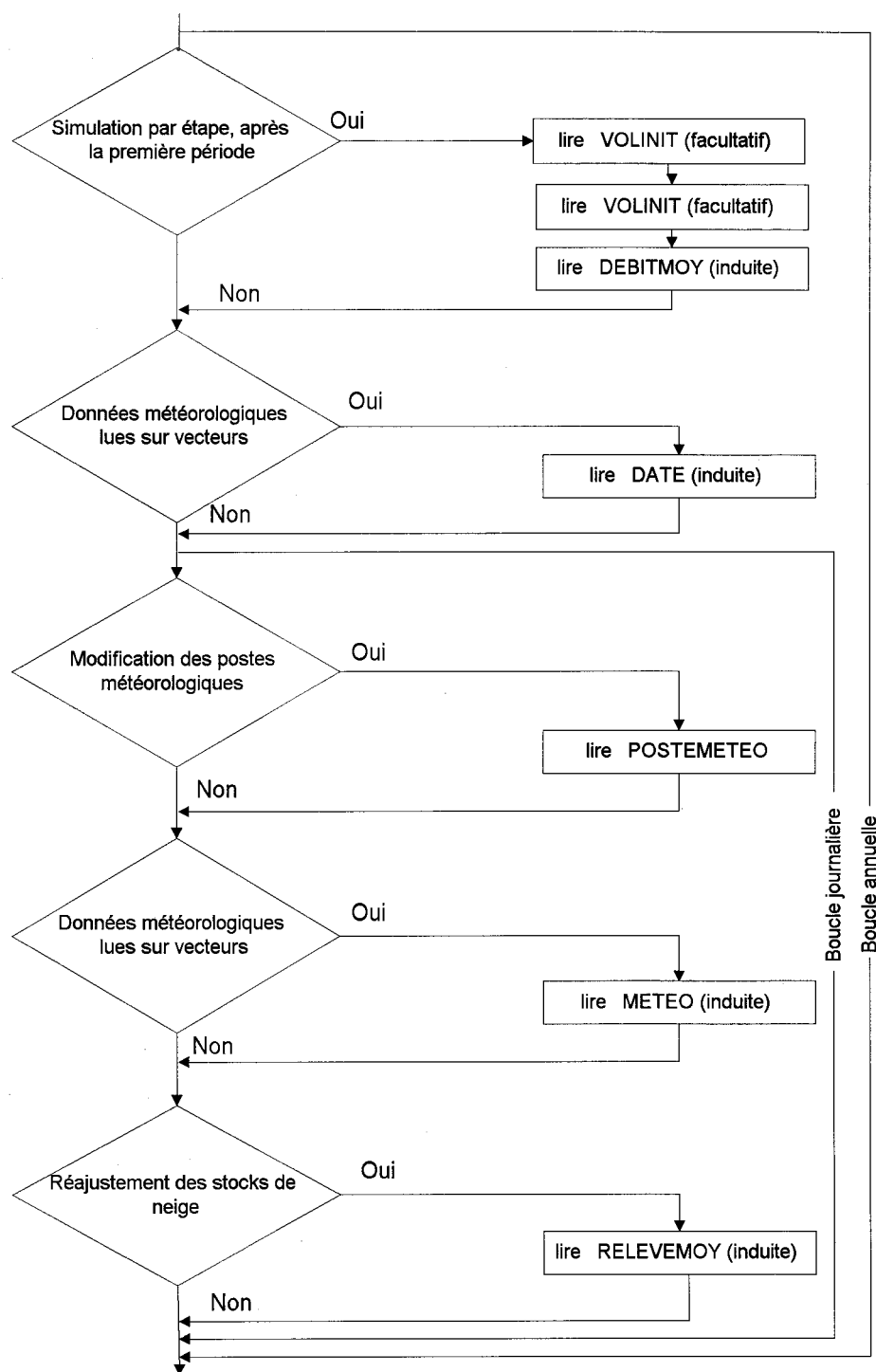


Figure 6.11 Imbrication des différents vecteurs de données durant la phase de simulation.

6.6.3.7 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 6.3.4 et Section 6.3.5), 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.

6.6.3.8 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.

6.6.3.9 ERREUR (DANS SIGMA), "X" EST UN MOT-CLÉ INCONNU OU DÉPLACÉ ON DOIT LIRE UN VECTEUR INDUIT - METEO

Au moment de lire les données météorologiques sur le vecteur METEO, on a lu le mot-clé "x".

Vérifier les paramètres NDECAR et NFICAR du vecteur induit DATE et l'ordre des vecteurs dans la phase simulation à l'aide de la Figure 6.11.

Le programme liste les vecteurs suivants et s'arrête.

6.6.3.10 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, si ils existent, sinon immédiatement après les vecteurs POSTEMETEO.

Le programme liste les vecteurs suivants et s'arrête.

6.6.3.11 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 essai de les lire. Si le mot-clé n'est pas reconnu pour les "N" vecteurs, le message ci-dessus est imprimé et "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.

6.6.3.12 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.

6.7 Exemple d'utilisation

Pour illustrer les données nécessaires au programme SIGMA et les résultats obtenus, ce chapitre montre une application sur le bassin versant de la rivière EATON. La rivière Eaton est située au sud du Québec et a un bassin versant de 629 km². La superficie des carreaux utilisés est de 16 km²; il y a huit stations hydrométriques sur le bassin versant et 10 stations météorologiques sont utilisées pour les simulations. Les options ont été choisies pour limiter le nombre de tableaux.

6.8 Résultats du programme

Selon les options choisies dans le fichier des paramètres du modèle (extension .PAH), le programme crée de 5 à 7 fichiers qui peuvent être utilisés pour analyser 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 suivi de l'une des extensions suivantes;

- .SIM Fichier des résultats généraux;
- .DJO Fichier des débits journaliers observés et calculés aux stations hydrométriques;
- .DME Fichier des débits mensuels observés et calculés aux stations hydrométriques;
- .DSP Fichier des données spatiales du bassin versant.
On y retrouve le numéro de référence des carreaux entiers (1 à NBCE) du bassin versant principal et des sous-bassins. En fonction des options demandées, il pourra également contenir les informations suivantes: la fonte, la température, la pluie, la quantité de neige au sol et les lames d'eau dans les réservoirs SOL et NAPPE. Ces données sont relatives aux carreaux entiers du bassin versant et apparaissent dans le fichier pour les jours demandés;
- .DFI Fichier des débits journaliers calculés aux stations fictives (optionel);
- .TPF Fichier de la température, de la pluie et de la fonte moyenne journalière sur le bassin versant et les sous-bassins possédant une station hydrométrique (optionel);
- .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. On retrouve entre autres sur ce fichier:

- le nom des fichiers utilisés pour la simulation;
- les valeurs des paramètres utilisés pour la simulation;
- le ou les numéros des stations météorologiques affectées à chaque carreau entier et la pondération pour chaque station;

- les facteurs de correction des données météorologiques pour chacun des carreaux entiers;
- les coefficients de transfert calculés pour chaque carreau partiel;
- les résultats intermédiaires, s'ils ont été demandés (vecteur OPTION, paramètres: JD1, JF1, NF1 et NCP1);
- la comparaison des lames d'eau mensuelles et annuelles observées et calculées à chaque station hydrométrique;
- les coefficients de précisions de Nash et de corrélation, calculées à partir des débits observés et simulés;
- 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.

6.8.2 Fichier des débits journaliers (extension DJO)

Ce fichier est toujours créé. Il contient quatre lignes d'informations générales suivis des débits journaliers observés et calculés pour chacune des stations hydrométriques.

Les quatre lignes d'informations générales donnent:

- 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 et le numéro du mois de l'année hydrologique;
- les numéros des stations hydrométriques du bassin versant (maximum 10);
- les superficies (km²) des bassins versants aux stations hydrométriques;
- le code de calcul des stations hydrométriques tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque jour de la simulation, la date (année, mois, jour) et les débits journaliers observés et calculés aux stations hydrométriques. La valeur - 1.0 indique un manque de donnée.

6.8.3 Fichier des débits mensuels (extension DME)

Ce fichier est toujours créé. Il contient quatre lignes d'informations générales suivis de cinq séries de données, soient les débits moyens mensuels, les débits journaliers maximum mensuel, le nombres de débits journaliers utilisés pour le calcul des débits classés et finalement les débits observés et calculés classés.

Les quatre lignes d'informations générales donnent:

- la période de simulation utilisée pour l'essai soit: l'année du début, le mois du début, l'année de fin, le mois de fin, le nombre de jours simulés par an et le numéro du mois de l'année hydrologique;
- les numéros des stations hydrométriques du bassin versant (maximum 10);
- les superficies (km²) des bassins versants aux stations hydrométriques;
- le code de calcul des stations hydrométriques tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE.

La première série de données contient, pour chacun des mois de la simulation, la date (année, mois) et les débits moyens mensuels observés et calculés aux stations hydrométriques. La valeur -1.0 indique un manque de données.

La deuxième série de données contient, pour chacun des mois de la simulation, la date (année, mois) et les débits journaliers maximum mensuels observés et calculés aux stations hydrométriques. La valeur -1.0 indique un manque de donnée.

La troisième série de données contient le nombre de débits journaliers observés et calculés utilisés pour le calcul des débits classés qui sont donnés dans la série suivante.

La quatrième série de données contient la fréquence au dépassement et les débits journaliers observés et calculés correspondants, calculés pour chaque station hydrométrique. La valeur -1.0 indique un manque de données.

La cinquième série de données contient, pour chaque année de simulation, l'année et les valeurs du critère de Nash calculés à partir des débits journaliers observés et simulés aux stations hydrométriques. La valeur -99.999 indique que le critère n'a pas été calculé.

6.8.4 Fichier des données spatiales (extension DSP)

Ce fichier est toujours créé. Il contient six lignes d'informations générales suivi des numéros de référence des carreaux entiers (1 à NBCE) du bassin versant principal et des sous-bassins (maximum 9). 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 entier du bassin versant.

Les six lignes d'informations générales donnent:

- le nombre de carreaux entiers sur le bassin versant;
- le numéro des carreaux partiels où se situent les stations hydrométriques;

- le numéro des carreaux entiers où se situent les stations hydrométriques;
- les numéros des stations hydrométriques du bassin versant (maximum 10);
- les superficies (km²) des bassins versants aux stations hydrométriques;
- le code de calcul des stations hydrométriques tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE.

Les lignes suivantes donnent, pour le bassin versant principal et pour chacun des sous-bassin, 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). Après ces informations, on retrouve les coordonnées dans le système I et J de chaque station météorologique.

En fonction des options demandées, on peut également retrouver sur ce fichier, pour chaque carreaux entiers du bassin versant et pour chaque jour demandé, les données suivantes: 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 garder ces informations à l'aide des vecteurs facultatifs CARTEFONTE, CARTETEMP, CARTEPLUIE, CARTENEIGE, CARTESOL et CARTENAPPE.

6.8.5 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 quatre lignes d'informations générales suivis des débits journaliers calculés pour chacune des stations fictives (maximum 20).

Les quatre lignes d'informations générales donnent:

- 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 et le numéro du mois de l'année hydrologique;
- les numéros des carreaux partiels des stations fictives (maximum 20);
- les superficies (km²) des bassins versants aux stations fictives;
- le code de calcul des stations fictives tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque jour de la simulation, la date (année, mois, jour) et les débits journaliers calculés aux stations fictives.

6.8.6 Fichier de la température de la pluie et de la fonte moyenne journalière (extension TPF)

Ce fichier est optionnel. Il n'est créé que si le paramètre ISTO du vecteur obligatoire OPTION vaut 1. Ce fichier contient quatre lignes d'informations générales suivi de la température, de la pluie et de la fonte moyenne journalière sur le bassin versant principal et sur les sous-bassins versants ayant une station hydrométrique (maximum 10).

Les quatre lignes d'informations générales donnent:

- 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 et le numéro du mois de l'année hydrologique;
- les numéros des stations hydrométriques des bassins versants (maximum 10);
- les superficies (km²) des bassins versants aux stations hydrométriques;
- le code de calcul des stations hydrométriques tel que spécifié sur le vecteur BARRAGE.

Les lignes suivantes donnent, pour chaque jour de la simulation, la date (année, mois, jour) 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.

6.8.7 Fichier des erreurs d'exécution (extension ERS)

Le fichier des erreurs d'exécution nous renseigne sur la façon dont s'est déroulé l'exécution du module de simulation de quantité. 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.

7 LA SIMULATION DE QUALITÉ

7.1 Introduction

Le modèle de qualité SIGMA proposée pour la simulation de cinq paramètres de qualité de l'eau en rivière est un modèle déterministe qui tient compte des caractéristiques physique 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 SIGMA 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:

- La température de l'eau en rivière;
- Les solides en suspensions;
- L'oxygène dissous
- La demande biochimique d'oxygène
- Les solides dissous

7.2 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 SIGMA (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.

7.2.1 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 7.1

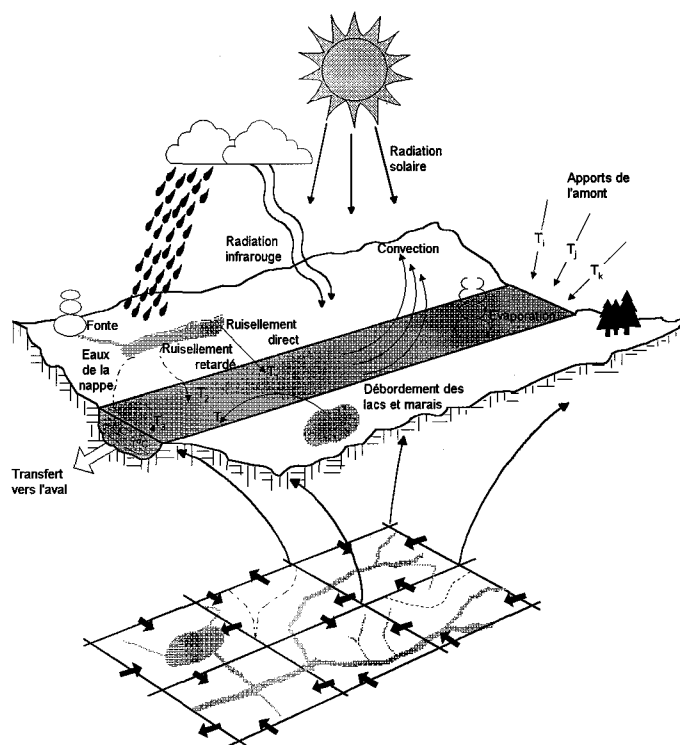


Figure 7.1 Schématisation des principaux éléments considérés pour le calcul de la température de l'eau sur un carreau partiel.

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):

$$T_{\theta} = \frac{E}{VC} \quad (7,1)$$

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 MJ m⁻³ °C⁻¹.) est supposée constante dans la gamme de température qui nous intéresse.

7.2.2 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 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.

7.2.2.1 Radiation solaire

L'apport d'énergie par rayonnement solaire est estimé à l'aide de l'équation suivante.

$$Q_s = C_s A R_s \quad (7,2)$$

où

- Q_s : apport quotidien d'énergie par rayonnement solaire (MJ);
- C_s : coefficient empirique proche de l'unité;
- A : surface d'échange (m²);
- 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.

7.2.2.2 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).

$$Q_i = C_i A \sigma (\beta T_a^4 - T_e^4) \quad (7,3)$$

où

- Q_i : quantité nette d'énergie échangée par rayonnement infrarouge (MJ);
- C_i : coefficient empirique proche de l'unité;
- σ : constante de Stefan-Boltzman pour un pas de temps journalier ($4,9 \times 10^{-9} \text{ MJ m}^{-2} \text{ }^\circ\text{K}^{-4}$);
- β : émissivité atmosphérique;
- T_a : température moyenne quotidienne de l'air ($^\circ\text{K}$);
- T_e : température de l'eau ($^\circ\text{K}$).

L'émissivité atmosphérique (β) est estimée comme suit (Rinaldi et al., 1979):

$$\beta = (0,74 + 0,0065p)(1 + 0,17n^2) \quad (7,4)$$

où:

- p : moyenne mensuelle de pression de vapeur (mm Hg)
- n : nébulosité moyenne mensuelle (fraction de 0.0 à 1.0)

7.2.2.3 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 journalièrement (I_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:

$$Q_e = -C_e I_e A H \quad (7,5)$$

où

- Q_e : quantité d'énergie perdue par évaporation (MJ);
- C_e : coefficient empirique proche de l'unité;
- I_e : lame quotidienne d'eau évaporée (m);
- H : chaleur latente d'évaporation ($2\,480 \text{ MJ m}^{-3}$).

7.2.2.4 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):

$$Q_c = C_c A 0,2 W (T_a - T_e) \quad (7,6)$$

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^{-1}).

7.2.3 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.

7.2.4 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 7.1.

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 soit représentative 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.

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 5 explique la préparation de ce fichiers. Les paramètres d'ajustement et les données météorologiques mensuelles sont lus sur les vecteurs du fichier des paramètres de qualité (extension PAQ). L'annexe J donne la description de ces vecteurs et la description et le champs de toutes les variables contenu sur ces vecteurs.

Tableau 7.1 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.

Tableau 7.1 (suite)

Paramètre	Description
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).

7.3 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 Froude, 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 observés et calculés et par des coefficients numériques.

7.3.1 Conceptualisation du modèle

Deux concepts majeurs caractérisent le modèle de solides en suspension adapté au modèle de qualité SIGMA (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.

7.3.2 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:

$$\frac{\Delta G}{t} = A_i (S_{dr} I^2 + S_{df} Q^{\frac{2}{3}} Se^{\frac{2}{3}}) \quad (7,7)$$

où

- ΔG : 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 (km²)
- I : intensité de la pluie (mm)
- Q : débit (m³/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:

$$P_s = a F_s E A_i \quad (7,8)$$

où:

- P_s : matériel disponible à l'érosion (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 (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:

$$F_s = (1 - F_L - F_M) \quad (7,9)$$

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:

$$E = F_{SN} + 0.01 F_F \quad (7,10)$$

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 (7,10) conçue pour le modèle de qualité prend la forme suivante:

$$E = 0.01 F_F + (F_S - F_F) \quad (7,11)$$

Dans le modèle de qualité proposé, deux équations similaires à l'équation (7,8) sont utilisées pour estimer les solides en suspension produit au niveau du sol, par le ruissellement de surface et par le ruissellement retardé:

$$\begin{aligned} P_{s1} &= a_1 F_s E A_i \\ P_{s2} &= a_2 F_s E A_i \end{aligned} \quad (7,12)$$

où:

- P_{s1} : volume de sédiment disponible pour le ruissellement de surface (m³).
- P_{s2} : volume de sédiment disponible pour le ruissellement retardé (m³).
- 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 (7,7). 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:

$$R_1 = P_{s1} \times \left(\frac{L_R}{K_1} \right)^2 \quad (7,13)$$

où:

- R_1 : volume de sédiments érodé par le ruissellement de surface (m³)
- P_{s1} : volume de sédiments disponible pour le ruissellement de surface (m³)
- 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.

$$R_2 = P_{s2} \times \left(\frac{L_T}{K_2} \right)^2 \quad (7,14)$$

où:

- R_2 : volume de sédiments érodés par le ruissellement retardé (m^3)
- P_{S2} : volume de sédiments disponibles pour le ruissellement retardé (m^3)
- 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 (7,7). L'équation finale prend la forme suivante:

$$P_R = a Q^b S_e^c L \quad (7,15)$$

où:

- P_R : volume de sédiments érodé en rivière (m^3)
- a : facteur de production
- Q : débit (m^3/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:

$$S_e = \frac{(H_{max} - H_{min})}{L} \quad (7,16)$$

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.

7.3.3 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:

$$Q = h \ell V \quad (7,17)$$

où:

- h : hauteur fictive
- Q : débit calculé par le modèle hydrologique
- ℓ : largeur
- V : vitesse du courant

Cette équation peut être réarrangée de façon à définir la hauteur:

$$h = \frac{Q}{V\ell} \quad (7,18)$$

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.

$$h = \frac{V^2}{g} \quad (7,19)$$

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 (7,17), détermine la relation suivante:

$$Q = \frac{V^3 \ell}{g} \quad (7,20)$$

Cette équation permet l'estimation de la vitesse ou de la hauteur:

$$V = \left(\frac{Qg}{\ell} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (7,21)$$

$$h = \frac{Q^{\frac{2}{3}}}{\ell^{\frac{2}{3}} g^{\frac{1}{3}}} \quad (7,22)$$

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 (7,21) 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 importants dans la dynamique de la sédimentation du modèle proposé en raison de l'utilisation de classes granulométriques. Plusieurs auteurs ont proposés 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:

$$V_c = \left[8K (\rho_s - \rho_w) g \frac{d}{f} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (7,23)$$

où:

- V_c : vitesse critique
- K : constante estimée à 0,056 par Constable (1975)
- ρ_s : densité du solide
- ρ_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 (7,23).

$$V_c = a d^{1/2} \quad (7,24)$$

où:

- a : constante intégrant les variables K , ρ_s , ρ_w , g et f .
- d : diamètre des particules

L'équation (7,24) 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 (7,21) nous pouvons déterminer le diamètre maximum des particules (d_c) maintenues en suspension par:

$$d_c = a_c V^{b_c} \quad (7,25)$$

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 facteurs d'amortissement que l'on doit utiliser:

$$\begin{aligned} PAM^l &= PAM \times \left[\frac{d_c - 0,0625}{0,2375} \right]; & 0,0625 < d_c < 0,3 \\ PAM^l &= PAM \times \left[\frac{d_c - 0,3}{0,3} \right]; & 0,3 < d_c < 0,6 \\ PAM^l &= PAM \times \left[\frac{d_c - 0,6}{1,4} \right]; & 0,6 < d_c < 2,0 \end{aligned} \quad (7,26)$$

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.

7.3.4 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 7.2. 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 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 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 5 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 7.2 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 (7,12)).
a_2	Coefficients de disponibilité des sédiments au sol pour l'entraînement pour le ruissellement retardé (équation (7,12)).
K_1	Lame journalière de ruissellement de surface entraînant vers la rivière tous les sédiments au sol (équation (7,13)).
K_2	Lame journalière de ruissellement retardé entraînant vers la rivière tous les sédiments au sol (équation (7,14)).
a	Coefficient empirique de production des sédiments en rivière (équation (7,15)).
b	Puissance du débit pour le calcul de la production des sédiments en rivière (équation (7,15)).
c	Puissance de la pente moyenne du cours d'eau pour le calcul des sédiments en rivière (équation (7,15)).
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 (7,25)).
b_c	Puissance de la vitesse dans l'équation du diamètre critique en rivière (équation (7,25)).
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 (7,26)).

Tableau 7.2 (suite)

Paramètres	Description
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).

7.4 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 aquatiques 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 ajoutés 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.

7.4.1 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:

$$\begin{aligned}\Sigma S_{OD} &= K_2(C_S - C) - K_C L_C - K_N L_N - D_B - R + P \\ \Sigma S_{DBO} &= -K_C L_C - K_N L_N\end{aligned}\tag{7,27}$$

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 ⁻¹)
K_C	:	coefficient de désoxygénation due à la DBO d'origine carbonnée (jour ⁻¹)
K_N	:	coefficient de désoxygénation due à la DBO d'origine nitrée (jour ⁻¹)
L_C	:	concentration de la DBO d'origine carbonnée (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 qui représentent l'action combinée de photosynthèse et de respiration utilisé pour la représentation des variations diurnes de l'OD 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):

$$\begin{aligned}
 D &= D_0 e^{-k_2 t} && \text{(réoxygénation)} \\
 &+ \frac{K_D L_0}{K_2 - K_R} [e^{-k_R t} - e^{-k_2 t}] && \text{(DBO carbonée)} \\
 &+ \frac{K_N N_0}{K_N - K_R} [e^{-k_N t} - e^{-k_2 t}] && \text{(DBO nitrée*)} \\
 &+ \frac{B}{K_2} [1 - e^{-k_2 t}] && \text{(demande benthique*)}
 \end{aligned}
 \tag{7,28}$$

$$DBO_T = L_0 e^{-k_R t} + (N_0 e^{-k_N t})^*
 \tag{7,29}$$

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 (jour ⁻¹)
K_R	:	coefficient de diminution de la DBO carbonée (jour ⁻¹)
K_D	:	coefficient de consommation d'OD (jour ⁻¹)
K_N	:	coefficient de diminution de la DBO nitrée (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.

7.4.2 Détermination des coefficients du modèle OD-DBO

7.4.2.1 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 DBO₅ typiques des rivières étudiées, lorsque disponibles. A priori égaux, ces deux coefficients pourront se voir attribuer des valeurs légèrement différentes lors de la calibrations du modèle OD-DBO.

7.4.2.2 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:

$$K_2(20^\circ C) = C_a C_h \frac{3,0U^{0,67}}{H^{1,75}} \quad (7,30)$$

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.

7.4.2.3 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:

$$K_D(T) = K_D(20^\circ C) \times 1,045^{(T-20)} \quad (7,31)$$

$$K_R(T) = K_R(20^\circ C) \times 1,045^{(T-20)} \quad (7,32)$$

$$K_2(T) = K_2(20^\circ C) \times 1,025^{(T-20)} \quad (7,33)$$

où:

- K_D : coefficient de consommation de l'OD à la température T (jour⁻¹)
- K_R : coefficient de consommation de la DBO à la température T (jour⁻¹)
- K_2 : coefficient de réoxygénation à la température T (jour⁻¹)
- T : température de l'eau en °C

7.4.2.4 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.

7.4.2.5 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 ait ou non de la pluie ou de la fonte.

7.4.2.6 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.

$$CH_i = (1 - P_1) CH_{i-1} \quad (7,34)$$

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:

$$CH_i = CH_{i-1} e^{-\frac{L}{P_2}} \quad (7,35)$$

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 7.2

7.4.2.7 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:

$$CH_e = CH(1 - e^{-\frac{R}{P_3}}) \quad (7,36)$$

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 7.3

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:

$$CH_d = (1 - P_4) CH_e \quad (7,37)$$

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

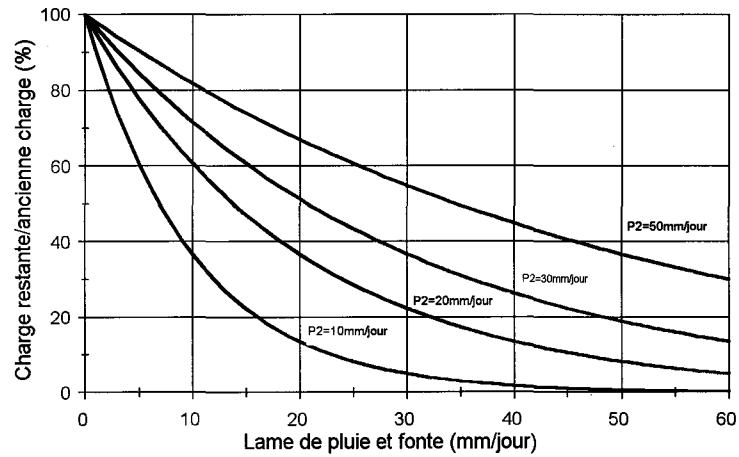


Figure 7.2 Effet du paramètre (P_2) de dégradation de la charge accumulée.

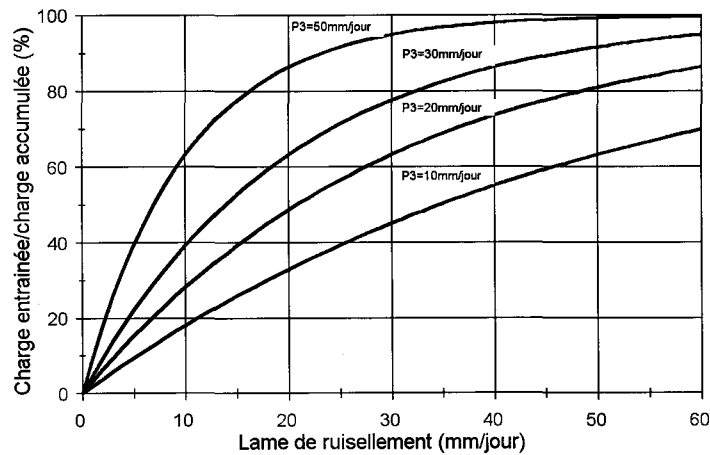


Figure 7.3 Effet du paramètre (P_3) d'entraînement de la charge accumulée.

7.4.2.8 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 journalièrement sur un tronçon donné est la somme de la charge diffuse effective ainsi définie et des charges ponctuelles sur le carreau partiel considéré.

7.4.2.9 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.

7.4.3 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 (7,28) et (7,29)). 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.

7.4.4 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 7.3. 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.

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 5 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 contenu sur ces vecteurs.

Tableau 7.3 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 (7,28) est modifié en fonction de la température de l'eau selon l'équation (7,29).
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 posés 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 (7,29) est modifié en fonction de la température de l'eau selon l'équation (7,32).
C_a	Paramètre utilisé pour calculé 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 (7,30) et est modifié en fonction de la température de l'eau selon l'équation (7,33).
C_h	Paramètre utilisé pour calculé 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 (7,30) et est modifié en fonction de la température de l'eau selon l'équation (7,33).
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 7,34).
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 7,35).

Tableau 7.3 (suite)

Paramètre	Description
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 7,36).
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 7,37).
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).

7.5 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.

7.5.1 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 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:

$$S = \frac{CH_{init} + CH_{am} + CH_{loc} + CH_{ant}}{V_{dil}} \quad (7,38)$$

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 ³)

7.5.2 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:

$$CH_{loc} = V_R C_R + V_H C_H + V_N C_N + V_L S \quad (7,39)$$

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 m³)
- V_H : volume journalier d'eau hypodermique sur le carreau partiel (milliers de m³)
- V_N : volume journalier d'eau provenant de la nappe phréatique sur le carreau partiel (milliers de m³)
- V_L : volume journalier d'eau de débordement des lacs et marais sur le carreau partiel (milliers de m³)
- 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 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/l¹).

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 7,38). Les charges diffuses, liées au secteur agricole par exemple, sont supposées faire partie intégrante des charges associées aux trois principales formes d'écoulement.

7.5.3 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:

$$CH_{init} = S * V_{CP}^* \quad (7,40)$$

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 m³)

De façon journalière, les charges suivantes s'ajoutent à celle initiale (équation 7,40) 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:

$$CH_{am} = \sum_{i=1}^N S_i V_i \quad (7,41)$$

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 m³)
 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 7,38). 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 fait à l'aide de l'équation suivante:

$$V_{dil} = LWP + V_p + V_{am} + V_{loc} \quad (7,42)$$

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 7,41). 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 7,40).

Pour le premier jour de simulation, l'utilisateur doit fixer la concentration moyenne en solides dissous pour l'ensemble du bassin versant.

7.5.4 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 7,43) et exclut donc les constituants mineurs inorganiques, de même que les constituants qui ne sont pas ionisés (silice et matières organiques dissoutes par exemple).

$$S = Ca^{++} + Mg^{++} + Na^{++} + K^{++} + HCO_3^- + SO_4^{--} + Cl^- \quad (7,43)$$

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.

7.5.5 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 7.4. 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 solide dissous mesurées ou reconstituées aux stations de qualité sont lues par le modèle sur le fichier de données de qualité (extension QUA). Le chapitre 5 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 7.4 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).



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 Tchobanogious, 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.

ANNEXES



A DONNÉES GÉNÉRALES DES CARREAUX

A.1 Vecteur SURFCE

Vecteur obligatoire donnant la surface du carreau entier.

1	11	16	80
SURFCE	SUPCAE		
A10	F5.2		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
SUPCAE	11-15	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	
AI0	I2	I2	A3	I1	I2	I2	A1	I3	I2	I2	A1	I3	I2	I2	A1	I3	I2	I2	A1	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		
AIO		

B DONNÉES DU BASSIN VERSANT

B.1 Vecteur STAPRIN

Vecteur obligatoire donnant les informations de la station réelle ou fictive de l'exutoire.

1	11	14	17	19	20	22	29	80
STAPRIN	I	J	B	C1	B	NOSTA		
A10	I3	I3	A2	A1	A2	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.
--	17-18	Blanc
C1	19	Code de la parcelle de la station réelle ou fictive de l'exutoire.
--	20-21	Blanc
NOSTA	22-28	Numéro de station.

B.2 Vecteur STASEC

Vecteur obligatoire donnant les numéros des stations hydrométriques additionnelles sur le bassin versant, maximum neuf (9). Si aucune station additionnelle on laisse les chiffres zéro (0)

1	11	74	80
STASEC	NO(I)*		
AIO	I7		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NO(I)	11-73	Numéro des stations hydrométrique additionnelles sur le bassin versant.

* I varie de 1 jusqu'au nombre maximum de stations

B.3 Vecteur STASECNO

Vecteur obligatoire donnant le nombre et les informations des stations hydrométriques additionnelles.

1	11	14	17	20	21	24	27	28	31	34	35	38	41	42	45	48	49	52	55	56	59	62	63	66	69	70	80
STASECNO	NB	I2	J2	C2	I3	J3	C3	I4	J4	C4	I5	J5	C5	I6	J6	C6	I7	J7	C7	I8	J8	C8	I9	J9	C9		
A10	I3	I3	I3	A1	I3	I3	A1	I3	I3	A1	I3	I3	A1	I3	I3	A1	I3	I3	A1	I3	I3	A1	I3	I3	A1		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NB	11-13	Nombre de stations hydrométriques additionnelles sur le bassin versant
I2	14-16	Abscisse du carreau entier de la station 2.
J2	17-19	Ordonnée du carreau entier de la station 2.
C2	20	Code de la parcelle de la station 2.
I3	21-23	Abscisse du carreau entier de la station 3.
J3	24-26	Ordonnée du carreau entier de la station 3.
C3	27	Code de la parcelle de la station 3.
I4	28-30	Abscisse du carreau entier de la station 4.
J4	31-33	Ordonnée du carreau entier de la station 4.
C4	34	Code de la parcelle de la station 4.
I5	35-37	Abscisse du carreau entier de la station 5.
J5	38-40	Ordonnée du carreau entier de la station 5.
C5	41	Code de la parcelle de la station 5.
I6	42-44	Abscisse du carreau entier de la station 6.
J6	45-47	Ordonnée du carreau entier de la station 6.
C6	48	Code de la parcelle de la station 6.
I7	49-51	Abscisse du carreau entier de la station 7.
J7	52-54	Ordonnée du carreau entier de la station 7.
C7	55	Code de la parcelle de la station 7.
I8	56-58	Abscisse du carreau entier de la station 8.
J8	59-61	Ordonnée du carreau entier de la station 8.
C8	62	Code de la parcelle de la station 8.
I9	63-65	Abscisse du carreau entier de la station 9.
J9	66-68	Ordonnée du carreau entier de la station 9.
C9	69	Code de la parcelle de la station 9.

B.4 Vecteur AIRE

Vecteur obligatoire donnant la superficie des sous-bassins versants aux stations hydrométriques.

1	11	18	80
AIRE	A(I)*		
AIO	F7.0		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
A(I)*	11-80	Superficies de la station hydrométrique.

* I varie de 1 jusqu'au nombre maximum de stations

B.5 Vecteur POSTEMETEO

Vecteur obligatoire spécifiant les principales caractéristiques des stations météorologiques disponibles dans la région du bassin versant étudié.

1	11	34	41	46	51	61	66	71	76	80
POSTEMETEO	NOM	NOSME	ICA	JCA	TP	IALT	LAT	LONG	NPROV	
A10	A23	A7	I5	I5	F10.3	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 40	Numéro de la station;
ICA	41 à 45	Abscisse de la station dans le système de coordonnées "I et J" du bassin;
JCA	46 à 50	Ordonnée de la station dans le système de coordonnées "I et J" du bassin;
TP	51 à 60	Précipitation moyenne interannuelle de la station (mm);
IALT	61 à 65	Altitude de la station (mètres);
LAT	66 à 70	Latitude de la station (degrés sexagésimaux);
LONG	71 à 75	Longitude de la station (degrés sexagésimaux);
NPROV	76 à 80	Numéro provincial de la station.

B.6 Vecteur EXECUTION

Vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs POSTEMETEO.

1	11	80
EXECUTION		
AIO		



C DONNÉES DES RIVIÈRES

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 3.3.1) 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		

<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 mètre 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 mètre 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 mètre 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 mètre 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		
AIO		

D DONNÉES PHYSIOGRAPHIQUES PRÉPARÉES

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 à 14)	numéro des stations hydrométriques (variable numérique)
MARR (15)	Facteur utilisé pour lire avec plus de précision les caractéristiques physiographiques des rivières = 1 pour carreau entier > 1 km ² = 1 000 pour carreau entier ≤ 1 km ²
MARR (16 à 25)	numéro des carreaux partiels où se situent les stations hydrométriques (1 à NBCP)
MARR (26)	nombre de stations météorologiques possibles dans la région du bassin versant étudié (NBPMAX)
MARR (27)	non utilisé
MARR (28)	superficie des carreaux entiers conformes (en centièmes de km ²)
MARR (29)	= 1 implique système d'unités métriques = 2 implique système d'unités anglaises
MARR (30)	= 0 donnée physiographique des rivières non-introduites = 1 donnée physiographique des rivières introduites Les vecteurs MARR sont lus avec un autre format pour les caractéristiques des rivières, voir définition des MARR 18, 19, 20 Annexe D.1.2

D.1.2 Vecteurs MARR

Série de données MARR	
Données des caractéristiques de chaque carreau partiel	
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)	Pourcentage par rapport au carreau entier toujours 100
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 ²) en amont par: $S = \text{MARR}(23)/100 \cdot \text{SUPCAE}$ où: SUPCAE = superficie du carreau entier en km ²
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 ²) des lacs en amont par: $S = \text{MARR}(24)/10000 \cdot \text{SUPCAE}$
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)
MACE (ICE, 3)	pourcentage de marais (0 à 100)
MACE (ICE, 4)	altitude moyenne (mètres)
MACE (ICE, 5)	non utilisé
MACE (ICE, 6)	non utilisé
MACE (ICE, 7)	non utilisé
MACE (ICE, 8)	Pourcentage par rapport au carreau entier toujours 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)	cumul des pourcentages de superficie des lacs des carreaux partiels en amont, calculé à la sortie du carreau partiel ICP (voir MARR (24) Annexe D.1.2).
MACP (ICP, 5)	nombre de carreaux qui alimentent ce carreau
MACP (ICP, 6)	cumul des pourcentages de superficie des marais des carreaux partiels en amont, calculé à la sortie du carreau partiel ICP (voir MARR (26) Annexe D.1.2).

L'indice ICP du carreau partiel varie de 1 à NBCE.

D.4 Matrice IJS

Matrice IJS	
Informations relatives aux stations météorologiques disponibles dans la région du bassin versant étudié	
IJS (IPM, 1)	numéro provincial (I5). (Ce numéro n'est pas utilisé dans la version actuelle du modèle)
IJS (IPM, 2)	numéro fédéral (A7)
IJS (IPM, 3)	latitude
IJS (IPM, 4)	longitude
IJS (IPM, 5)	nom (A8)
IJS (IPM, 6)	abscisse I
IJS (IPM, 7)	ordonnée J
IJS (IPM, 8)	altitude (mètres)
IJS (IPM, 9)	précipitation moyenne annuelle (mm)

L'indice IPM des stations météorologiques possibles sur le bassin versant varie de 1 à NBPMAX.



**E DONNÉES DES STATIONS HYDROMÉTRIQUES
ET MÉTÉOROLOGIQUES**

E.1 Vecteur DHM1GEN

Vecteur obligatoire donnant les informations générales de la banque de données à créer.

1	11	16	21	26	31	36	80
DHM1GEN	NAD	NAF	NBPM	NDEB	NNIV		
A10	I5	I5	I5	I5	I5		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NAD	11-15	Année de début (4 chiffres) pour former la banque météo-hydro.
JRDEP	16-20	Numéro du jour du début de la préparation des données hydrométéorologiques (jour 1 pour le 1er janvier et jour 365 pour le 31 décembre, voir tableau I.1). Les données sont toujours préparées à partir du 1er janvier, pour les jours 1 à JRDEP-1, les données météorologiques seront mises à zéro (0).
NAF	21-25	Année de fin (4 chiffres) pour former la banque météo-hydro.
JRFIN	26-30	Numéro du jour de la fin de la préparation des données hydrométéorologiques (jour 1 pour le 1er janvier et jour 365 pour le 31 décembre, voir tableau I.1). Pour l'année NAF la banque est créée jusqu'au jour JRFIN. Pour les jours JRFIN + 1 à 365 ou 366, les données météorologiques seront mises à zéro (0).
NBPM	31-35	Nombre de postes météorologique disponible pour la période NAD-NAF max = 30 si le nombre de postes météorologique (NBPM) est supérieur à 1 les vecteurs STAMET2, STAMET3.....etc. sont induits.
NDEB	36-40	Nombre de stations hydrométrique disponible max = 10 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 (voir section 6.3.4).

E.2 Vecteur REPMETEO

Vecteur obligatoire donnant le nom du répertoire où se trouve les fichiers des données météorologiques.

1	11	80
REPMETEO	REPMET	
A10	A70	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
REPMETO	11-80	Nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données météorologiques. Il faut terminer le nom du répertoire par un "\".

E.3 Vecteur REPHYDRO

Vecteur obligatoire donnant le nom du répertoire où se trouve les fichiers des données hydrométriques.

1	11	80
REPHYDRO	REPHYD	
A10	A70	

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
REPHYDO	11-80	Nom du répertoire où se trouvent les fichiers des données hydrométriques. Il faut terminer le nom du répertoire par un "\".

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	18	19	31	80
STAMET1	NOMET	--	FMET		
A10	A7	A1	A12		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOMET	11-17	Numéro de la station météorologique maximum 7 caractères.
--	18	Non utilisé
FMET	19-30	Nom du fichier donnant 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 quatre vecteurs de 366 valeurs donnant les températures maximum, minimum la pluie et la neige. Le format 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 -99 pour les températures et -1 pour les précipitations. Le fichier peut débiter et finir a n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée.

E.5 Vecteur STAMET2...STAMET30

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	18	19	30	80
STAMET2..30	NOMET	--	FMET		
A10	A7	A1	A12		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOMET	11-17	Numéro de la station météorologique maximum 7 caractères.
--	18	Non utilisé
FMET	19-30	Nom du fichier donnant 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 quatre vecteurs de 366 valeurs donnant les températures maximum, minimum la pluie et la neige. Le format 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 -99 pour les températures et -1 pour les précipitations. Le fichier peut débiter et finir a n'importe quelle année le programme cherche 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 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	32	38	40	52	80
STADEB1	NODEB	--	FDEB	NONIV	--	FNIV		
A10	I6	A2	A12	I6	A2	A12		

<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,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 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,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 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.

E.7 Vecteur STADEB2...STADEB10

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	32	38	40	51	80
STADEB2..10	NODEB	--	FDEB	NONIV	--	FNIV		
A10	I6	A2	A12	I6	A2	A12		

<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,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 (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,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 (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.

**F DONNÉES HYDROMÉTRIQUES ET
MÉTÉOROLOGIQUES PRÉPARÉES**

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) (<u>format 416</u>)	
NBSTAT(1)	dimension des données DONMETEO qui suivent (nombre de poste météorologique × 4) NDIMN1
NBSTAT(2)	nombre de station météorologiques considérées (maximum 30) NBPM
NBSTAT(3)	nombre de station hydrométriques considérées (maximum 10) NBSH
NBSTAT(4)	nombre de stations donnant les niveaux journaliers des réserve des barrages de code 1 NNIVO

F.2 Données ANDEBFIN

Vecteur ANDEBFIN	
Informations sur les années de début et de fin des données (<u>format 2F7.0</u>)	
ANDEBFIN(1)	année de début des données météorologiques fournies sur les données suivantes NAD
ANDEBFIN(2)	année de fin des données météorologiques fournies sur les données suivantes NAF

F.3 Données NOSTAMET

Données NOSTAMET	
Numéro des stations météorologiques utilisées (<u>format 10A7</u>)	
NOSTAMET(1 à NBPM)	numéro des stations météorologiques utilisées PMETEO(1 à NBPM)

F.4 Données NOSTADEB

Données NOSTADEB	
Numéro des stations hydrométriques utilisées (format 10F8.0)	
NOSTADEB(1 à NBPM)	numéro des stations hydrométriques utilisées STADEB(1 à NBSH)

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 STANIV(1 à NNIVO)

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 2×NBPM)</p> <p>précipitation liquide aux NBPM stations météorologiques en dixième de mm METEO(2×NBPM+1 à 3×NBPM)</p> <p>précipitation solide aux NBPM stations météorologiques en dixième de mm d'équivalent d'eau METEO(3×NBPM+1 à 4×NBPM)</p>

L'indice JR varie de 1 au nombre de jours de données dans la période considérée, soit de l'année NAD à NAF.

F.7 Données DONDEBIT

Données DONDEBIT	
Données hydrométriques journalières (<u>format 10F10.2</u>)*	
DONDEBIT(JR, 1 à NBSH)	débit moyen journalier des NBSH stations hydrométriques (m ³ /s)

L'indice JR varie de 1 au nombre de jours de données dans la période considérée, soit de l'année NAD à NAF.

- * On peut utiliser un autre format pour augmenter ou diminuer le nombre de chiffres après le point, mais on ne doit pas changer le 10F10.
Par exemple, selon la dimension des bassins versants, on peut utiliser 10F10.0, 10F10.1, 10F10.3, etc.

F.8 Données DONNIVEAU

Données DONNIVEAU	
Données de niveau journalières (format 10F10.2)	
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 l'année NAD à NAF.

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

G.1 Vecteur QUAL1GEN

Vecteur obligatoire donnant les informations générales de la banque de données de qualité à créer.

1	11	16	21	26	31	80
QUAL1GEN	NAD	NAF	NBQUA	NBPAQU		
A10	I5	I5	I5	I5		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NAD	11-15	Année de début (4 chiffres) pour former la banque de qualité de l'eau.
NAF	16-20	Année de fin (4 chiffres) pour former la banque de qualité de l'eau.
NBQUA	21-25	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	26-30	<p>Nombre de paramètres de qualité à introduire dans la banque. L'ordre des paramètres est:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Température 2- Solides en suspension 3- Oxygène dissous 4- Demande biochimique en oxygène 5- Solide dissous <p>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.</p>

G.2 Vecteur REPQUA

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	18	19	27	80
STAQUA1	NOQUA	--	FQUA		
A10	A7	A1	A8		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOQUA	11-17	Numéro de la station de qualité de l'eau maximum 7 caractères.
--	18	Non utilisé
FQUA	19-26	<p>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</p> <p>1- Température (extension.TEM) 2- Solides en suspension (extension.SSU) 3- Oxygène dissous (extension.ODI) 4- Demande biochimique en oxygène (extension.DBO) 5- Solide dissous (extension*.SDI)</p> <p>Les fichiers donnent sur une première ligne l'année et le numéro de station avec le format (I5,1X,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 débiter et finir à n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée.</p>

G.4 Vecteur STAQUA2...STAQUA10

Vecteur induit donnant les 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	17	18	19	27	80
STATQUA2..10	NOQUA	--	FQUA		
A10	A7	A1	A8		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NOQUA	11-17	Numéro de la station de qualité de l'eau maximum 7 caractères.
--	18	Non utilisé
FQUA	19-26	<p>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</p> <p>1- Température (extension.TEM) 2- Solides en suspension (extension.SSU) 3- Oxygène dissous (extension.ODI) 4- Demande biochimique en oxygène (extension.DBO) 5- Solide dissous (extension*.SDI)</p> <p>Les fichiers donnent sur une première ligne l'année et le numéro de station avec le format (I5,1X,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 débiter et finir a n'importe quelle année le programme cherche l'année désirée.</p>

G.5 Vecteur EXECUTION

Vecteur qui termine obligatoirement le groupe des vecteurs STAQUA.

1	11	80
EXECUTION		
AIO		

H DONNÉES DE QUALITÉ PRÉPARÉES

H.1 Données INFGEN

Données INFGEN	
Informations générales sur la banque de donnée préparée (format 416)	
INFGEN(1)	nombre de sations de qualité utilisées maximum 10 (NBSTQA).
INFGEN(2)	année de début des données de qualité fournies par les vecteurs suivants. (NAD)
INFGEN(3)	année de fin des données météorologiques fournies par les vecteurs suivants (NAF)
INFGEN(4)	nombre de paramètres introduits dans la banque de données. NBPAQA =1 à 5.

H.2 Données NOSTQUA

Données NOSTQUA Numéro des stations de qualité de l'eau utilisées (format 10A7)	
NOSTQUA(1 à NBPAQA)	numéro des stations de qualité de l'eau utilisées NOQUA(1 à NBPAQA)

H.3 Données DONQUA

Données DONQUA	
Données de qualités de l'eau (format 10F8.3)	
DONQUA(JR, 1 à NBPAQA*NBSTQA)	<p>température journalière de l'eau mesurée aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (°C) VALQUA(1 à NBSTQA)</p> <p>solides en suspension mesurés aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (PPM) VALQUA(NBSTQA+1 à 2*NBSTQA)</p> <p>oxygène dissous mesuré aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (PPM) VALQUA(2*NBSTQA+1 à 3*NBSTQA)</p> <p>demande biochimique en oxygène mesuré aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (PPM) VALQUA(3*NBSTQA+1 à 4*NBSTQA)</p> <p>solide en suspension mesuré aux NBSTQA stations de qualité de l'eau (PPM) VALQUA(4*NBSTQA+1 à 5*NBSTQA)</p>

L'indice JR varie de 1 au nombre de jours de données dans la période considérée, soit de l'année NAD à NAF.

I PARAMÈTRES DE SIMULATION QUANTITÉ

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 d'impression.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	80
SIMULATION	NADE	JRDEP	NAFIN	JRFIN	NBJRAN	JD1	JF1	NF1	NCP1	IMACE	IMACP	IQNU		
A10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NADE	11 à 15	2 derniers chiffres de l'année du début de la simulation (ex.: 68 pour 1968);
JRDEP	16 à 20	numéro du jour du début de la simulation pour l'année NADE (1 pour le 1er janvier, 365 pour le 31 décembre, voir le Tableau I.1). Le programme ajoutera 1 si nécessaire pour tenir compte des années bissextiles;
NAFIN	21 à 25	2 dernier chiffres de l'année de fin de simulation;
JRFIN	26 à 30	numéro du jour de fin de simulation pour l'année NAFIN (voir Tableau I.1);
NBJRAN	31 à 35	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	36 à 40	numéro du jour débutant l'impression des résultats intermédiaires du carreau partiel NCP1;
JF1	41 à 45	Numéro du jour finissant cette impression;
NF1	46 à 50	fréquence de cette impression, en jours 0: aucune impression
NCP1	51 à 55	numéro du carreau partiel dont on désire l'impression des résultats intermédiaires;
IMACE	56 à 60	1: écriture du tableau MACE au début de la simulation; 0: rien;
IMACP	61 à 65	1: écriture du tableau MACP, au début de la simulation; 0: rien;
IQNU	66 à 70	1: écriture du tableau QNU au début de la simulation et au début de chaque nouvelle année; 0: rien;

TABLEAU I.1

Numéro de chaque jour de l'année.

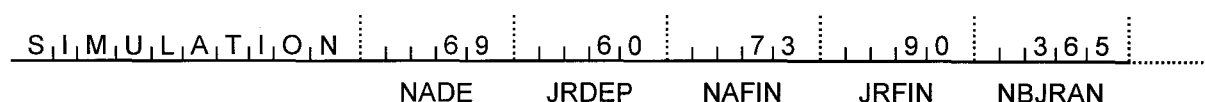
JOUR du mois	jan.	fév.	mars	avril	mai	juin	juil.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	JOUR du mois
1	1	32	60	91	121	152	182	213	244	274	305	335	1
2	2	33	61	92	122	153	183	214	245	275	306	336	2
3	3	34	62	93	123	154	184	215	246	276	307	337	3
4	4	35	63	94	124	155	185	216	247	277	308	338	4
5	5	36	64	95	125	156	186	217	248	278	309	339	5
6	6	37	65	96	126	157	187	218	249	279	310	340	6
7	7	38	66	97	127	158	188	219	250	280	311	341	7
8	8	39	67	98	128	159	189	220	251	281	312	342	8
9	9	40	68	99	129	160	190	221	252	282	313	343	9
10	10	41	69	100	130	161	191	222	253	283	314	344	10
11	11	42	70	101	131	162	192	223	254	284	315	345	11
12	12	43	71	102	132	163	193	224	255	285	316	346	12
13	13	44	72	103	133	164	194	225	256	286	317	347	13
14	14	45	73	104	134	165	195	226	257	287	318	348	14
15	15	46	74	105	135	166	196	227	258	288	319	349	15
16	16	47	75	106	136	167	197	228	259	289	320	350	16
17	17	48	76	107	137	168	198	229	260	290	321	351	17
18	18	49	77	108	138	169	199	230	261	291	322	352	18
19	19	50	78	109	139	170	200	231	262	292	323	353	19
20	20	51	79	110	140	171	201	232	263	293	324	354	20
21	21	52	80	111	141	172	202	233	264	294	325	355	21
22	22	53	81	112	142	173	203	234	265	295	326	356	22
23	23	54	82	113	143	174	204	235	266	296	327	357	23
24	24	55	83	114	144	175	205	236	267	297	328	358	24
25	25	56	84	115	145	176	206	237	268	298	329	359	25
26	26	57	85	116	146	177	207	238	269	299	330	360	26
27	27	58	86	117	147	178	208	239	270	300	331	361	27
28	28	59	87	118	148	179	209	240	271	301	332	362	28
29	29	*	88	119	149	180	210	241	272	302	333	363	29
30	30		89	120	150	181	211	242	273	303	334	364	30
31	31		90		151		212	243		304		365	31

* Pour les années bissextiles, ajouter 1 au nombre tabulé après le 28 février.

Exemples

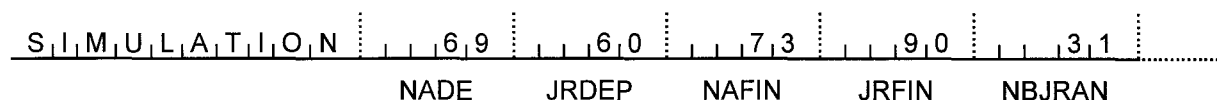
Définition de la période de simulation à l'aide des cinq premiers paramètres:

1er cas



On simule les débits de toute la période incluse entre le 1er mars 1969 et le 31 mars 1973.

2e cas



On simule seulement les débits des mois de mars des années 1969 à 1973.

Impression des calculs intermédiaires:



On imprime 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 imprimés sont:

DATE	:	jour et mois;
VOL.EMMAG.	:	volume emmagasiné (m ³);
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	:	lampe 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);
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);
ETR SOL	:	évapotranspiration réelle depuis le réservoir SOL (mm);
ETR NAP	:	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	
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

<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	KODSIM	MOTRAN	ISTO	NSOD	NSOF	---	NTEMP	NTHIES	---	NANHDR	KPREC		
A10	I5	I5	I5	I5	I5										

<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 6.3);
JOEVA	16 à 20	rôle analogue à JONEI, mais pour l'évapotranspiration;
KODSIM	21 à 25	0: les données météorologiques journalières sont lues sur le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées (*.HMC); 1: les données météorologiques journalières sont lues sur vecteurs du fichier (*.PAH) et ceci implique l'utilisation des vecteurs "DATE" et "METEO";
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: de l'aval vers l'amont;
ISTO---	31 à 35	Code de sauvegarde des données météorologiques: 1: sauvegarde des données météorologiques moyennes sur les bassins versants ayant une station hydrométrique réelle. Les données gardées sur fichier (extension TPF) sont: la température de l'air, la pluie et la fonte. Ce fichier est utilisé pour faire les graphiques de ces données. 0: aucune donnée météorologique n'est gardée et le fichier n'est pas créé;
NSOD	36 à 40	numéro du jour de début de l'impression des débits calculés à chaque pas de temps;
NSOF	41 à 45	numéro du jour de fin de cette impression;
---	46 à 50	non utilisé;
NTEMP	51 à 55	code de calcul de la température moyenne de l'air sur les carreaux entiers: 1: par régression, depuis l'ensemble des stations météorologiques si COET=0.0 ou par polygones de Thiessen, si COET ≠ 0.0 (COET est défini sur le vecteur obligatoire I.1.6); 3: par pondération des trois stations les plus proches;
NTHIES	56 à 60	code de calcul des précipitations: 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;
--	61 à 65	non utilisé;

NANHDR	66 à 70	numéro du mois initial de l'année hydrologique pour la simulation; 1 ou 0: l'année hydrologique débute le 1er janvier et finit le 31 décembre; 10: l'année hydrologique débute le 1er octobre et se termine le 30 septembre;
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 I.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	
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

<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 I.2.9);
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	
A10	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>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 de vidage des réservoirs.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
SOL3	COEP	EVNAP	TRI	XAA	XIT	XLA	COET	
A10	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>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 du carreau entier (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 facultatif SURFIMPERM (Annexe I.2.22);
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 trois options pour calculer la température sur chaque carreau entier. (Voir variable NTEMP sur le vecteur obligatoire OPTION, Annexe I.1.3) Si NTEMP = 1 et COET = 0, le modèle calcule la température par régression, en fonction de l'altitude moyenne du carreau entier. Par contre, si COET ≠ 0 ET NTEMP = 1, la température d'un carreau sera estimée à l'aide de la station météorologique la plus près, corrigée en fonction de la différence d'altitude entre la station et le carreau considéré. Si NTEMP = 3, COET peut être égal ou différent de zéro et NTEMP et NTHIES doivent avoir les mêmes valeurs.

I.1.7 Vecteur obligatoire SOLINITIAL

Ce vecteur permet de définir les conditions initiales le premier jour de la simulation.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
SOLINITIAL	HSINI	HNINI	HMINI	QO	TMUR	TSTOCK		
A10	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 ³ /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		
AIO	F 10.3	F 10.3		

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
EXXKT	11 à 20	paramètre de calcul du coefficient de transfert d'un carreau partiel à l'autre, pour le pas de temps d'une journée;
ZN	21 à 30	temps de concentration du bassin versant (jours).

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	41	46	51	61	66	71	76	80
POSTMETEO	NOM	NOSME	ICA	JCA	TP	IALT	LAT	LONG	NPROV	
A10	A23	A7	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 40	numéro de la station, ce numéro doit être un numéro existant sur la banque de données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC);
ICA	41 à 45	abscisse de la station dans le système de coordonnées "I et J" du bassin;
JCA	46 à 50	ordonnée de la station dans le système de coordonnées "I et J" du bassin;
TP	51 à 60	précipitation moyenne interannuelle de la station (mm);
IALT	61 à 65	altitude de la station (mètres);
LAT	66 à 70	latitude de la station (degrés sexagésimaux). Ce paramètre est donné comme information et n'est pas obligatoire;
LONG	71 à 75	longitude de la station (degrés sexagésimaux). Ce paramètre est donné comme information et n'est pas obligatoire;
NPROV	76 à 80	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. SIGMA permet un maximum de 30 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	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
STATIONFIC	(NUMST(I), I - NBSH + 1 à NSTAT)														
AIO	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

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 14 stations fictives, il suffit de rajouter un vecteur supplémentaire. Toutefois, NSTAT doit rester inférieur ou égal à 20.

Variables

NUMST (I)

Description

numéro du carreau partiel où est située la station fictive I, numéro qui varie de 1 à NBSH, mais ne doit pas correspondre à un numéro où il y a une station réelle ou un double exécutoire (voir vecteur EXUBIS Annexe I.2.15)

REMARQUE:

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.

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	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

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
KODBAR (I)

Description

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 (*.HMC).

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 retenue pour vérifier la cote calculée
2	Réel ou fictive	NIVEAU DEBIT	-----
3	Réel	Aucune	Le fichier de données hydrométriques et météorologiques préparées doit contenir les débits entrants.

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 10 barrages;
- 5) les vecteurs BARRAGE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant le vecteur obligatoire EXECUTION.

1.2.3 Vecteur facultatif CARTEFONTE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données permettant de produire une carte du bassin versant, montrant 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
IDATE(I,*)

Description

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 SIGMA.

Voir aussi CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP.

I.2.4 Vecteur facultatif CARTENAPPE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données permettant de produire une carte du bassin versant, montrant la hauteur d'eau (mm) dans le réservoir NAPPE 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.

<u>Variables</u>	<u>Description</u>
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 SIGMA.

Voir aussi CARTEFONTE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP.

I.2.5 Vecteur facultatif CARTENEIGE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données permettant de produire une carte du bassin versant, montrant l'équivalent en eau moyen (mm) du stock de neige au sol sur chaque carreau entier. L'équivalent en eau est 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.

Variables
IDATE(I,*)

Description

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 SIGMA.

Voir aussi CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP.

I.2.6 Vecteur facultatif CARTEPLUIE

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données permettant de produire une carte du bassin versant, montrant 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

IDATE(I,*)

Description

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 SIGMA.

Voir aussi CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL ou CARTETEMP.

I.2.7 Vecteur facultatif CARTESOL

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données permettant de produire une carte du bassin versant, montrant la hauteur d'eau (mm) dans le réservoir SOL 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

IDATE(I,*)

Description

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 SIGMA.

Voir aussi CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE ou CARTETEMP.

1.2.8 Vecteur facultatif CARTETEMP

Ce vecteur permet de définir les jours où l'on désire générer les données permettant de produire une carte du bassin versant, montrant la température moyenne de l'eau sur chaque carreau entier (°C).

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.

<u>Variables</u>	<u>Description</u>
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 SIGMA.

Voir aussi CARTEFONTE, CARTENAPPE, CARTENEIGE, CARTEPLUIE, CARTESOL.

I.2.9 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)														
A10	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 deux 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.

<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.2.10 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)		
A10	I5	I5	F10.3	I5	F10.3	I5	F10.3	I5	F10.3		

<u>Variables</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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
CONTRAINTE   3
CONTRAINTE   3
CONTRAINTE   3
    
```

I.2.11 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(I)
A10	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(I)

numéro du carreau partiel (1 à NBCP) dont on veut changer la valeur du coefficient de transfert;

IXKT(I)

valeur du nouveau coefficient de transfert, en dix millièmes:

$$XKT(ICAR(I)) = IXKT(ICAR(I)) / 10\ 000.$$

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.2.12 Vecteur facultatif DATERELEVE

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
DATERELEVE	(IDATE(I,1), I = 1 à N)							
A10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10	I 10

Variables

IDATE(I, 1)

Description

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 DATERELEVE, 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 DATERELEVE sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant la vecteur obligatoire EXECUTION;
- 4) chaque date spécifiée par la vecteur DATERELEVE implique l'utilisation d'un groupe de vecteurs induits RELEVEMOY;

I.2.13 Vecteur facultatif DEBITMAX

Non utilisé dans la version actuelle.

I.2.14 Vecteur facultatif DEBITMIN

Non utilisé dans la version actuelle.

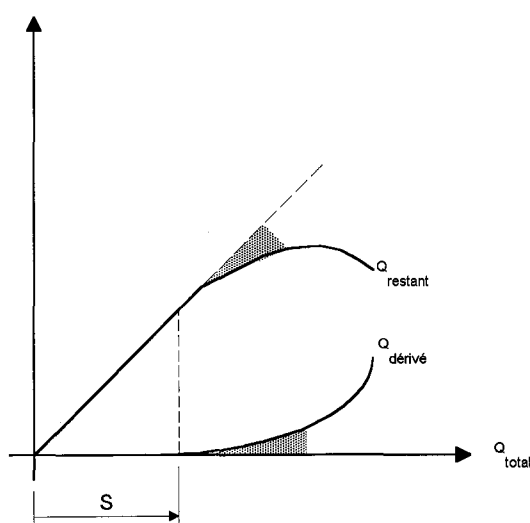
I.2.15 Vecteur facultatif EXUBIS

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:

$$Q_{\text{dérivé}} = \max(0, aQ_{\text{tot}}^2 + bQ_{\text{tot}} + c)$$



- En-dessous d'un seuil "S", le débit total Q_{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).

<u>Variables</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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 31 à 40 41 à 50	termes définissant l'expression du débit dérivé.

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.2.16 Vecteur facultatif GRAPHIQUE

Non utilisé dans la version actuelle

I.2.17 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.2.18 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	78	79	80
LAC	(KODLAC(I), I=1 à NBCP)																		
A10	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11			11	11	11	11

Variable
KODLAC(I)

Description

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 introduire autant de vecteurs que nécessaire;
- 4) les vecteurs LAC sont à insérer après les vecteurs facultatifs STATIONFIC et avant la vecteur obligatoire EXECUTION.

I.2.19 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		15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

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 vierges, 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.2.20 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 (NBJAN \leq 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, tel que montré à la Figure 6.11

I.2.21 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)							
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

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 ²) 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.2.22 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.2.23 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 ³ /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.

1.2.24 Vecteur facultatif VOLINIT (VOLUME INITIAL)

Ce vecteur permet d'initialiser les volumes emmagasinés dans les barrages au premier jour de 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

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
VOLEMM(I)	volume emmagasiné en millions de m ³ 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 (voir Figure 6.11).

I.3 Les vecteurs induits

I.3.1 Vecteur induit NIVEAU

Ce vecteur est induit par le vecteur facultatif BARRAGE, lorsque ce dernier comporte des barrages de code 1 ou 2.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
NIVEAU	A	B	C	D	E	F	CO	
A10	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	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.

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 m³), à l'aide d'un polynôme de degré inférieur ou égal à 1. Il permet de définir les paramètres de la relation entre le débit Q (m³/s) à évacuer du barrage et le volume emmagasiné V (millions de m³):

$$H = A + BV + CV^{1/2} + DV^{1/3} + EV^{1/4} + FV^{1/5} + CO$$

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;
- 3) CO est le niveau géodésique ou de référence.

I.3.2 Vecteur induit VOLUME

Ce vecteur est employé lorsque le code du barrage correspondant vaut 1. Il doit toujours suivre le vecteur induit NIVEAU.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
VOLUME	P	Q	R	S	T	U	CO	
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

Ce vecteur permet de définir les paramètres de la relation entre le volume emmagasiné V (millions de m^3), 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;

I.3.3 Vecteur induit DEBIT

Ce vecteur est employée lorsque le code du barrage correspondant vaut 2.

1	11	21	31	41	51	61	71	80
DEBIT	P'	Q'	R'	S'	T'	U'		
A10	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F 10.3	F10.3		

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 cette vecteur;

I.3.4 Vecteur induit DATE

La présence de ce vecteur est rendue nécessaire si, sur le vecteur obligatoire OPTION, le paramètre KODSIM vaut 1.

1	11	16	21	80
DATE	NDECAR	NFICAR		
AIO	I5	I5		

Un vecteur DATE est nécessaire par année de simulation afin de spécifier l'intervalle sur lequel les données météorologiques sont lues sur le fichier des paramètres hydrologiques et non sur le fichier des paramètres hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC).

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NDECAR	1 à 15	numéro du premier jour où les données météorologiques sont lues sur vecteur METEO (de 1 à 366, voir Tableau 1).
NFICAR	16 à 20	numéro du dernier jour où les données météorologiques sont lues sur vecteur METEO (de 1 à 366, voir Tableau 1).

REMARQUES:

- 1) l'utilisation du vecteur DATE entraîne celle des vecteurs induits METEO;
- 2) la vecteur DATE est lue dans la boucle annuelle du programme, après le vecteur obligatoire EXECUTION (voir Figure 6.11).

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	71	80
DEBITMOY	HSINI	HNINI	HMINI	QO	TMUR	TSTOCK		
A10	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	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 ³ /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 (voir Figure 6.11).

I.3.6 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	41	80
RELEVEMOY	IMI	IMA	JMI	JMA	STNREL		
A10	15	15	15	15	15		

Ce vecteur est rendu nécessaire par les vecteurs facultatifs DATERELEVE.

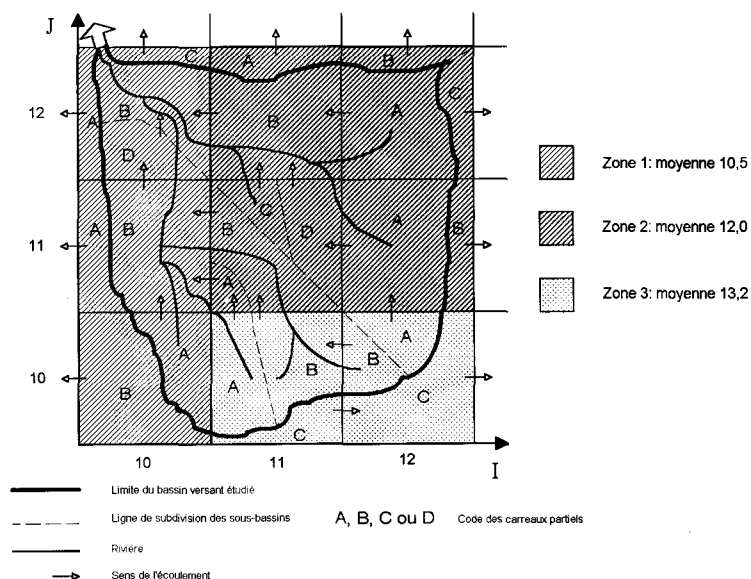
Variable	Colonnes	Description
IMI	11 à 15	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des I.
IMA	16 à 20	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des I.
JMI	21 à 25	borne inférieure du quadrillage suivant l'axe des J.
JMA	26 à 30	borne supérieure du quadrillage suivant l'axe des J
STNREL	31 à 40	valeur moyenne (mm) de l'équivalent en eau pour la zone définie par: $IMI \leq IMA$ et $JMI \leq J \leq JMA$.

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 6.11).

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.3.7 Vecteur induit METEO

Ce vecteur contient les informations météorologiques journalières pour l'intervalle de temps défini sur le vecteur induit DATE.

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
METEO	(DOT(I), I = 1 à 4*NBPM)														
AIO	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

Cette utilisation correspond, par exemple, à l'introduction d'une série de données météorologiques extrêmes pour simuler des crues.

<u>Variable</u>	<u>Description</u>
DOT(1) à DOT(NBPM)	température maximale de l'air aux NBPM stations météorologiques (°C).
DOT(NBPM + 1) à DOT(2*NBPM)	température minimale de l'air aux NBPM stations météorologiques (°C).
DOT(2*NBPM + 1) à DOT(3*NBPM)	précipitation liquide aux NBPM stations météorologiques (mm).
DOT(3*NBPM + 1) à DOT(4*NBPM)	équivalent en eau de la précipitation solide aux NBPM stations météorologiques (mm).

REMARQUES:

- 1) suivant le nombre de stations météorologiques, les informations fournies pour une journée peuvent éventuellement être indiquées sur plusieurs vecteurs METEO. Si des informations sont fournies pour plus d'une journée, il est nécessaire de débiter la série d'informations de chaque journée additionnelle sur un nouveau vecteur METEO;
- 2) le ou les vecteurs induits METEO sont lus dans la boucle journalière du modèle. Leur position est déterminée en tenant compte des autres vecteurs induits et des dates respectives. L'ordre de lecture de ces vecteurs se déduit du schéma de lecture du modèle (Figure 6.11).
- 3) le modèle lit toujours les données météorologiques sur le fichier des données hydrométriques et météorologiques préparées (extension HMC), mais les valeurs lues sur vecteur redéfinissent ces données.

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	41	80
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: $IMI = I \leq IMA$ et $JMI = J \leq JMA$.

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.

Exemple d'utilisation des vecteurs CORPREC avec changement de station météorologique (voir exemple Annexe I.1.9):

Supposons que la banque de données 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").

Pour la période utilisant trois stations météorologiques (b, c, f), les précipitations des carreaux entiers compris entre $I = 1$ à 3 et $J = 1$ à 4 sont multipliées par 1.03. Pour la zone $I = 4$ à 5 et $J = 1$ à 4, les précipitations sont multipliées par le facteur 0.98. Pour la période utilisant quatre stations météorologiques, les précipitations sont multipliées par 1.05 pour les carreaux compris dans la zone $I = 1$ à 2 et $J = 2$ à 4.

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
CORPREC       1 3 1 4  1.03
CORPREC       4 5 1 4  0.98
CORPREC
EXECUTION
POSTEMETEO    a
POSTEMETEO    b
POSTEMETEO    c
POSTEMETEO    f
CORPREC       1 2 2 4  1.05
CORPREC
```



J PARAMÈTRES DE SIMULATION DE QUALITÉ

J.1 Vecteurs obligatoires

J.1.1 Vecteur obligatoire STAQUARF

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
STAQUARF	NBQUAR	NBQUAF	NUMQUA(I), I = 1,10												
A10	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15			

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
NBQUAR*	11-15	Nombre de stations de qualité réelles considérées sur le bassin versant.
NBQUAF	16-20	Nombre de stations de qualité fictives considérées sur le bassin versant.
NUMQUA(I)	21-70	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).

* 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

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
PARAMODE	(IPAQU(I), I = 1,5)														
A10	I5	I5	I5	I5	I5										

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.

<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 VITESSVEN 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

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
VARIACOM	CORPROM	CORLARG													
A10	F5.2	F5.2													

Ce vecteur sert à modifier les caractéristiques physiques des rivières. Il doit suivre immédiatement le vecteur PARAMODE.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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.2 Vecteurs induits

J.2.1 Vecteur induit TEMPERAT

	1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
TEMPERAT	C _s	C _i	C _e	C _c	CRIGEL	TNAP	PANAP	TINIT	TCAR1	TCAR2	TCAR3	BASSOL	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	F5.2		

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
C _s	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 _i	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 _e	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 _c	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).
TNAP	36-40	Température moyenne annuelle des eaux souterraines sur le bassin versant (°C).
PANAP	41-45	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	46-50	Température moyenne de l'eau sur l'ensemble du bassin versant estimée au premier jour des simulations (°C).
TCAR1	51-55	Numéro en mode réel d'un carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.

TCAR2	56-60	Numéro en mode réel d'un carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.
TCAR3	61-65	Numéro en mode réel d'un carreau partiel où l'on veut des résultats intermédiaires.
BASSOL	66-70	Lame de précipitation totale permettant de détecter les jours de faible rayonnement solaire (mm d'eau).
CORSOL	71-75	Correction du rayonnement solaire moyen (RSM) pour les jours sans pluie ($RSM \times (1+CORSOL)$) et les jours de fortes pluies ($RSM \times (1-CORSOL)$) (entre 0.0 et 1.0).

J.2.2 Vecteur induit RADIUSOL

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
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		

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
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			

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
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			

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
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	F5.2		

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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

	1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
SSUSPEN1	a ₁	a ₂	K ₁	K ₂	a	b	c	POSS1	POSS2	POSS3	POSS4	a _c	b _c	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	F5.2	F5.2

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
a ₁	11-15	Coefficient de disponibilité des sédiments au sol pour l'entraînement par le ruissellement direct.
a ₂	16-20	Coefficient de disponibilité des sédiments au sol pour l'entraînement par le ruissellement retardé.
K ₁	21-25	Lame journalière de ruissellement de surface entraînant vers la rivière tous les sédiments au sol (mm).
K ₂	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).
POSS4	61-65	Proportion des sédiments totaux produits entre 0.6 et 2.0 mm (0.0 à 1.0).
a _c	66-70	Coefficient empirique dans l'équation du diamètre critique en rivière.
b _c	71-75	Puissance de la vitesse dans l'équation du diamètre critique en rivière.
PAM	76-80	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).

J.2.7 Vecteur induit SSUSPEN2 (induit par SSUSPEN1)

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
SSUSPEN2	QSOL 1	QSOL 2	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						

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
QSOL1	11-15	Quantité de sédiments au sol entraînés par ruissellement direct sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m ³).
QSOL2	16-20	Quantité de sédiments au sol entraînés par ruissellement retardé sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m ³).
SED1	21-25	Quantité de sédiments en suspension de classe 1 en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m ³).
SED2	26-30	Quantité de sédiments en suspension de classe 2 en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m ³).
SED3	31-35	Quantité de sédiments en suspension de classe 3 en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m ³).
SED4	36-40	Quantité de sédiments en suspension de classe 4 en rivière sur chaque carreau partiel le premier jour de simulation (m ³).
SS1	41-45	Numéro de carreau partiel où on veut l'impression de résultats intermédiaires.
SS2	46-50	Numéro de carreau partiel où on veut l'impression de résultats intermédiaires.
SS3	51-55	Numéro de carreau partiel où on veut l'impression de résultats intermédiaires.

J.2.8 Vecteur induit DBOXYGEN

	1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
DBOXYGENE	P ₂	P ₄	P ₁	P ₄	C _A	C _H	K _D	K _R	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				

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 DBO₅ 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 DBOXYGENE et ses vecteurs induits ou facultatifs doivent être placés entre le vecteur VARIACOM et le vecteur EXECUTION.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
P ₂	11-15	Lame journalière de pluie ou de fonte qui peut dégrader 63% de la charge en DBO ₅ accumulée au sol (mm) (minimum fixé à 1.0).
P ₃	16-20	Lame journalière de ruissellement qui peut entraîner vers les cours d'eau 63% de la charge en DBO ₅ accumulée au sol (mm) (minimum fixé à 1.0).
P ₁	21-25	Facteur de dégradation linéaire de la charge en DBO ₅ accumulée au sol lorsqu'il n'y a ni pluie ni fonte (0.0 à 1.0).
P ₄	26-30	Facteur de dégradation linéaire de la charge en DBO ₅ entraîné vers les cours d'eau par la lame de ruissellement (0.0 à 1.0).
C _A	31-35	Paramètre utilisé pour calculé le coefficient de réoxygénation K ₂ . Ce paramètre intervient toute l'année.
C _H	36-40	Paramètre utilisé pour calculé le coefficient de réoxygénation K ₂ . Ce paramètre intervient sous couvert de glace seulement.
K _D	41-45	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 posés égal à K _R . On peut cependant, si on le désire, donner une valeur différente pour la calibration du modèle.
K _R	46-50	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 posés égal à K _D . On peut cependant, si on le désire, donner une valeur différente pour la calibration du modèle.
FU5	51-55	Rapport de la DBO ultime à la DBO (5 jours); devrait être fixé à 1.47 pour la première simulation (pas d'unités).
CODBOI	56-60	Concentration moyenne initiale en DBO ₅ en rivière pour l'ensemble du bassin au premier jour des simulations (mg/l).

TTT1	61-65	Numéro de carreau entier où l'on veut l'impression de résultats intermédiaires (1 à NBCE).
TTT2	66-70	Numéro de carreau partiel où l'on veut l'impression de résultats intermédiaires (1 à NBCEP).

J.2.9 Vecteur induit DBO5DIFF

	1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
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	F5.0	F5.0

Ce vecteur est induit par le paramètre IPAQU(3) du vecteur PARAMODE. Il sert à définir la charge moyenne journalière diffuse en DBO₅ 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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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.2.10 Vecteur induit SOLIDISS

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76 80
SOLIDISS	C _R	C _H	C _N	SDINIT	ZZ1	ZZ2	ZZ3							
A10	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2	F5.2							

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
C _R	11-15	Paramètre indiquant la concentration moyenne en solides dissous dans les eaux de ruissellement (PPM).
C _H	16-20	Paramètre indiquant la concentration moyenne en solides dissous dans les eaux hypodermique (PPM).
C _N	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 l'impression de résultats intermédiaires.
ZZ2	36-40	Numéro de carreau partiel où l'on veut l'impression de résultats intermédiaires.
ZZ3	41-45	Numéro de carreau partiel où l'on veut l'impression de résultats intermédiaires.

J.3 Vecteurs facultatifs

J.3.1 Vecteur facultatif DBO5PONC

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
DBO5PONC	(TNUM(I), TVAL(I), I = 1, NBCP carreaux partiels ayant une charge ponctuelle en DBO ₅)														
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

Ce vecteur sert à définir la charge ponctuelle moyenne journalière en DBO₅ pour chaque carreau partiel où cela est nécessaire. Le vecteur DBO5PONC doit suivre immédiatement les vecteurs DBO5DIFF et se répétera autant de fois qu'il faut pour définir toutes les charges ponctuelles sur le bassin versant.

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 ₅ non nulle.
TVAL(I)	16-20.	Charge moyenne journalière ponctuelle en DBO ₅ 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 ₅ non nulle.
TVAL(I)	26-30.	Charge moyenne journalière ponctuelle en DBO ₅ sur le carreau partiel (TNUM(I)) (d'origine humaine, animale, agricole, industrielle ou naturelle) (kg).
	etc.	

J.3.2 Vecteur facultatif SODIPONC

1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
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	F5.2

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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.3.3 Vecteur facultatif SODINAPP

	1	11	16	21	26	31	36	41	46	51	56	61	66	71	76	80
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	F5.2	F5.2

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.

<u>Variable</u>	<u>Colonnes</u>	<u>Description</u>
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 FEUILLES DE CODIFICATION DES DONNÉES
PHYSIOGRAPHIQUES GÉNÉRALES**

Données physiographiques générales des carreaux

Projet:

Date:

Fichier projet:

Fichier données générales carreaux:

VECTEUR	CARREAUX ENTIERS
Nom du vecteur	Surf. km ²
1	11
SURFCE	| | | |

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. %	I	J	C o d e	Surf. %	I	J	C o d e	Surf. %	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	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|
PHYDRACE	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|	|

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. %	I	J	C o d e	Surf. %	I	J	C o d e	Surf. %	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																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								
PHYDRACE																								