



L'Institut  
français  
de recherche  
scientifique  
pour le  
développement  
en coopération

Centre  
de la  
Guadeloupe

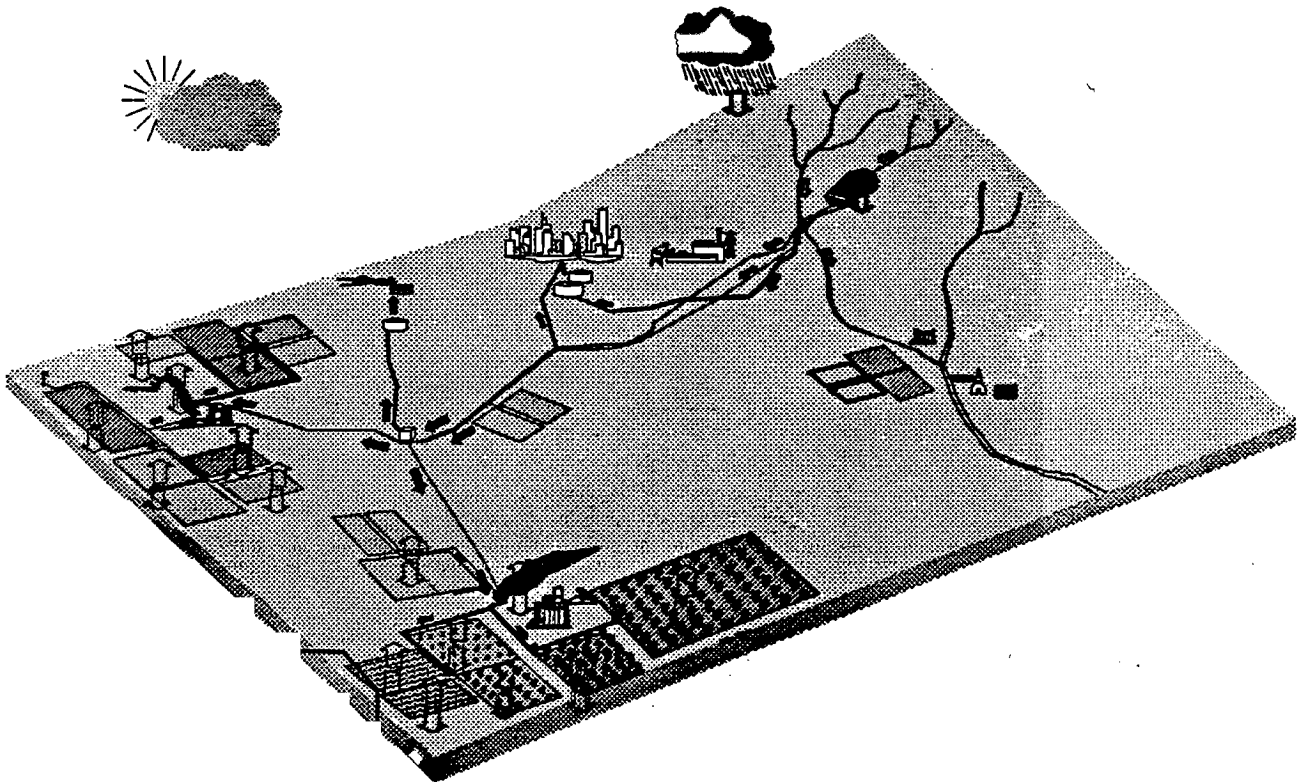


CONSEIL GÉNÉRAL  
DE LA GUADELOUPE

## Elaboration d'un Outil d'Aide à la Décision dans l'Aménagement des Eaux

# HYDRAM

### Application à l'irrigation de la Grande -Terre



Pointe à Pitre, décembre 92



L'Institut  
français  
de recherche  
scientifique  
pour le  
développement  
en coopération

Centre  
de la  
Guadeloupe

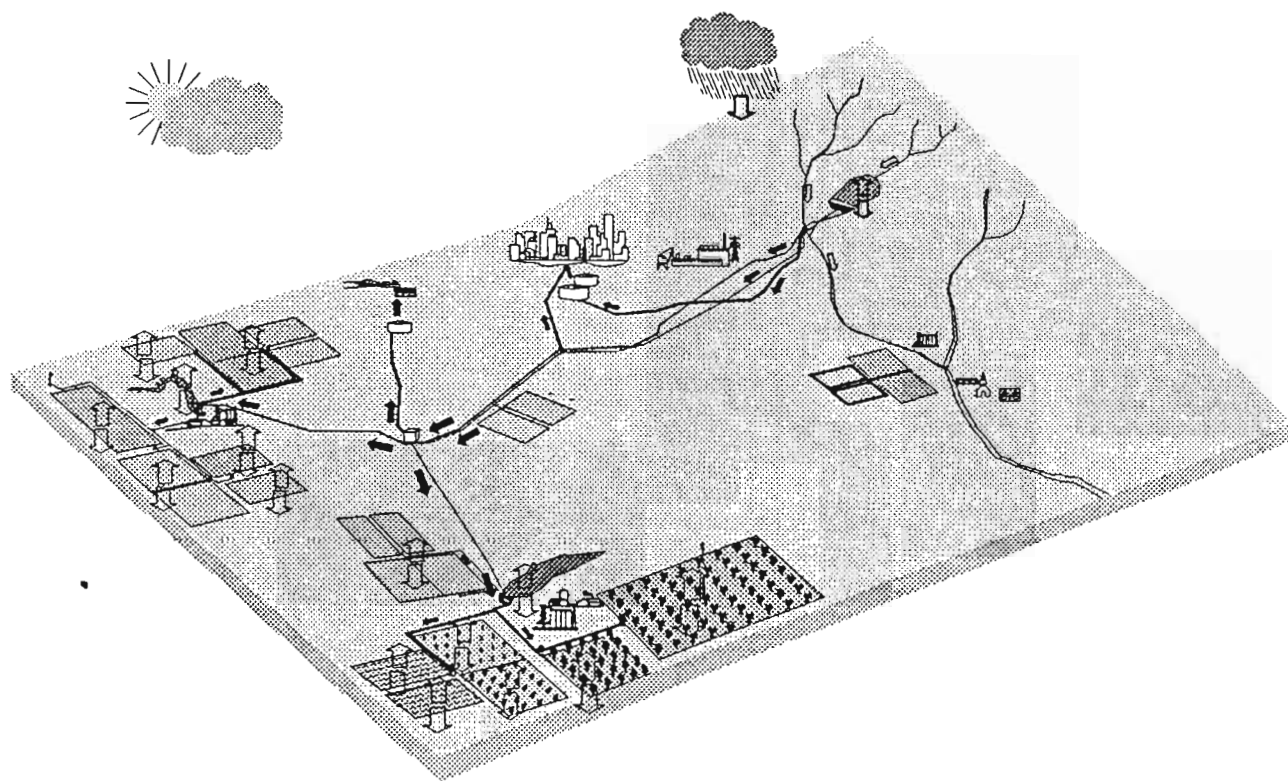


CONSEIL GÉNÉRAL  
DE LA GUADELOUPE

## Elaboration d'un Outil d'Aide à la Décision dans l'Aménagement des Eaux

# HYDRAM

### Application à l'irrigation de la Grande -Terre



---

---

## Sommaire

Avant-propos .....	1
1. L'abc de l'outil .....	3
2. Les composants .....	11
3. L'outil pas à pas .....	41
4. L'outil par le menu.....	63
5. Les périmètres d'irrigation.....	75
6. Irrigation de la Grande-Terre - scénario 1993-1996.....	87
7. Conclusions.....	121
Références bibliographiques .....	123

### Table des matières

#### Annexes

1. Les fichiers dans Hydram.....	1
2. Les données d'écoulement .....	7
3. Simulations scénario 1993-1996.....	21

### Table des annexes

**Ont participé à cette étude**

- pour la conception du logiciel :  
Frédéric Frenet, Jean-Marie Landetcheberry, Géry Schneider, ingénieurs informaticiens, Volontaires à l'Aide Technique ;
- pour la critique et la reconstitution des données de base relatives à l'application à l'irrigation de la Grande-Terre :  
Alain Dezetter, Chargé de Recherche, responsable du laboratoire d'hydrologie du Centre ORSTOM de Guadeloupe ;  
Yvan Bardin, Franck Pinot, Franck Régis, ingénieurs hydrologues, Volontaires à l'Aide Technique.

---

## Avant-propos

Ce document constitue le rapport final de la *convention pour l'élaboration d'un système-expert d'aide à la gestion d'hydro-aménagements HYDRAM Application à l'irrigation de la Grande-Terre* signée entre le DEPARTEMENT DE LA GUADELOUPE et l'ORSTOM.

La première partie du rapport est consacrée à la description de l'outil réalisé. Les concepts de base sont ainsi détaillés dans le chapitre *L'abc de l'outil*. La section suivante présente les différents types de composants disponibles pour construire un hydro-aménagement, rangés dans l'ordre alphabétique pour une consultation aisée. Les chapitres *L'outil pas à pas* et *L'outil par le menu* décrivent l'utilisation du logiciel.

Le chapitre *Les périmètres d'irrigation* détaille la modélisation du fonctionnement adoptée. Il présente également les données hydro-météorologiques utilisées dans le cadre de l'application à l'irrigation de la Grande-Terre et les hypothèses et les choix de modélisation du plan cultural actuellement en vigueur. Il est notamment fait référence à des travaux de l'INRA, du CIRAD et à des données fournies par le Service Météorologique Régional.

Le dernier chapitre est consacré à l'évaluation du système d'eau destiné à l'irrigation de la Grande-Terre et au renforcement de l'alimentation en eau potable. L'application porte jusqu'à la date de mise en place de la retenue de Bras-David fixée à 1996. Le scénario étudié pour 1993-1996 a été établi avec la collaboration de la SOGEA pour la description du système d'eau existant et de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt pour la planification des aménagements.

Les constats sont basés sur l'analyse des résultats de simulation du fonctionnement des systèmes au pas de temps décadaire sur quarante années de données hydro-météorologiques - 1951 à 1990 -. La constitution des données d'écoulement, préalable important à la simulation, est détaillée en annexes ; y sont également présentés des résultats plus détaillés de simulations évoquées dans le texte.



## 1. L'abc de l'outil

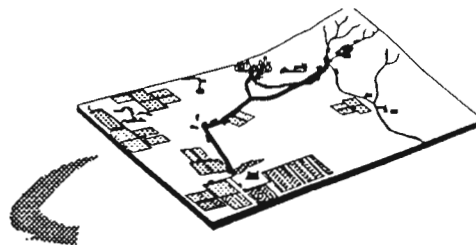
L'idée de base de l'outil est de rendre disponibles facilement, de manière claire et synthétique les conséquences prévisibles de scénarios de développement, d'alternatives de gestion, dans les études d'aménagement des eaux.

HYDRAM permet de :

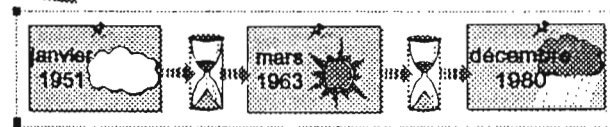
- modéliser un système où interviennent divers types de besoins et de ressources, et envisager facilement différentes évolutions spatiales et temporelles ;
- simuler le fonctionnement hydrologique du système avec des règles de gestion, de satisfaction des besoins et de sollicitation des ressources, selon un mode se rapprochant des conditions réelles ;
- présenter des bilans de fonctionnement de chacun des composants du système ainsi que des résultats globaux pour chaque simulation.

Ces concepts de base de l'outil sont détaillés dans cette première partie.

### ■ Conception



### ■ Simulation



### ■ Analyse

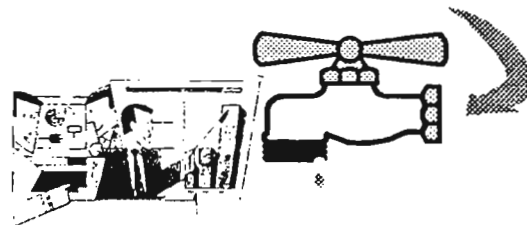


Figure 1-1.L'abc de l'outil

---

## Conception

### Les bases

#### Hydro-aménagement ou système d'eau

Un hydro-aménagement est un ensemble de composants physiques, avec des modalités de fonctionnement et de gestion. Il constitue un système hiérarchisé destiné à atteindre un certain nombre d'objectifs, dont le premier est la satisfaction en eau en terme de quantité.

L'étude du système consiste en la confrontation de besoins et de ressources sous la contrainte des moyens mis en oeuvre pour solliciter ces dernières.

#### Composant

Le composant est l'élément de base du système d'eau. De grandes classes de composants sont donc identifiables : demande en eau, ressource, organe de transfert.

Les composants disponibles dans le modèle fournissent des spécifications plus ou moins complexes des caractéristiques de ces classes, indispensables pour en assurer le fonctionnement : volume disponible, volume nécessaire, débit maximum de transit...

#### La construction

Au niveau le plus abstrait, un système d'eau peut ainsi être considéré comme un réseau constitué de noeuds et de liens. Construire un hydro-aménagement consiste donc à ajouter, modifier, supprimer des composants dans ce réseau.

Ainsi l'état actuel d'un hydro-aménagement existant peut être aisément modélisé avec le degré de finesse souhaité. A partir de ce système, divers aménagements correspondant à des scénarios de développement peuvent être obtenus facilement par copies puis modifications. Pour tenir compte du degré de connaissance variable des composants eux-mêmes, on dispose d'une grande flexibilité au niveau de leur description.

#### En pratique

De manière pratique l'ajout de nouveaux composants se fait par sélection d'éléments déjà existants dans un autre système, puis copie dans l'hydro-aménagement étudié. Le choix des éléments est effectué par sélection dans une liste, ou sur la représentation graphique du système. Les différents composants disponibles pour construire un hydro-aménagement sont de l'ordre d'une vingtaine. Le but n'est pas ici de détailler chacun - voir le chapitre *Les composants* -. Nous nous contenterons de souligner les traits essentiels des grandes classes : besoins, ressources, liens.

#### Des besoins

La spécification de la demande en eau est plus ou moins complexe suivant les besoins. Une demande en débit est le type de composant le plus simple : le besoin est exprimé par la variation saisonnière de demande de débit. Les périmètres d'irrigation sont les plus complexes, le calcul de leur besoin devant notamment tenir compte de plusieurs facteurs dont la réserve en eau du sol.

De nombreux types peuvent être identifiés : demande en eau potable, station de traitement... Dans tous ces composants, on distingue des caractéristiques fixes (nom, localisation, ...) et des caractéristiques propres à une simulation (règles de gestion). On saisira l'intérêt pratique de cette distinction à la lecture du paragraphe *Simulation*.



## La politique de distribution

La possibilité de reproduire une politique de distribution est essentielle. On a donc introduit la notion de disponibilité globale du système, définie par le rapport entre la somme des volumes disponibles au niveau des ressources et la somme des volumes des demandes à satisfaire, sur une période donnée. Cet état varie donc en fonction du temps. Il y a pénurie lorsque l'état de disponibilité globale est inférieur à 1.

### En cas de déficit

En cas de déficit, deux solutions sont possibles :

- tous les besoins sont également prioritaires : donc théoriquement tous les besoins seront desservis avec un même coefficient de réduction, égal au coefficient de disponibilité globale ;
- il existe une hiérarchie dans les besoins : le pourcentage de satisfaction obtenu pour les besoins prioritaires est supérieur au pourcentage de disponibilité globale.

### La satisfaction attendue

La satisfaction attendue se définit pour un besoin donné et pour un état de disponibilité globale donné, comme le rapport du volume distribuable - consenti compte tenu des priorités - au volume de la demande.

La politique de distribution est introduite en définissant les satisfactions attendues pour 0 % et 100 % de disponibilité globale. Ces coefficients induisent bien une hiérarchie dans les besoins : les besoins assurés à 100 % pour l'état de disponibilité le plus faible étant les plus prioritaires - voir *Figure 1.2* -.

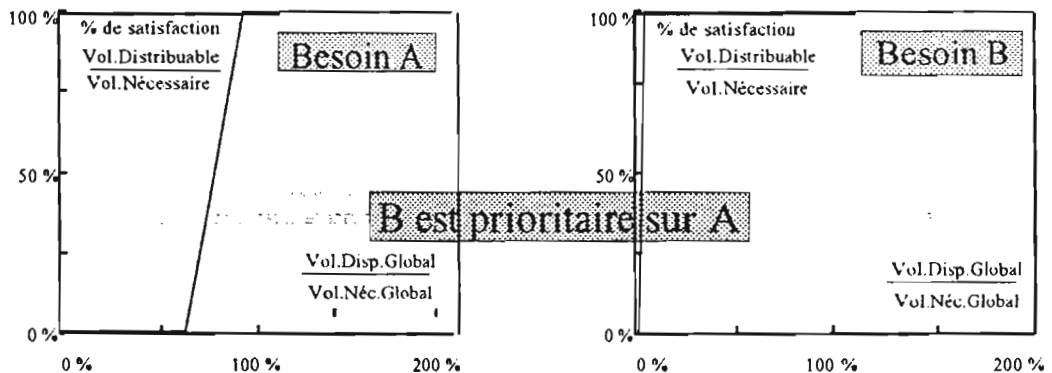


Figure 1-2. Définition de la satisfaction attendue

## Des ressources

L'expression du volume mobilisable constitue la caractéristique de base d'une ressource en eau.

Ce volume est simple à exprimer pour les composants captage d'eau et usine de dessalement. Par contre, pour une prise en rivière, les volumes disponibles sont obtenus à partir de chroniques de débits. Ces chroniques dépendent bien sûr du pas de temps de simulation choisi - mensuel, décadaire, pentadaire ou journalier -. La formulation d'une limite de prélèvement et d'un débit aval objectif permet de cerner le volume mobilisable.

## Politique de gestion

La politique de gestion des ressources est reproduite grâce à l'introduction de coefficients de sollicitation attendue. C'est la définition en fonction d'un état de disponibilité globale du pourcentage de sollicitation, exprimé ici par le rapport de la ressource sollicitée à la ressource disponible. Ces coefficients induisent une hiérarchie dans les ressources.

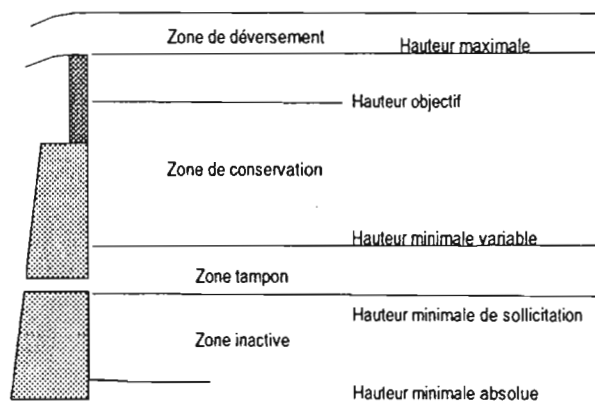
## Cas particulier des retenues

Le composant réservoir est un des éléments du système les plus complexes à spécifier de manière externe. En effet la notion de volume disponible est difficile à cerner dans un système où les réservoirs doivent permettre d'échelonner les déficits d'eau : une politique de gestion doit introduire des restrictions d'eau avant que tout le volume de stockage des retenues ait été consommé.

L'introduction d'une hauteur minimale variable - voir *Figure 1-3* - permet de définir une zone tampon, elle correspond au volume qu'on se fixe de conserver pour faire face aux pénuries sur les prochains pas de temps. Le volume disponible au niveau des retenues est le seul volume de stockage utile.

$$\text{vol\_stockage\_utile} = \text{stock}(t) - \text{stock\_mini}(t) \quad (1)$$

où :  $\text{stock}(t)$  : volume stocké au temps  $t$   
 $\text{stock\_mini}(t)$  : volume minimum stocké au temps  $t$



*Figure 1-3.*  
*Conceptualisation*  
*d'un réservoir*

Conformément à une ressource classique, la politique de gestion des retenues est établie en considérant des coefficients de sollicitation attendue. Mais la définition du pourcentage de sollicitation devient alors :

$$\%_{\text{sollicitation}} = 100 \frac{\text{stock\_object}(t) - \text{stock}(t)}{\text{stock\_object}(t) - \text{stock\_mini}(t)} \quad (2)$$

ou

$$\%_{\text{sollicitation}} = 100 - \%_{\text{stockage\_utile}} \quad (3)$$

$$\text{avec } \%_{\text{stockage\_utile}} = 100 \frac{\text{stock}(t) - \text{stock\_mini}(t)}{\text{stock\_object}(t) - \text{stock\_mini}(t)} \quad (4)$$

où :  $\text{stock\_object}(t)$  : volume objectif à stocker au temps  $t$

**Remarque** Il faut noter que dans le cas des réservoirs avec apport artificiel, cette définition de coefficients de sollicitation permet de traiter le caractère ambivalent de ces composants à la fois ressource et demande.

## Des liens

Le propre d'un lien est d'assurer le transfert d'eau d'un point à un autre. Dans les aménagements, un organe de transfert est caractérisé par le débit maximal à transiter.

Les canaux peuvent ainsi être spécifiés, avec la précision éventuelle d'une efficacité de transport. Au niveau des conduites, la donnée de la longueur et du diamètre sont nécessaires pour le calcul des pertes de charge. Différentes formulations sont disponibles : Colebrook, Darcy, William et Hazen.

## Simulation

### Simulation sur un pas de temps

La simulation du fonctionnement sur un pas de temps consiste schématiquement à :

- calculer l'état de disponibilité global sur le pas de temps courant : disp\_glob ;

$$\text{où } \text{disp\_glob (t)} = \frac{\sum_{\text{noeuds}} \text{vol\_disponible (t)}}{\sum_{\text{noeuds}} \text{vol\_nécessaire (t)}}$$

- évaluer la "pression" de la demande sur les ressources, ajuster les transferts d'eau par l'application de la politique de distribution définie par les coefficients de satisfaction attendue et déduire la mobilisation effective des ressources déterminée par les coefficients de sollicitation attendue ;
- respecter les contraintes du réseau et éventuellement simuler le fonctionnement hydraulique du réseau. Ceci permet d'avoir une image de la répartition des pressions moyennes dans le système, indispensable pour le calcul de production électrique ou l'étude des organes de surpression.

### La simulation dans HYDRAM

#### Définition

Une simulation est propre à un hydro-aménagement. Elle comprend outre les modalités globales de simulation, définies par la suite, le type de pas de temps et les données hydro-météorologiques associées, les caractéristiques pour une simulation de tous les composants et les résultats globaux sur tout le système. Une simulation est repérée par un numéro d'ordre, une description peut y être adjointe.

Un hydro-aménagement est donc traité comme un système de composants physiques, associé aux caractéristiques d'une simulation, à savoir des règles de gestion, des modalités de simulation et les résultats correspondants.

#### Différents essais

On peut ainsi réaliser de nombreux essais de simulation sur un même système d'eau en modifiant les règles de gestion, le pas de temps d'étude... Les résultats sont donc toujours consultables avec toutes les caractéristiques retenues pour la simulation : il ne peut y avoir ambiguïté.

### Les modalités de simulation

#### la période de simulation

Cette période est définie par le mois et l'année de début, et le mois et l'année de fin de la simulation. Elle dépend des choix de données hydro-météorologiques.

#### Processus de simulation

Dans la version actuelle, il existe deux processus de simulation :

- simulation simple ;
- simulation avec descente hydraulique - Ce processus effectue en plus le calcul des charges dans le réseau -.

## Conditions initiales de simulation

Il s'agit de définir l'état du système en début de simulation. Cet état est caractérisé par le taux de remplissage des réservoirs et de la réserve en eau du sol pour les périmètres d'irrigation.

Il est possible de définir :

- le pourcentage de stockage utile des réservoirs ;
- le pourcentage de remplissage de la Réserve Utile des périmètres d'irrigation ;
- la période sur laquelle on veut présimuler le système, c'est à dire simuler sans prendre en compte les résultats de manière à obtenir des taux de remplissage des composants à réserve plus vraisemblable.

## Horizon prévisionnel

La simulation doit offrir un moyen de discerner entre les défaillances du système dues à des limites de l'aménagement - limites structurales - et celles qui résultent des règles de gestion adoptées, notamment au niveau des réservoirs. Il a donc été introduit la notion d'horizon prévisionnel.

### Définition

C'est la période prise en compte à partir du pas de temps courant à simuler pour décider du plan de gestion à adopter pour la satisfaction des besoins et la sollicitation des ressources.

où  $\text{Horizon}(t) = t + \text{Futur}(t)$   
 $t$  : pas de temps courant  
 $\text{Futur}(t) = t+1 \text{ à } t+N$ ,  
 avec  $N = \text{nombre de pas de temps de l'horizon prévisionnel}$ .

En effet, nous pouvons calculer un état de disponibilité globale, rapport du volume d'eau disponible au volume nécessaire, sur l'horizon, en intégrant les résultats de ce calcul pour chacun des noeuds du système.

Théoriquement, si l'horizon est suffisamment long pour englober la fonction de régulation des retenues, on peut s'affranchir de la définition d'une zone tampon.

### Simulation sur un pas de temps

La première phase de simulation consiste donc en fait à :

- calculer les états de disponibilité sur l'horizon prévisionnel et sur le pas de temps courant et en déduire l'état de disponibilité global à considérer :  $\text{disp\_glob}$ .

On a :  $\text{disp\_glob} = \min(\text{disp\_glob}(t), \text{disp\_glob}(t + N))$

avec :  $\text{disp\_glob}(t) = \frac{\sum_{\text{noeuds}} \text{vol\_disponible}(t)}{\sum_{\text{noeuds}} \text{vol\_nécessaire}(t)}$

Les autres étapes restent identiques.

### En pratique

L'horizon prévisionnel est donc défini par une durée - un nombre de pas de temps - et, si cette durée est supérieure à un, par le type de prévision prise en compte pour le futur.

En effet, l'horizon considéré peut faire l'objet :

- d'une prévision certaine : pour le futur, il sera fait référence aux données hydro-météorologiques historiques. Son utilisation devrait permettre de préciser les limites structurales des systèmes d'eau ;
- ou d'une prévision moyenne : les moyennes glissantes des variables référencées sont alors employées.

---

## Analyse

### Résultats globaux

Les résultats globaux du fonctionnement d'un système sont essentiellement basés sur la confrontation entre les quantités d'eau demandées et réellement fournies.

On étudie la fiabilité par le nombre et la répartition saisonnière des défaillances obtenues, à savoir les pas de temps pendant lesquels la demande n'est pas satisfaite. La vulnérabilité est mesurée par l'ampleur des déficits, qui définit le taux de pénurie.

### Expertise

Une fonction **Rapport d'analyse** offre une analyse interprétée des résultats de simulation présentée sous forme de textes établis grâce aux liens entre le quantitatif et le qualitatif, en utilisant des notions telles que faible, moyenne, forte. Ces notions sont employées pour la classification de la pénurie et la hiérarchisation des besoins.

### Analyse détaillée

Pour une analyse plus détaillée, on peut consulter des résultats caractéristiques au niveau de chacun des composants, fournis sous forme de tableaux multicritères.

Comme pour toutes les fonctions du modèle, des outils à plusieurs niveaux de spécification permettent des approches plus ou moins poussées suivant les buts recherchés ou la connaissance requise.



---

## 2. Les composants

Dans la version actuelle, 23 types de composants sont disponibles pour construire un hydro-aménagement. Ce chapitre décrit chacun de ces composants, rangés dans l'ordre alphabétique.

De nombreux attributs sont communs à des composants de différents types. Mais afin d'éviter des renvois fastidieux lors d'une consultation rapide, la description de chacun des attributs est reprise dans son intégralité pour chaque type.

Dans tous ces composants, on distingue :

- des caractéristiques fixes ;
  - nom et description ;
  - localisation pour un composant de type noeud ;
  - ou -
  - noeud amont et noeud aval, pour un composant de type lien, ...
- des caractéristiques propres à une simulation ;
  - elles comprennent des règles de gestion, des résultats de simulation.

---

## Bief naturel

composant de type lien

Représentation d'un tronçon de cours d'eau, ce lien permet donc de joindre des noeuds pouvant être des prises en rivière, des retenues ou des confluences.

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### Noeud amont, noeud aval

définition des noeuds extrémités par sélection d'une prise en rivière, d'un réservoir ou d'une confluence appartenant à l'hydro-aménagement courant.

---

## Canal

composant de type lien

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### Noeud amont, noeud aval

Définition des noeuds extrémités par sélection d'un composant appartenant à l'hydro-aménagement courant et admettant effectivement un lien aval ou amont respectivement.

#### Capacité maximale

Elle constitue le débit maximal admissible qui peut transiter dans le lien.



## Caractéristiques pour une simulation

### Rendement

Ce coefficient traduit l'efficacité de transport - rapport du débit à la sortie du lien par le débit à l'entrée -, à savoir la perte d'eau possible dans le réseau.

### Limites inférieure et supérieure de débit normal

Ces limites définissent la tranche de débits à observer en gestion normale.

### Résultats simulation

La chronique annuelle et la variation saisonnière - cumuls mensuels - des saturations de la capacité de transit sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Captage d'eau

composant de type ressource

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères; il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

#### Débit fourni

La variation de débit fourni au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

## Caractéristiques pour une simulation

### Sollicitation attendue

C'est la définition en fonction d'un état de disponibilité globale - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du pourcentage de sollicitation, exprimé ici par le rapport de la ressource sollicitée à la ressource disponible.

La politique de mobilisation des ressources est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de sollicitation attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les ressources, les ressources sollicitées à 0% - c'est à dire non mobilisées - pour l'état de disponibilité le plus élevé étant mobilisées moins prioritairement.

**Remarque** La spécification de ces données n'est nécessaire que dans le cas où plusieurs ressources alimentent les mêmes besoins et où l'on veut introduire une mobilisation différenciée de ces ressources.

### Résultats simulation

La chronique annuelle et la variation saisonnière - cumuls mensuels - des volumes sollicités sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Conduite

composant de type lien

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### Noeud amont, noeud aval

Définition des noeuds extrémités par sélection d'un composant appartenant à l'hydro-aménagement courant et admettant effectivement un lien aval ou amont respectivement.

#### Diamètre, longueur

Ils servent au calcul des pertes de charge.

### Perte de charge linéaire

cette fonction offre actuellement 3 formules pour exprimer les pertes de charge linéaires :

- Colebrook ;
- Darcy ;
- William et Hazen.

### Caractéristiques pour une simulation

#### Rendement

Ce coefficient traduit l'efficacité de transport - rapport du débit à la sortie du lien par le débit à l'entrée -, à savoir la perte d'eau possible dans le réseau.

#### Limites inférieure et supérieure de débit normal

Ces limites définissent la tranche de débits à observer en gestion normale.

#### Résultats simulation

La chronique annuelle et la variation saisonnière - cumuls mensuels - des saturations de la capacité de transit sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Confluence

Représentation d'une confluence de cours d'eau, ce noeud permettra donc de joindre deux biefs naturels amont à un bief naturel aval.

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude doit être cohérente avec les cotes des noeuds amonts et du noeud aval.

---

## Demande chronique

composant de type demande

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

#### Coefficient de pointe

Il traduit la non permanence de la demande sur le pas de temps - rapport de la durée du pas de temps à la durée de la demande -. Il permet une définition plus réaliste des débits - un organe de transfert, conduite par exemple, doit pouvoir transiter ce débit réel et pas seulement le débit fictif continu -, donc du fonctionnement du réseau.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 1.0 - valeur par défaut - et 1.5.

#### Ecoulement : chronique(s) associée(s)

Cette fonction permet d'associer, pour définir la demande, une (ou plusieurs) chronique(s) de débits - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

### Caractéristiques pour une simulation

#### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

**Remarque** La spécification de cette pression n'est utile que dans le cas où un calcul des charges dans le réseau est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### Efficienc e d'apport

Elle est donnée par le rapport entre volume utile - réellement utilisé - et volume d'apport.

*Remarque* Les valeurs limites de ce coefficient sont 0.5 et 1.0 - valeur par défaut -.

### Satisfaction attendue

C'est la définition pour un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du rapport du volume distribuable, consenti compte tenu des priorités, au volume de la demande.

La politique de distribution est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de satisfaction attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les besoins, les besoins assurés à 100% pour l'état de disponibilité le plus faible étant satisfaits prioritairement.

### Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des apports, des déficits et des défaillances sont toujours consultables.

*Remarque* Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Demande en eau potable

composant de type demande

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

### Coefficient de pointe

Il traduit la non permanence de la demande sur le pas de temps - rapport de la durée du pas de temps à la durée de la demande -. Il permet une définition plus réaliste des débits - un organe de transfert, conduite par exemple, doit pouvoir transiter ce débit réel et pas seulement le débit fictif continu -, donc du fonctionnement du réseau.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 1.0 - valeur par défaut - et 1.5.

### nombre d'habitants desservis

La variation du nombre d'habitants desservis au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - nombre; le nombre moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### débit spécifique

La variation du débit spécifique - consommation par habitant et par jour - au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

## Caractéristiques pour une simulation

### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

**Remarque** La spécification de cette pression n'est utile que dans le cas où un calcul des charges dans le réseau est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### Efficienc e d'apport

Elle est donnée par le rapport entre volume utile - réellement utilisé - et volume d'apport.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 0.5 et 1.0 - valeur par défaut -.

### Satisfaction attendue

C'est la définition pour un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du rapport du volume distribuable, consenti compte tenu des priorités, au volume de la demande.

La politique de distribution est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de satisfaction attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les besoins, les besoins assurés à 100% pour l'état de disponibilité le plus faible étant satisfaits prioritairement.

### Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des apports, des déficits et des défaillances sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,... - suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Demande en débit

composant de type demande

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

### Coefficient de pointe

Il traduit la non permanence de la demande sur le pas de temps - rapport de la durée du pas de temps à la durée de la demande -. Il permet une définition plus réaliste des débits - un organe de transfert, conduite par exemple, doit pouvoir transiter ce débit réel et pas seulement le débit fictif continu -, donc du fonctionnement du réseau.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 1.0 - valeur par défaut - et 1.5.

### demande de débit

La variation de la demande de débit au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Caractéristiques pour une simulation

#### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

**Remarque** La spécification de cette pression n'est utile que dans le cas où un calcul des charges dans le réseau est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### Efficienc e d'apport

Elle est donnée par le rapport entre volume utile - réellement utilisé - et volume d'apport.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 0.5 et 1.0 - valeur par défaut -.

### Satisfaction attendue

C'est la définition pour un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du rapport du volume distribuable, consenti compte tenu des priorités, au volume de la demande.

La politique de distribution est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de satisfaction attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les besoins, les besoins assurés à 100% pour l'état de disponibilité le plus faible étant satisfaits prioritairement.

### Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des apports, des déficits et des défaillances sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Demande limitée par réservoir

composant de type demande

Le débit peut être limité par l'état d'un réservoir.

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.



### **Coefficient de pointe**

Il traduit la non permanence de la demande sur le pas de temps - rapport de la durée du pas de temps à la durée de la demande -. Il permet une définition plus réaliste des débits - un organe de transfert, conduite par exemple, doit pouvoir transiter ce débit réel et pas seulement le débit fictif continu -, donc du fonctionnement du réseau.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 1.0 - valeur par défaut - et 1.5.

### **demande de débit**

La variation de la demande de débit au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### **Réservoir associé**

Définition du réservoir associé par sélection dans les retenues existantes dans l'hydro-aménagement courant.

## **Caractéristiques pour une simulation**

### **Pression requise**

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

**Remarque** La spécification de cette pression n'est utile que dans le cas où un calcul des charges dans le réseau est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### **Efficience d'apport**

Elle est donnée par le rapport entre volume utile - réellement utilisé - et volume d'apport.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 0.5 et 1.0 - valeur par défaut -.

### **Seuil d'arrêt de demande**

La variation du seuil d'arrêt de demande au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - % de stockage objectif initial de la réserve. Si l'état de la réserve est inférieur à ce seuil d'alerte alors il y a arrêt de la demande.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### **Satisfaction attendue**

C'est la définition pour un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du rapport du volume distribuable, consenti compte tenu des priorités, au volume de la demande.

La politique de distribution est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de satisfaction attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les besoins, les besoins assurés à 100% pour l'état de disponibilité le plus faible étant satisfaits prioritairement.

## Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des apports, des déficits et des défaillances sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Jonction avec 2 liens amont

Représentation d'une confluence de liens aménagement, ce noeud permettra donc de joindre 2 liens amont à un lien aval.

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

---

## Jonction avec 2 liens aval

Représentation d'une bifurcation simple de liens aménagement, ce noeud permettra donc de joindre un lien amont à 2 liens aval.

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

**X, Y**

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

**Z**

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

---

**Jonction dispatching**

Représentation d'une jonction bifurcation multiple de liens aménagement, ce noeud permettra donc de joindre un lien amont à plusieurs liens aval, liens sans limite de transit.

**Caractéristiques fixes****nom**

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

**Description**

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

**X, Y**

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

**Z**

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

---

**Jonction simple**

Représentation d'une jonction simple de liens aménagement, ce noeud permettra donc de joindre un lien amont à 1 lien aval.

**Caractéristiques fixes****nom**

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

## Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

---

## Lien simple

composant de type lien

Aucune contrainte sur la capacité de transit n'est à spécifier.

## Caractéristiques fixes

### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

### Noeud amont, noeud aval

Définition des noeuds extrémités par sélection d'un composant appartenant à l'hydro-aménagement courant et admettant effectivement un lien aval ou amont respectivement.

---

## Minicentrale hydroélectrique

Lors de la simulation le calcul des charges dans le réseau doit obligatoirement être effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

### Débit minimal et maximal de fonctionnement

Ces débits sont les limites admissibles pour que la minicentrale fonctionne.

### Charge nette minimale

C'est la charge minimale nécessaire au fonctionnement de la minicentrale.

**Remarque** Cette charge est à différencier de la pression requise, qui définit la charge attendue à l'entrée du noeud. Du point de vue pratique, un non respect de la hauteur minimale conditionne le non fonctionnement de la minicentrale, donc une défaillance.

### Rendement en fonction du débit

Cette fonction permet de définir la colline de rendement de l'ensemble turbine - générateur en fonction du débit.

### Caractéristiques pour une simulation

#### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

## Productible attendu

La variation de la production d'énergie hydroélectrique attendue au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - puissance; la puissance moyenne considérée est calculée par interpolation linéaire.

*Remarque* La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

## Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - d'énergie produite, des déficits et des défaillances de production sont toujours consultables.

*Remarque* Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Périmètre d'irrigation

composant de type demande

## Caractéristiques fixes

### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

## Coefficient de pointe

Il traduit la non permanence de la demande sur le pas de temps - rapport de la durée du pas de temps à la durée de la demande -. Il permet une définition plus réaliste des débits - un organe de transfert, conduite par exemple, doit pouvoir transiter ce débit réel et pas seulement le débit fictif continu -, donc du fonctionnement du réseau.

*Remarque* Les valeurs limites de ce coefficient sont 1.0 - valeur par défaut - et 1.5.

## Surface irriguée

Définition de la surface couverte par les cultures irriguées.

## Surface géographique

Actuellement, 2 types de fonctions sont disponibles pour définir la zone géographique couverte : rectangle ou cercle.

**Remarque** Cette définition permet un calcul automatique possible de la pluie moyenne sur le périmètre par interpolation avec la méthode de Thiessen à partir des postes pluviométriques disponibles.

## Pluie

Cette fonction permet de définir la pluie à considérer par interpolation automatique par la méthode de Thiessen ou d'associer une (ou plusieurs) chronique(s) de pluie - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Evaporation

Cette fonction permet d'associer, pour définir l'ETP - EvapoTranspiration Potentielle -, une (ou plusieurs) chronique(s) d'évaporation - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Réserve Utile et Réserve Facilement Utilisable

Actuellement, 3 types de fonctions sont disponibles pour exprimer la variation annuelle de RU - Réserve Utile - et de RFU - Réserve Facilement Utilisable - :

- variation annuelle de la profondeur racinaire ;
- variation annuelle de RU ;
- variation annuelle de RFU.

Dans chacun de ces cas il convient de définir la réserve utilisable et la réserve facilement utilisable pour 1 m de sol.

## Coefficient cultural

La variation du coefficient cultural au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - coefficient; le coefficient cultural moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

## Caractéristiques pour une simulation

### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

**Remarque** La spécification de cette pression n'est utile que dans le cas où un calcul des charges dans le réseau est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### Seuil d'irrigation

La variation du seuil d'irrigation au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - % de remplissage de RFU. Par convention il n'y a pas d'irrigation si la réserve en eau du sol est supérieure à ce seuil d'alerte ou si ce seuil est nul.

### Décision d'irrigation sur l'horizon

Cette fonction spécifie si la décision d'irrigation doit être prise à partir d'un bilan hydrique sur l'horizon ou sur uniquement le pas de temps courant.

### Efficienc e d'apport

Elle est donnée par le rapport entre volume utile - réellement utilisé - et volume d'apport.

*Remarque* Les valeurs limites de ce coefficient sont 0.5 et 1.0 - valeur par défaut -.

### Limite d'apport

Définition de la limite technique maximale de desserte en eau de l'équipement.

### Satisfaction attendue

C'est la définition pour un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du rapport du volume distribuable, consenti compte tenu des priorités, au volume de la demande.

La politique de distribution est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de satisfaction attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les besoins, les besoins assurés à 100% pour l'état de disponibilité le plus faible étant satisfaits prioritairement.

### Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des apports, des déficits, des défaillances, de pluie efficace et d'évaporation sont toujours consultables.

*Remarque* Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Prise en rivière

composant de type ressource

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.



**Z**

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

**Écoulement : chronique(s) associée(s)**

Cette fonction permet d'associer, pour définir la ressource, une (ou plusieurs) chronique(s) de débits - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

**Limite de prélèvement**

définition du débit maximal pouvant transiter dans le réseau.

**Caractéristiques pour une simulation****Sollicitation attendue**

C'est la définition en fonction d'un état de disponibilité globale - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du pourcentage de sollicitation, exprimé ici par le rapport de la ressource sollicitée à la ressource disponible.

La politique de mobilisation des ressources est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de sollicitation attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les ressources, les ressources sollicitées à 0% - c'est à dire non mobilisées - pour l'état de disponibilité le plus élevé étant mobilisées moins prioritairement.

**Remarque** La spécification de ces données n'est nécessaire que dans le cas où plusieurs ressources alimentent les mêmes besoins et où l'on veut introduire une mobilisation différenciée de ces ressources.

**Débit aval objectif**

La variation du débit aval objectif au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

**Satisfaction attendue**

Les coefficients de satisfaction attendue se rapportent au débit aval objectif considéré comme un besoin. Ces coefficients permettent de définir l'écoulement aval attendu en fonction d'un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système -.

**Remarque** Il convient de fixer ces coefficients à 0 pour 0% et 100% de satisfaction si le débit aval défini est un débit réservé, l'objectif étant en effet de toujours respecter cet écoulement.

**Résultats simulation**

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des volumes sollicités, des apports "naturels", des déversements et des défaillances par rapport au débit aval objectif sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Réservoir avec apport artificiel

composant de type ressource

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Cote de référence

La définition de la cote de référence permet d'obtenir l'élévation en m NG à partir de la donnée du niveau.

#### Niveau minimal absolu

Ce niveau correspond à un stockage nul.

#### Niveau minimal de sollicitation

Niveau en dessous duquel la ressource ne peut plus être sollicitée.

#### Niveau maximal absolu

Ce niveau maximal correspond à la cote la plus élevée considérée.

#### Stockage en fonction du niveau

Actuellement, 3 types de fonctions sont disponibles pour exprimer la variation de stockage et de surface en fonction du niveau :

- $\text{stock} = a.(z-z_{\min})^b$  ;
- $\text{surface} = a.(z-z_{\min})^b$  ;
- ou le barème niveau-surface.

#### Écoulement

Cette fonction permet de définir un écoulement nul ou d'associer une (ou plusieurs) chronique(s) de débits - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Pluie

Définition de la pluie directe à considérer sur le plan d'eau. Cette fonction permet de définir une pluie nulle ou d'associer une (ou plusieurs) chronique(s) de pluie - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Evaporation

Définition de l'évaporation à considérer sur le plan d'eau. Cette fonction permet de définir une évaporation nulle ou d'associer une (ou plusieurs) chronique(s) d'évaporation - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Infiltration en fonction du niveau

Actuellement, 2 types de fonctions sont disponibles pour exprimer la variation de l'infiltration en fonction du niveau :  $\text{infiltration} = a.(z-z_0)^b$  ou le barème niveau - infiltration.

## Limite de prélèvement

Définition du débit maximal pouvant transiter dans le réseau.

## Caractéristiques pour une simulation

### Niveau minimal

La variation du niveau minimal de sollicitation au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - niveau; le niveau moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

*Remarque* - La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Niveau maximal

La variation du niveau maximal au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - niveau; le niveau moyen considéré est calculé par interpolation linéaire. Une règle de gestion consiste à n'évacuer de débit par déversement qu'au-dessus de ce niveau - valable dans le cas où les évacuateurs sont pourvus d'organes mobiles -.

*Remarque* - La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Niveau objectif

La variation du niveau objectif au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - niveau; le niveau moyen considéré est calculé par interpolation linéaire. Une règle consiste à gérer les transferts d'eau pour atteindre ce niveau.

*Remarque* - La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Sollicitation attendue

C'est la définition en fonction d'un état de disponibilité globale - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du pourcentage de sollicitation, exprimé ici par le rapport de la ressource sollicitée à la ressource disponible.

La politique de mobilisation des ressources est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de sollicitation attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les ressources, les ressources sollicitées à 0% - c'est à dire non mobilisées - pour l'état de disponibilité le plus élevé étant mobilisées moins prioritairement.

**Remarque** La spécification de ces données n'est nécessaire que dans le cas où plusieurs ressources alimentent les mêmes besoins et où l'on veut introduire une mobilisation différenciée de ces ressources.

### Débit aval objectif

La variation du débit aval objectif au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Satisfaction attendue

Les coefficients de satisfaction attendue se rapportent au débit aval objectif considéré comme un besoin. Ces coefficients permettent de définir l'écoulement aval attendu en fonction d'un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système -.

**Remarque** Il convient de fixer ces coefficients à 0 pour 0% et 100% de satisfaction si le débit aval défini est un débit réservé, l'objectif étant en effet de toujours respecter cet écoulement.

### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

**Remarque** La spécification de cette pression n'est utile que dans le cas où un calcul des charges dans le réseau est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des volumes sollicités, des apports "naturels", des déversements, des défaillances par rapport au débit aval objectif, des apports de pluie, des pertes par évaporation, des pertes par infiltration, des variations de stock - variation saisonnière non disponible -, des nombres de pas temps où la retenue a été vide ou pleine et des apports artificiels sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

## Réservoir sans apport artificiel

composant de type ressource

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

## X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

## Cote de référence

La définition de la cote de référence permet d'obtenir l'élévation en m NG à partir de la donnée du niveau.

## Niveau minimal absolu

Ce niveau correspond à un stockage nul.

## Niveau minimal de sollicitation

Niveau en dessous duquel la ressource ne peut plus être sollicitée.

## Niveau maximal absolu

Ce niveau maximal correspond à la cote la plus élevée considérée.

## Stockage en fonction du niveau

Actuellement, 3 types de fonctions sont disponibles pour exprimer la variation de stockage et de surface en fonction du niveau :

- $\text{stock} = a.(z-z_{\min})^b$  ;
- $\text{surface} = a.(z-z_{\min})^b$  ;
- ou le barème niveau-surface.

## Écoulement

Cette fonction permet de définir un écoulement nul ou d'associer une (ou plusieurs) chronique(s) de débits - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Pluie

Définition de la pluie directe à considérer sur le plan d'eau. Cette fonction permet de définir une pluie nulle ou d'associer une (ou plusieurs) chronique(s) de pluie - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Évaporation

Définition de l'évaporation à considérer sur le plan d'eau. Cette fonction permet de définir une évaporation nulle ou d'associer une (ou plusieurs) chronique(s) d'évaporation - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Infiltration en fonction du niveau

Actuellement, 2 types de fonctions sont disponibles pour exprimer la variation de l'infiltration en fonction du niveau :  $\text{infiltration} = a.(z-z_0)^b$  ou le barème niveau - infiltration.

## Limite de prélèvement

Définition du débit maximal pouvant transiter dans le réseau.

## Caractéristiques pour une simulation

### Niveau minimal

La variation du niveau minimal de sollicitation au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - niveau; le niveau moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Niveau maximal

La variation du niveau maximal au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - niveau; le niveau moyen considéré est calculé par interpolation linéaire. Une règle de gestion consiste à n'évacuer de débit par déversement qu'au-dessus de ce niveau - valable dans le cas où les évacuateurs sont pourvus d'organes mobiles -.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Niveau objectif

La variation du niveau objectif au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - niveau; le niveau moyen considéré est calculé par interpolation linéaire. Une règle consiste à gérer les transferts d'eau pour atteindre ce niveau.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Sollicitation attendue

C'est la définition en fonction d'un état de disponibilité globale - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du pourcentage de sollicitation, exprimé ici par le rapport de la ressource sollicitée à la ressource disponible.

La politique de mobilisation des ressources est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de sollicitation attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les ressources, les ressources sollicitées à 0% - c'est à dire non mobilisées - pour l'état de disponibilité le plus élevé étant mobilisées moins prioritairement.

**Remarque** La spécification de ces données n'est nécessaire que dans le cas où plusieurs ressources alimentent les mêmes besoins et où l'on veut introduire une mobilisation différenciée de ces ressources.

### Débit aval objectif

La variation du débit aval objectif au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Satisfaction attendue

Les coefficients de satisfaction attendue se rapportent au débit aval objectif considéré comme un besoin. Ces coefficients permettent de définir l'écoulement aval attendu en fonction d'un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système -.

**Remarque** Il convient de fixer ces coefficients à 0 pour 0% et 100% de satisfaction si le débit aval défini est un débit réservé, l'objectif étant en effet de toujours respecter cet écoulement.

### Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des volumes sollicités, des apports "naturels", des déversements, des défaillances par rapport au débit aval objectif, des apports de pluie, des pertes par évaporation, des pertes par infiltration et des variations de stock - variation saisonnière non disponible -, des nombres de pas temps où la retenue a été vide ou pleine sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Station de traitement

Le composant introduit une limitation par sa capacité maximale de traitement.

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

#### Capacité maximale de traitement

Débit maximal admissible pour que la station fonctionne normalement.

### Caractéristiques pour une simulation

#### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

**Remarque** La spécification de cette pression n'est utile que dans le cas où un calcul des charges dans le réseau est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

---

## Station de traitement terminale

composant de type demande

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

#### Coefficient de pointe

Il traduit la non permanence de la demande sur le pas de temps - rapport de la durée du pas de temps à la durée de la demande -. Il permet une définition plus réaliste des débits - un organe de transfert, conduite par exemple, doit pouvoir transiter ce débit réel et pas seulement le débit fictif continu -, donc du fonctionnement du réseau.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 1.0 - valeur par défaut - et 1.5.

#### demande de débit

La variation de la demande de débit à traiter au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

### Caractéristiques pour une simulation

#### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.



**Remarque** La spécification de cette pression n'est utile que dans le cas où un calcul des charges dans le réseau est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### Efficiencce d'apport

Elle est donnée par le rapport entre volume utile - réellement utilisé - et volume d'apport.

**Remarque** Les valeurs limites de ce coefficient sont 0.5 et 1.0 - valeur par défaut -.

### Satisfaction attendue

C'est la définition pour un état de disponibilité globale donné - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du rapport du volume distribuable, consenti compte tenu des priorités, au volume de la demande.

La politique de distribution est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de satisfaction attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les besoins, les besoins assurés à 100% pour l'état de disponibilité le plus faible étant satisfaits prioritairement.

### Résultats simulation

Les chroniques annuelles et les variations saisonnières - cumuls mensuels - des apports, des déficits et des défaillances sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,... - suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.

---

## Surpresseur

L'ajout d'un organe de surpression - ce peut être une station de pompage - ne se justifie que si le calcul des charges est effectué - choix du processus de simulation avec descente hydraulique -.

### Caractéristiques fixes

#### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

#### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

#### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

#### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

## Capacité maximale de traitement

Débit maximal admissible pour que le surpresseur fonctionne normalement.

## Charge en fonctionnement

Définition de la charge fournie en fonction du débit, soit par l'entrée d'un barème, soit par la donnée des paramètres d'une fonction.

## Caractéristiques pour une simulation

### Pression requise

Elle spécifie la charge piézométrique attendue. Au cours de la simulation, avoir une charge à l'entrée qui n'est pas conforme à la pression requise implique une diminution du débit transité et une simulation du système jusqu'à la conformité attendue.

---

## Usine de dessalement

composant de type ressource

## Caractéristiques fixes

### nom

Défini sur 8 caractères, il sert à la désignation du composant.

### Description

Texte qui permet de décrire le composant. Par défaut il est affecté du nom du type.

### X, Y

La localisation peut être définie indifféremment par les coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ou par la longitude et la latitude.

Il faut noter que la région d'étude peut être définie au niveau de chaque hydro-aménagement, qui possède donc son propre repère.

### Z

La donnée de l'altitude est notamment requise pour permettre une évaluation de la charge piézométrique dans le réseau.

### Débit fourni

La variation de débit fourni au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - débit; le débit moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

**Remarque** La donnée d'un seul couple définit une valeur constante pour l'année.

## Caractéristiques pour une simulation

### Sollicitation attendue

C'est la définition en fonction d'un état de disponibilité globale - rapport du volume disponible au volume nécessaire sur tout le système - du pourcentage de sollicitation, exprimé ici par le rapport de la ressource sollicitée à la ressource disponible.

La politique de mobilisation des ressources est introduite en définissant les taux de disponibilité globale correspondant à 0% et 100% de sollicitation attendue. Ces coefficients introduisent une hiérarchie dans les ressources, les ressources sollicitées à 0% - c'est à dire non mobilisées - pour l'état de disponibilité le plus élevé étant mobilisées moins prioritairement.

**Remarque** La spécification de ces données n'est nécessaire que dans le cas où plusieurs ressources alimentent les mêmes besoins et où l'on veut introduire une mobilisation différenciée de ces ressources.

### Résultats simulation

La chronique annuelle et la variation saisonnière - cumuls mensuels - des volumes sollicités sont toujours consultables.

**Remarque** Des chroniques de résultats au pas de temps mensuel, décadaire,...- suivant le pas de temps de simulation - peuvent être stockées à la demande.



---

### 3. L'outil pas à pas

Ce chapitre présente les techniques et concepts de base qui sont nécessaires à l'utilisation d'Hydrum. Les informations portent sur :

- la mise en route du logiciel ;
- la description des fenêtres de l'application ;
- des notions de base d'utilisation de l'interface ;
- l'ajout ou la modification de composants ;
- le rôle de la sélection ;
- les techniques permettant de vérifier la validité du système construit ;
- la simulation ;
- les résultats de simulation ;
- la sauvegarde et l'ouverture d'un hydro-aménagement et, pour finir, la clôture d'une application.

---

#### La mise en route

Dans la version actuelle du logiciel, Hydrum doit s'exécuter dans le répertoire de travail. Ce répertoire contient les fichiers de données nécessaires à l'étude ; des fichiers résultats y seront également créés - voir *Les Fichiers dans Hydrum* -.

Pour lancer le logiciel Hydrum, taper :

- hydrum, si l'exécutable est présent dans le répertoire de travail ;  
- ou -
- repertoire/hydrum, si l'exécutable se trouve sous un autre répertoire, dont il faut préciser le chemin d'accès.

Une petite fenêtre apparaît alors en haut de l'écran, afin de faire patienter l'utilisateur, en lui indiquant que le logiciel est en cours d'initialisation.

La phase d'initialisation terminée, l'écran principal d'Hydrum apparaît. Un nouvel hydro-aménagement vide est automatiquement ouvert.

Ce système possède des caractéristiques par défaut :

- nom : "nouveau" ;
- région d'étude : Guadeloupe ;
- pas de temps d'étude : mois ;
- ...

**Remarque** Toutes ces caractéristiques sont bien sûr modifiables.

Il est alors possible de construire son aménagement par l'ajout successif de ses composants.

## Les fenêtres de l'application

La figure suivante montre les éléments importants des fenêtres de l'application. Chaque élément est ensuite décrit brièvement.

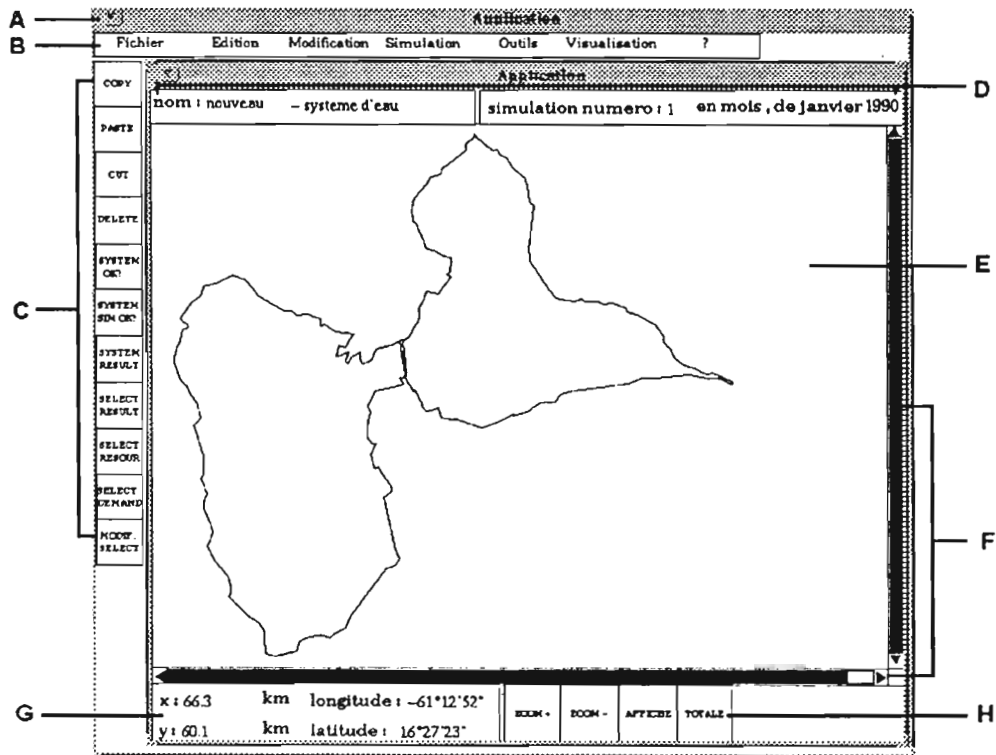


Figure 3-1. Les fenêtres de l'application

- |   |                     |   |                           |
|---|---------------------|---|---------------------------|
| A | Fenêtre application | E | Fenêtre graphique         |
| B | Barre des menus     | F | Barres de défilement      |
| C | Barre d'outils      | G | Barre des coordonnées     |
| D | Barre des noms      | H | Barre d'outils graphiques |

### La fenêtre application

Elle se compose des éléments suivants :

- **Barre des menus** Elle contient la liste des menus. Vous devez ouvrir un menu, puis y choisir la commande qui sera exécutée.
- **Barre d'outils** A l'aide de la souris, elle permet l'accès instantané aux commandes les plus utilisées.

### La fenêtre hydro-aménagement

Elle se compose des éléments suivants :

- **Barre des noms** Elle est constituée par les champs de saisie du nom et de la description de l'hydro-aménagement, ainsi que du numéro de la simulation courante.

- **Fenêtre graphique** Elle contient la représentation de l'hydro-aménagement - aucun symbole de composant n'est apparent sur la figure 1, le système étant vide - et un enrichissement graphique éventuel constitué par des contours particuliers de la région d'étude - ici le tracé de l'île -.
- **Barres de défilement** Elles indiquent la position qu'occupe la zone actuellement affichée par rapport à la totalité de la région d'étude. Pour faire défiler la zone visible, il suffit de cliquer soit sur la barre, soit sur la flèche de défilement.
- **Barre de coordonnées** Elle donne la position du pointeur de la souris dans la fenêtre graphique en coordonnées X, Y relatives au repère lié à la région d'étude ainsi qu'en longitude et latitude. Elle permet également la saisie et la conversion d'une quelconque des coordonnées.
- **Barre d'outils graphiques** A l'aide de la souris, elle permet l'accès instantané aux commandes d'affichage les plus utilisées de la fenêtre graphique - le bouton «TOTALE» par exemple, permet l'affichage de la totalité de la région d'étude -.

---

## Notions de base sur l'interface

Il convient ici de présenter des techniques de base d'utilisation de l'interface.

### L'utilisation de la souris

La souris comporte 3 boutons ; celui de gauche sert pour exécuter la plupart des tâches dans HyDRAM. Déplacer la souris et appuyer sur un bouton sont les seules actions nécessaires pour pointer, cliquer sur un élément.

**Pointer** Cela consiste à déplacer la souris pour positionner le pointeur sur un élément.

**Cliquer** Cela consiste à pointer sur un élément à l'écran, puis à exercer une brève pression sur un bouton de la souris. Cliquer vous permet de sélectionner des éléments et de vous déplacer dans un document.

**Cliquer deux fois** - pointer sur un élément et exercer deux pressions successives sur un bouton de la souris - est très souvent un raccourci pratique. Cliquer deux fois sur le bouton de gauche permet notamment :

- la sélection d'un fichier dans une liste, et son chargement ;
- l'affichage de la fenêtre de modification du composant dont le symbole est pointé.

#### Le bouton de gauche

Ce bouton permet de :

- exécuter une commande en cliquant dans la fenêtre associée ;
- sélectionner un composant - voir le paragraphe *La sélection* dans ce chapitre - en cliquant sur son symbole dans la fenêtre graphique ;
- rendre actif un champ de saisie pour pouvoir taper des caractères.

#### Le bouton de droite

Ce bouton permet de faire apparaître - quand ils existent - :

- le menu associé au champ de saisie pointé ;
- la liste des types disponibles pour la fonction sélectionnée.

Il existe cependant une utilisation marginale de ce bouton. Il s'agit de la définition possible d'un zoom sur une zone de l'affichage. Ceci est réalisable de la façon suivante :

1. cliquer dans le coin supérieur gauche de la zone et maintenir le bouton enfoncé ;
2. déplacer la souris jusqu'au coin inférieur droit de la zone ;
3. relâcher le bouton.

## Les champs de saisie

Ces champs permettent la saisie de données de manière interactive. Les quelques principes ci-dessous, décrivent leur fonctionnement général.

### Activer un champ de saisie

Un champ de saisie est dans un état de pré-sélection lorsqu'il est pointé par la souris - son contour devient alors visible -.

Si l'on souhaite l'activer, une fois dans cet état, il suffit de cliquer à l'aide du bouton gauche de la souris.

Le contour de la fenêtre de saisie s'obscurcit ; la saisie des caractères est alors possible.

### Les touches utiles

Il existe trois touches du clavier qui ont une certaine importance lors de la saisie des caractères :

1. la touche DELETE qui permet l'effacement de la totalité du champ de saisie ;
2. la touche BACKSPACE qui permet d'effacer le dernier caractère saisi ;
3. la touche RETURN qui permet la validation des caractères saisis.

### Les champs de saisie avec bouton «unités»

Certains champs de saisie possèdent un bouton «unités», qui permet à l'utilisateur de définir l'unité dans laquelle il souhaite saisir la valeur associée au champ.

Le symbole affiché - dans un rectangle situé à droite du champ de saisie - identifie l'unité courante de saisie.

Si l'on souhaite modifier cette dernière, il faut procéder ainsi :

1. cliquer, à l'aide du bouton de gauche de la souris, sur le rectangle où est affiché le label de l'unité courante. La liste des unités disponibles s'affiche alors ;
2. sélectionner l'unité désirée. Le symbole de l'unité est alors mis à jour.

### Les fenêtres d'information associées

Il s'agit des fenêtres où apparaissent des messages d'information ou d'erreur destinés aux utilisateurs.

Ainsi, lors de la saisie d'une valeur dans un champ, un message précisant les bornes minimale et maximale admises pour la valeur à saisir est affiché dans le cas où une valeur hors limite avait été entrée par l'utilisateur.

Pour sortir de cette fenêtre, cliquer à l'aide du bouton de gauche sur le bouton «OK».



## Ajout ou modification de composants

Les techniques d'ajout ou de modification d'un composant sont identiques. En effet, la création d'un nouveau composant se fait par modification et sauvegarde sous un nom différent d'un composant déjà existant.

Il convient de créer d'abord les ressources, les besoins, les jonctions, préalablement aux composants de type lien, ceux-ci étant définis par leurs noeuds amont et aval.

### Ajout par le menu

Les premières étapes de la création - ou de la modification - d'un composant sont les suivantes :

1. Dans le menu, sélectionner **Modification Composant de type...**

La fenêtre qui s'affiche alors présente à l'utilisateur la liste de tous les types de composants disponibles.

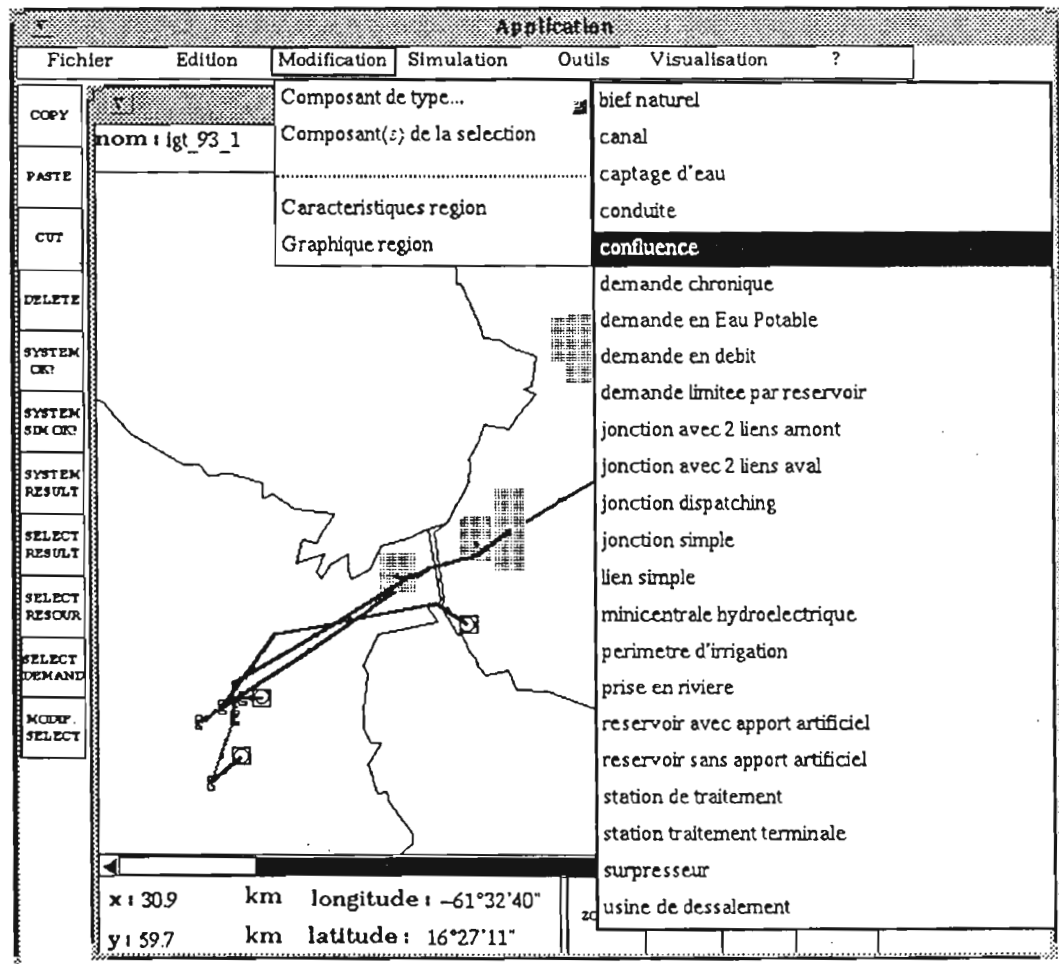


Figure 3-2. Ajout d'un composant

2. Sélectionner dans cette liste le type du composant que l'on souhaite créer.
3. Une nouvelle fenêtre apparaît, indiquant cette fois les différents composants du type sélectionné qui sont présents dans l'hydro-aménagement courant.

**Remarque** Si aucun composant de ce type n'a encore été créé, le choix se résume au composant par défaut de nom "nouveau".

4. Choisir le composant à modifier.

La fenêtre de modification propre au composant sélectionné s'affiche alors.

## Définition d'un composant

### Modification

Il s'agit de définir les différents attributs du composant - voir le chapitre *Les composants* -. La fenêtre de modification comporte :

- des champs de saisie, avec ou sans bouton «unités» ;
- des boutons de fonction.

L'action du bouton de gauche de la souris déclenche l'affichage d'une fenêtre qui permet la définition de la fonction associée. Cliquer avec le bouton de droite permet de faire apparaître, le cas échéant, la liste des types disponibles pour la fonction sélectionnée.

### Sauver

Pour enregistrer le composant défini dans le système d'eau, il suffit de cliquer à l'aide du bouton de gauche de la souris sur le bouton «Sauver».

### Quitter

Le bouton «Quitter» permet la fermeture de la fenêtre. Cette option ne comporte pas la sauvegarde du composant.

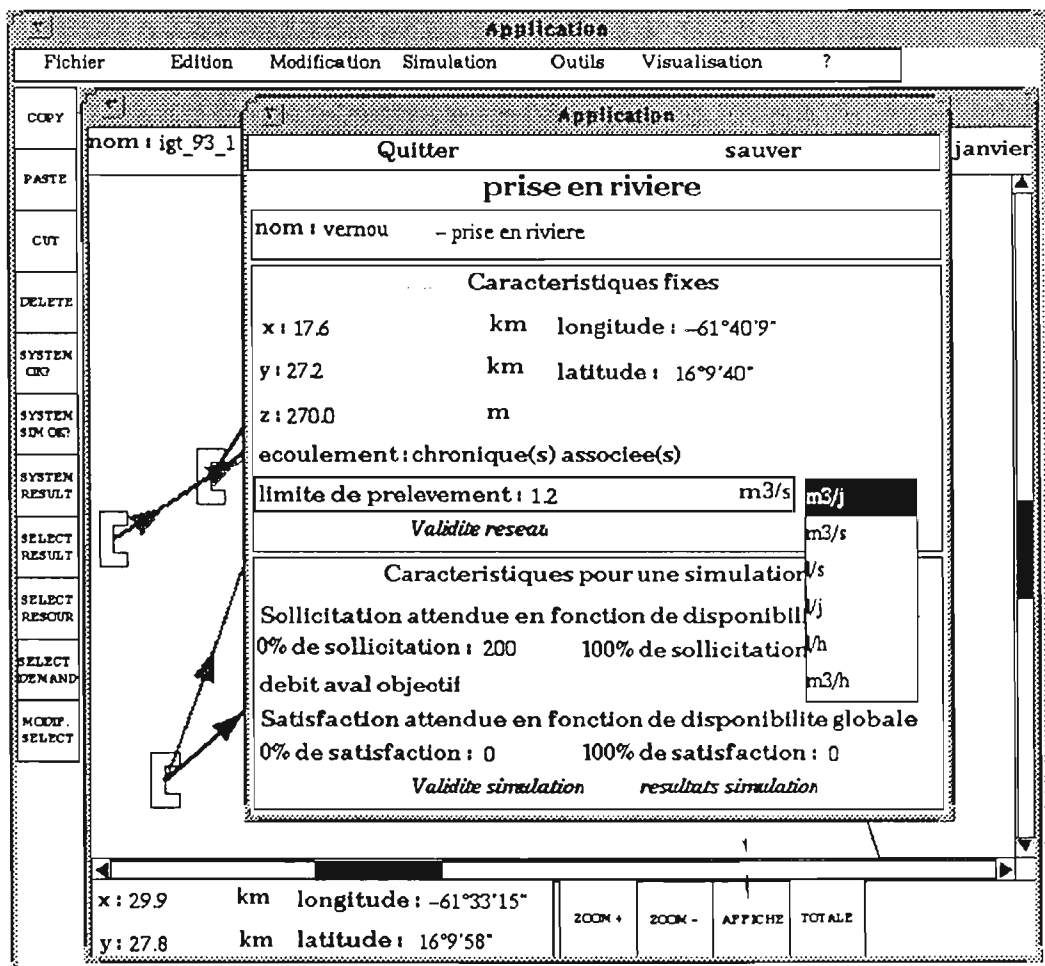


Figure 3-3. Modification d'un composant

## Accès

Pour accéder à la fenêtre de modification d'un composant, vous pouvez :

- choisir **Modification Composant de type...** - voir *Ajout par le menu* - ;  
- ou -
- sélectionner le composant à modifier, soit par les menus **Edition Affiner la sélection**, soit en cliquant sur le symbole correspondant et en utilisant la commande de modification de la sélection - choisir **Modification Composant(s) de la sélection** dans le menu ou le bouton «MODIF. SELECT» de la barre d'outils - ;  
- ou -
- cliquer 2 fois sur le symbole du composant à modifier.

## Les composants de type lien

La création d'un composant de type lien - conduite, canal, lien simple, bief naturel - est un peu particulière. En effet, il est nécessaire, lorsque l'on crée un lien, de lui affecter un noeud amont et un noeud aval.

Deux solutions sont disponibles pour réaliser ces affectations.

### Solution 1

1. Sélectionner le composant que l'on a choisi comme noeud amont, soit en cliquant sur son symbole dans la fenêtre graphique, soit en utilisant le menu **Edition Affine la sélection**.
2. Positionner la souris dans le champ de saisie «noeud amont» de la fenêtre.
3. Quand ce champ de saisie est sélectionné - bordure du champ apparente -, cliquer sur le bouton gauche de la souris.
4. Répéter les opérations **1, 2, 3** en considérant cette fois le noeud aval.

**Remarque** Si le noeud sélectionné n'est pas valide, l'affectation n'est pas réalisée.

### Solution 2

1. Positionner la souris dans le champ de saisie «noeud amont» de la fenêtre.
2. Quand ce champ est sélectionné, cliquer sur le bouton de droite de la souris. Une fenêtre de sélection s'affiche alors permettant de choisir le type du noeud amont .
3. Sélectionner le type du composant aspirer à en cliquant dans la liste. Une nouvelle fenêtre de sélection s'affiche. Il ne reste plus alors qu'à sélectionner le composant souhaité. Le champ «noeud amont» est mis à jour automatiquement.
4. Procéder ensuite de façon identique pour l'affectation du noeud aval.

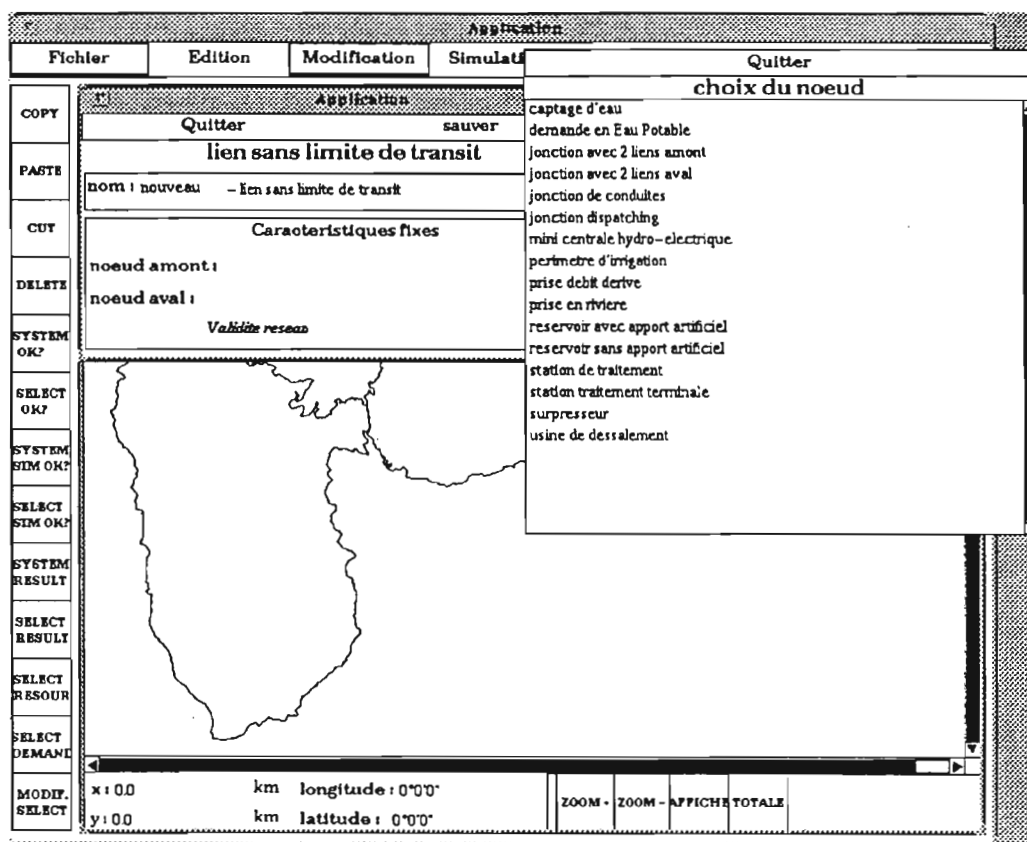


Figure 3-4. Sélection des noeuds d'un lien par listes

## La sélection

La sélection joue un rôle très important dans Hydram. Elle rend possible ou simplifie un très grand nombre de fonctionnalités.

Selon les besoins, la sélection courante se résumera à un composant unique ou sera constituée d'un ensemble de composants.

## Sélectionner des composants

Il existe différentes solutions pour ranger des composants dans la sélection.

### Sélection par le menu

#### Sélection globale

Il existe des commandes - menu Edition et barre d'outils - pour sélectionner :

- tous les composants ;
- tous les besoins ;
- toutes les ressources ;
- tous les composants d'un type.

#### Affiner la sélection

Choisir Edition affine la sélection.

La fenêtre, qui s'affiche alors à l'écran, permet une gestion totale de la sélection. La liste de tous les composants présents dans le système y est affichée.

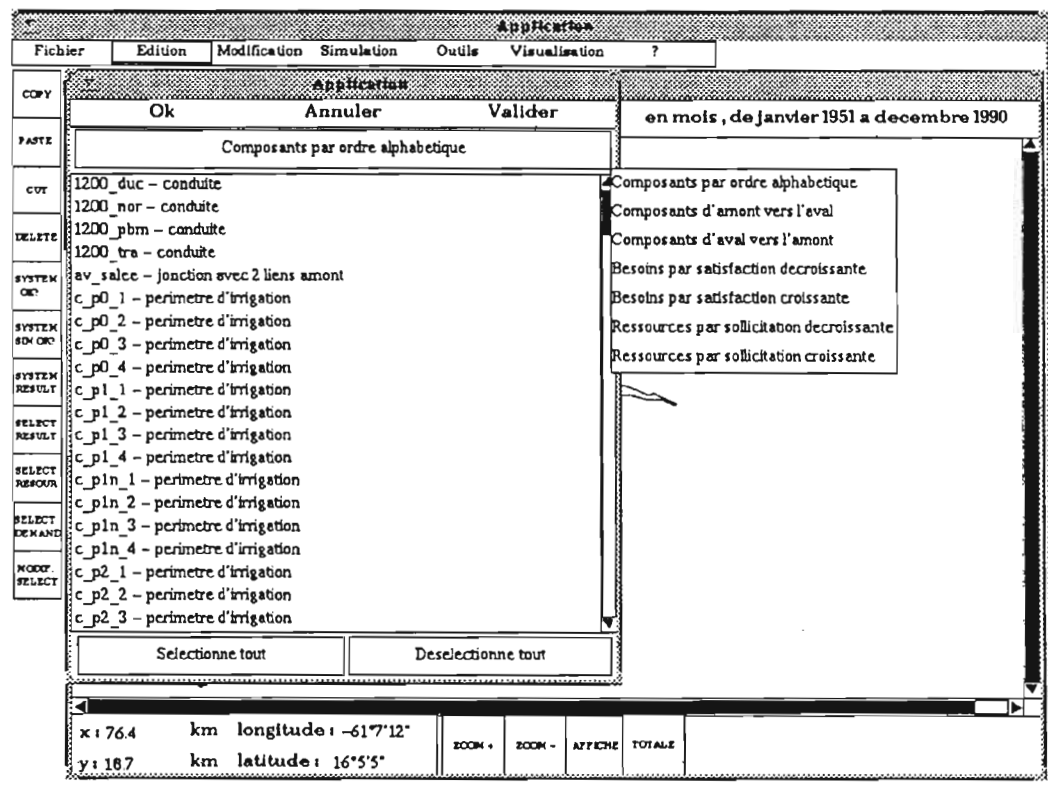


Figure 3-5. Affine la sélection

**Pour sélectionner un composant** il suffit de cliquer sur la ligne correspondante de la liste - cette ligne apparaît alors en inverse vidéo -.

**Pour désélectionner un composant** préalablement sélectionné, il suffit de cliquer, une nouvelle fois, sur la ligne correspondante de la liste - cette ligne apparaît alors en vidéo normale -.

**Ordre d'affichage** Par défaut les composants sont affichés par ordre alphabétique. Mais il est possible de modifier cet ordre et de choisir entre les options :

- composants d'amont vers l'aval ;
- composants d'aval vers l'amont ;
- besoins par ordre de satisfaction croissant ;
- besoins par ordre de satisfaction décroissant ;
- ressources par ordre de sollicitation croissant ;
- ressources par ordre de sollicitation décroissant.

Les commandes **Sélectionne tout** - **Désélectionne tout** sont disponibles pour l'ensemble des composants alors affichés.

**Remarque** Il est obligatoire de valider - bouton «Valid» ou «Ok» si l'on souhaite quitter la fenêtre- pour que la sélection courante soit effective.

## Sélection dans la fenêtre graphique

Pour sélectionner un composant, cliquer sur son symbole dans la fenêtre graphique, avec le bouton de gauche. La sélection contient alors ce seul composant.

Pour étendre la sélection cliquer sur le symbole avec le bouton central.

### Sélection dans une zone

Pour sélectionner l'ensemble des composants présents dans une zone :

1. cliquer, avec le bouton de gauche, au coin supérieur gauche de la zone et maintenir le bouton enfoncé ;
2. déplacer la souris jusqu'au coin inférieur droit de cette même zone ;
3. relâcher le bouton.

### Opérations sur la sélection

Seules les opérations spécifiques à la sélection sont détaillées dans ce paragraphe. Elles facilitent grandement la construction de l'hydro-aménagement.

Les autres opérations - validité réseau, validité pour la simulation, résultats de simulation - seront reprises dans des paragraphes ultérieurs.

Toutes ces fonctionnalités sont accessibles soit par le menu, soit par la barre d'outils.

### Couper - coller

Sous ce nom sont regroupées les fonctionnalités permettant la copie ou la suppression des composants de la sélection et leur ajout - collage - éventuel dans un autre hydro-aménagement.

**Remarque importante** Il faut noter que plusieurs hydro-aménagements peuvent être chargés en même temps, un seul étant actif. C'est sur cet hydro-aménagement courant que portent les commandes exécutées.

Ces commandes sont accessibles à partir du menu **Edition** et par la barre d'outils.

#### Couper

Les composants de la sélection sont supprimés de l'hydro-aménagement courant. Ils sont copiés dans un hydro-aménagement spécial appelé presse-papiers, à cause de son rôle de système tampon.

La suppression d'un noeud entraîne la suppression des liens qui lui sont éventuellement associés.

La commande couper peut être effectuée par :

- **Couper** du menu **Edition** ;
- ou -
- «CUT» de la barre d'outils.

#### Copier

Les composants de la sélection sont simplement copiés dans le presse-papiers.

La commande copier peut être effectuée par :

- **Copier** du menu **Edition** ;
- ou -
- «COPY» de la barre d'outils.

#### Coller

Les composants du presse-papiers sont copiés dans l'hydro-aménagement courant.

La commande coller peut être effectuée par :

- **Coller** du menu **Edition** ;
- ou -
- «PASTE» de la barre d'outils.

## Supprimer

Les composants de la sélection sont supprimés. Mais contrairement à la commande couper, ils ne sont pas rangés dans le presse-papiers.

La commande supprimer peut être effectuée par :

- **Supprimer** du menu **Edition** ;
- ou -
- «DELETE» de la barre d'outils.

**Remarque** S'il n'existe qu'un seul presse-papiers pour toute l'application, chaque hydro-aménagement possède, en revanche, sa propre sélection.

## Modification

Il est possible de mettre à jour, simultanément, pour un ensemble de composants de même type appartenant à la sélection, certains de leurs paramètres communs.

Il suffit de sélectionner la commande :

- **Composant(s) de la sélection** du menu **Modification** ;
- ou -
- «MODIF.SELECT» de la barre d'outils.

Une fenêtre de modification spécifique aux composants de même type que le premier composant de la sélection est alors affichée.

Les champs de saisie sont associés à des bascules «oui»/«non». Seules les valeurs des champs dont la bascule est sur «oui» seront modifiées lors de l'action de «sauver».

**Remarque** Si la sélection ne comporte qu'un seul composant, la commande de modification entraîne l'affichage de la fenêtre de modification propre à ce composant.

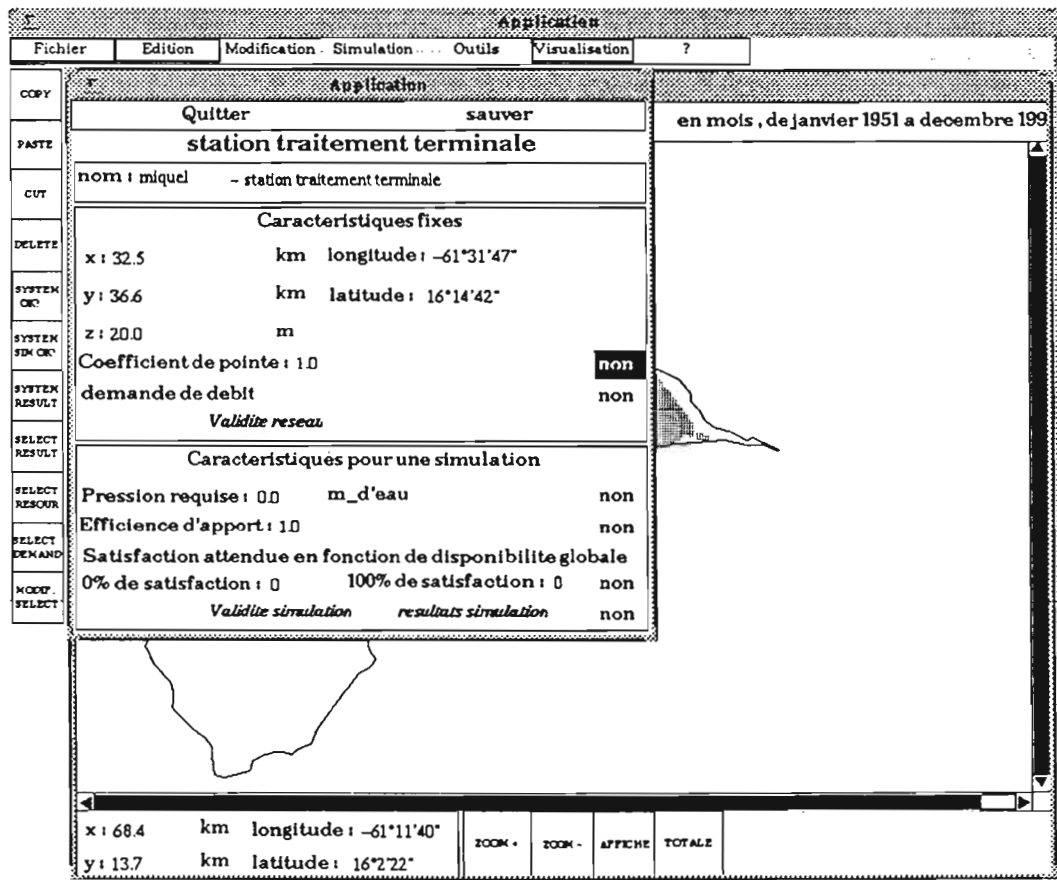


Figure 3-6. Modification sélection

---

## Vérifications de validité

Des outils sont disponibles pour vérifier la validité de l'hydro-aménagement courant. Ils permettent de renvoyer les incohérences éventuelles au niveau :

- d'un composant ;
- d'une sélection de composants ;
- de l'ensemble du système.

### Validité réseau

Cette fonction permet de valider la construction physique du réseau. Elle renvoie sous forme de texte la liste des incohérences dans la définition des composants sélectionnés au sein du réseau.

**Remarque** Toutes ces incohérences ont trait aux caractéristiques fixes des composants - voir le chapitre **Les composants** -.

#### Composant

Choisir la commande **Validité réseau** au niveau de la fenêtre de modification du composant.

#### Sélection

La vérification peut être effectuée par la commande :

- **Réseau sélection ok ?** du menu **Outils**.

#### Système

La vérification peut être effectuée par la commande :

- **Réseau système ok ?** du menu **Outils** ;
- ou -
- **SYSTEM OK?** de la barre d'outils.

### Validité simulation

Cette fonction renvoie sous forme de texte la liste des incohérences dans la définition des composants sélectionnés pour la simulation du fonctionnement du système.

**Remarque** Toutes ces incohérences ont trait aux caractéristiques pour la simulation des composants - voir le chapitre **Les composants** -.

#### Composant

Choisir la commande **Validité simulation** au niveau de la fenêtre de modification du composant.

#### Sélection

La vérification peut être effectuée par la commande :

- **Validité sélection pour la simulation** du menu **Outils**.

#### Système

La vérification peut être effectuée par la commande :

- **Système simulable ?** du menu **Outils** ;
- ou -
- **SYSTEM SIM OK?** de la barre d'outils.



---

## La simulation

Outre les modalités définies, à partir de la commande de simulation de l'hydro-aménagement, de nombreux paramètres conditionnent la simulation :

- le pas de temps utilisé ;
- les données hydro-météorologiques disponibles ;
- les caractéristiques propres à une simulation pour les composants - voir *Les composants* -.

## Le pas de temps

Le mois est le pas de temps par défaut.

Pour en changer, il faut :

- sélectionner **Simulation Pas de temps** dans le menu ;
- choisir, dans la liste affichée, le nouveau pas de temps de simulation.

## Les données hydro-météorologiques

De nombreux composants font référence dans leur fonctionnement à des données hydro-météorologiques. Si c'est le cas dans l'hydro-aménagement construit, il convient de sélectionner les données pour chaque type utilisé, à savoir :

- écoulement ;
- pluie ;
- évaporation.

**Remarque** Cette sélection devra être éventuellement remise à jour en cas de changement de pas de temps de simulation.

Pour réaliser cette sélection pour l'écoulement par exemple - les traitements pour la pluie et pour l'évaporation sont identiques -, il suffit de choisir **Simulation Sélection - Ecoulement** dans le menu.

Deux options sont alors disponibles :

- **fichier**. Une fenêtre affiche la liste des stations correspondant au choix du fichier courant - par défaut le nom est nouveau et la liste ne contient aucune station -.

Un nouveau fichier peut être sélectionné, soit en tapant son nom dans le champ de saisie, soit, après avoir cliqué dans ce champ avec le bouton droit de la souris, en cliquant dans la liste des fichiers présents dans le répertoire de travail.

- **moyennes**. Une fenêtre affiche la liste des stations sur lesquelles sont disponibles des moyennes mensuelles interannuelles. Ces données sont gérées à partir de la commande **Simulation Référence Ecoulement**.

## Simulation d'un hydro-aménagement

Choisir **Simulation Simulation hydro-aménagement**.

La fenêtre, qui s'affiche, permet de :

- définir les modalités de simulation ;
- lancer la simulation ;
- sauvegarder la simulation dans un fichier.

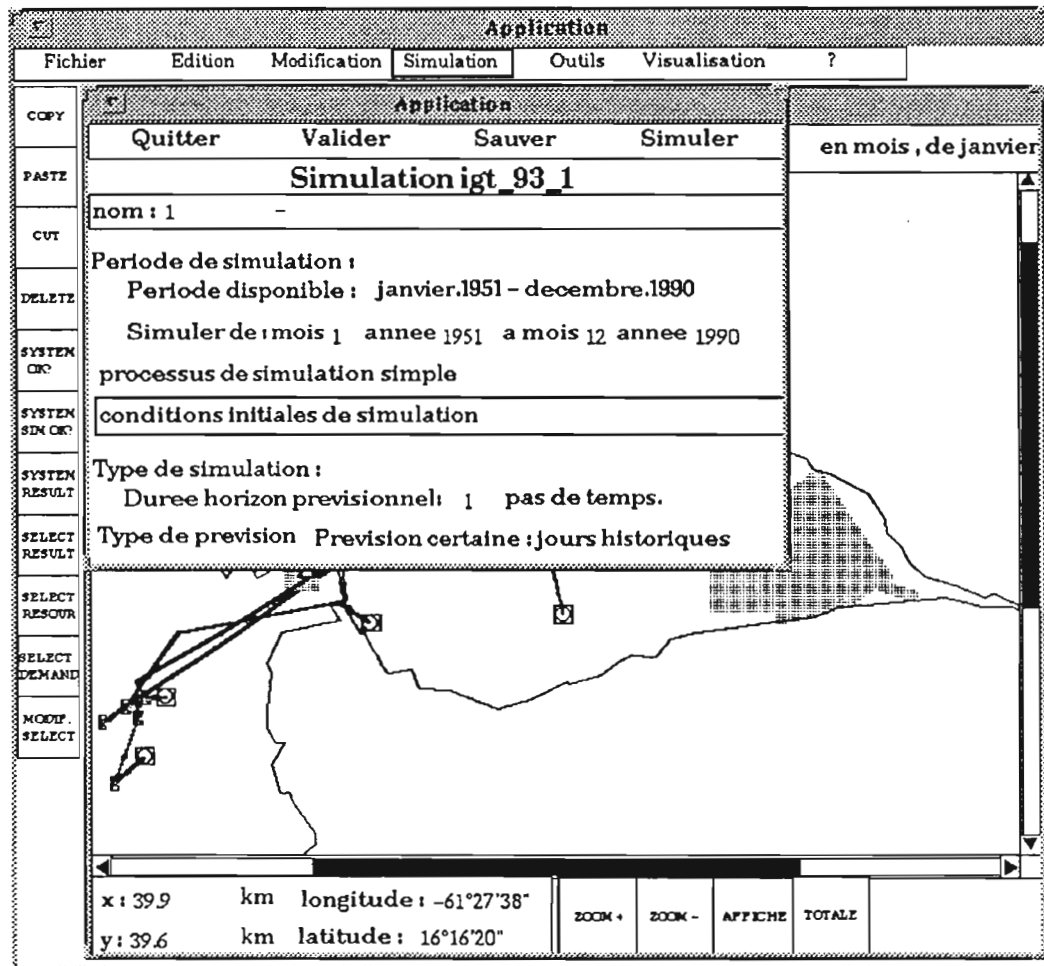


Figure 3-7. Simulation hydro-aménagement

## les modalités de simulation

### la période de simulation

Des champs permettent la saisie du mois et de l'année de début, et du mois et de l'année de fin de la simulation.

**Remarque** La période disponible, qui dépend des choix de données climatologiques, est affichée.

### Processus de simulation

Dans la version actuelle, il existe deux processus de simulation : simulation simple, simulation avec descente hydraulique - Il effectue en plus le calcul des charges dans le réseau -.

Le choix est effectué par sélection du type voulu dans la liste qui s'affiche après avoir cliqué sur le bouton correspondant.

### Conditions initiales de simulation

Il s'agit de définir l'état du système en début de simulation. Cet état est caractérisé par le taux de remplissage des réservoirs et de la réserve en eau du sol pour les périmètres d'irrigation.

Il est possible de définir :

- le pourcentage de stockage utile des réservoirs - par défaut 100 - ;
- le pourcentage de remplissage de la Réserve Utile des périmètres d'irrigation - par défaut 100 - ;

- la période sur laquelle on veut présimuler le système, c'est à dire simuler sans prendre en compte les résultats, de manière à obtenir des taux de remplissage des composants à réserve plus vraisemblable.

**Remarque** La simulation sera exécutée jusqu'au pas de temps final non compris. Aucune présimulation n'est ainsi effectuée - c'est l'option par défaut - si la date de début est égale à la date de fin.

### Type de simulation

Il s'agit de définir l'horizon prévisionnel qui sera associé à chaque pas de temps de la période à simuler.

Le choix porte sur :

- la durée de l'horizon exprimée en nombre de pas de temps. Par défaut, c'est un, c'est à dire que l'on ne considère que le pas de temps courant ;
- le type de prévision prise en compte pour le futur - sa définition n'est donc utile que pour une durée de l'horizon supérieur à un -. Dans la version actuelle, le choix porte sur deux types. Ainsi, l'horizon considéré peut faire l'objet :
  1. d'une prévision certaine : pour le futur, il sera fait référence aux données hydro-météorologiques historiques ;
  2. d'une prévision moyenne : les moyennes glissantes des variables référencées sont alors employées.

### lancement de la simulation

**Remarque importante** Dans le cas où les modalités de simulation ont été modifiées, il convient d'actionner le bouton «Valider» pour que ces modifications soient effectivement prises en compte.

Pour lancer la simulation, sélectionner le bouton «Simuler».

Une fenêtre affiche alors, après la phase d'initialisation, le pas de temps courant de la simulation. Des commandes sont disponibles pour :

- suspendre la simulation : bouton «Pause» ;
- reprendre la simulation : bouton «Reprise» ;
- mettre un terme à la simulation : bouton «Arrêt».

### sauvegarde et chargement de simulation

#### Rappel

Une simulation est repérée par un numéro d'ordre. Une description peut y être adjointe.

Elle comprend outre les modalités globales de simulation, décrites précédemment, le type de pas de temps et les données hydro-météorologiques associées, les caractéristiques pour une simulation de tous les composants et les résultats globaux sur tout le système.

#### Sauver une simulation

Cliquer sur le bouton «Sauver».

La simulation est stockée sur disque avec comme identificateur le numéro actuellement affiché au niveau de la fenêtre. Ce numéro peut être modifié avant la sauvegarde.

#### Charger une simulation

Pour charger une simulation stockée sur disque, il suffit de :

- saisir son numéro dans le champ du nom ;
- ou -
- sélectionner ce numéro dans la liste des simulations disponibles, qui s'affiche après avoir cliqué avec le bouton droit de la souris dans ce champ nom.

---

## Résultats de la simulation

Plusieurs niveaux de consultation des résultats sont offerts.

### Résultats du système

#### Accès

Pour consulter les résultats globaux du système, sélectionner la commande :

- **Résultats simulation systeme** du menu **Outils** ;
- ou -
- «SYSTEM RESULT» de la barre d'outils.

#### La fenêtre résultats

La fenêtre qui s'affiche alors contient divers éléments.

##### Le titre

Il donne le nom du système et le numéro de simulation relatifs aux résultats affichés.

##### Le texte de validité

Ce texte est accessible par le bouton de commande où s'affiche le pas de temps utilisé et la période simulée.

Il précise si les résultats consultables sont effectivement valides ou, sinon, détaille les causes décelées de cette non validité.

##### Les totaux

Des champs affichent les cumuls d'apport, de déficits, de défaillances et de volumes prélevés sur la période simulée.

##### Les valeurs extrêmes

En cas de défaillance enregistrée sur la période simulée, il est alors affiché :

- **la pénurie maximale**, définie par le pas de temps pour lequel elle est survenue, et le taux de pénurie - rapport de l'apport à la demande sur le pas de temps - ;
- **la durée maximale de défaillance**, la période ayant connu une pénurie continue, dont le taux est précisé, est définie par son pas de temps début et son pas de temps fin.

**Remarque** S'il existe plusieurs périodes ayant connu des défaillances sur un même nombre de pas de temps successifs, le maximum conservé est constitué par la période sur laquelle le taux de pénurie est le plus important.

##### Les commandes

Il existe différents boutons de commande :

- **Chroniques, Variations saisonnières** pour accéder aux listes de résultats pour le système - voir les listes - ;
- **Rapport d'analyse, Paramètres d'analyse**, relatifs à l'expertise sommaire qui peut être établie ;
- **Volumes perdus**, pour accéder aux résultats relatifs aux volumes d'eau transitant vers l'extérieur du système.

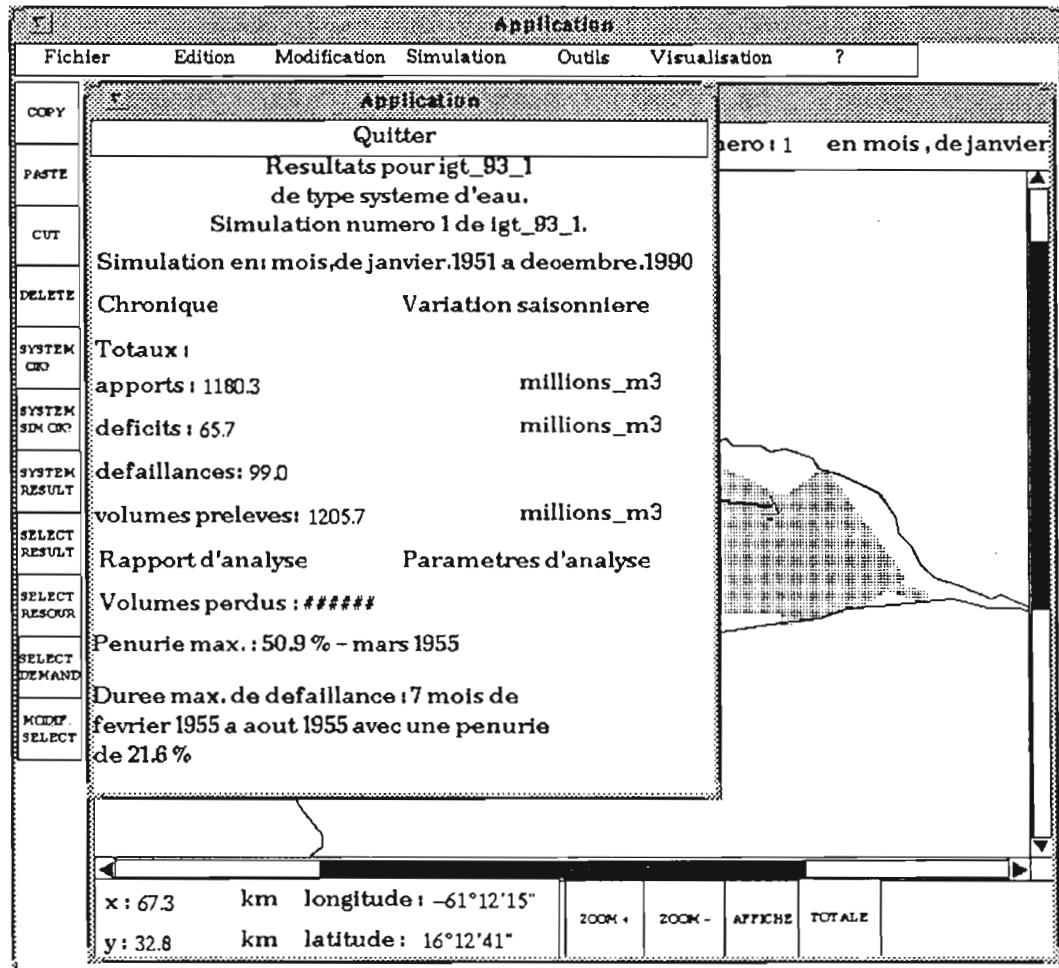


Figure 3-8. Résultats du système

## Les listes

### Chronique annuelle et variation saisonnière

La chronique annuelle et la variation saisonnière - cumuls mensuels - des apports, des déficits, des défaillances et des volumes prélevés sont toujours consultables.

La sélection de la commande correspondante affiche une fenêtre de pilotage de ces listes, qui permet différentes sorties suivant des critères multiples.

Les critères portent sur :

- la visibilité oui/non de chacune des listes ;
- les limites de prise en considération des valeurs pour chacune des données - si pour un intervalle de temps t, la valeur d'une donnée est en dehors de l'intervalle considéré, toutes les données correspondant à cet intervalle t ne seront pas prises en compte - ;
- les mois à considérer le cas échéant - tous par défaut -.

En actionnant le bouton de commande **Défaut**, les critères peuvent retrouver leurs valeurs par défaut qui assurent une prise en compte de toutes les données disponibles après la simulation.

Il est possible de spécifier l'unité et le format pour chacune des données.

Dans la version actuelle, les sorties disponibles sont :

- **tableau**, qui permet la visualisation des données sélectionnées dans une fenêtre avec une barre de défilement ;

- **fichier ASCII**, qui crée ou complète un fichier au format ASCII. Les données sélectionnées peuvent ainsi être exploitées ultérieurement par un progiciel du commerce, un tableur par exemple.

**Remarque** Par défaut, le nom du fichier correspond au nom de l'hydro-aménagement avec l'extension '.txt'. Tout autre nom peut être saisi.

### Les chroniques optionnelles

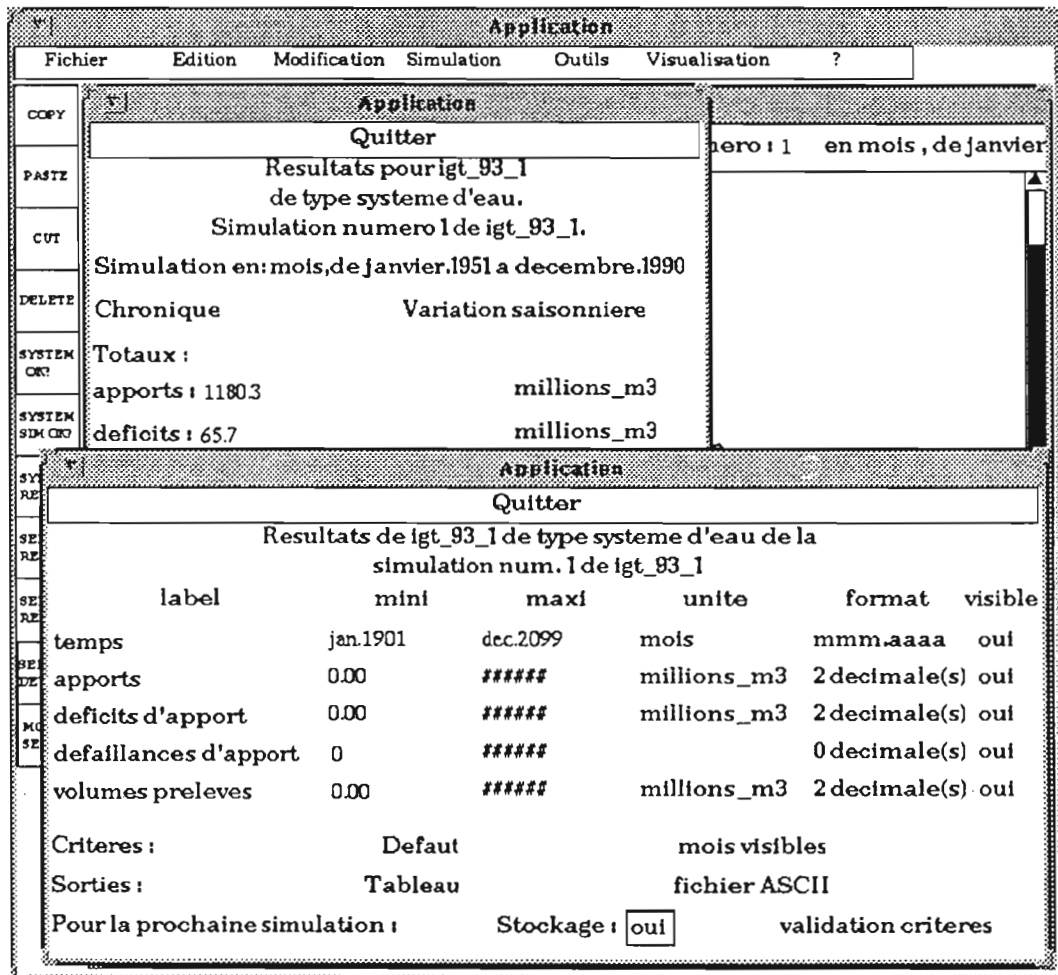


Figure 3-9. Résultats stockables

Sur demande, des chroniques de résultats à différents pas de temps peuvent être constituées pendant la simulation, puis stockées pour une exploitation ultérieure.

Ainsi, si l'on simule au pas de temps décadaire, il est possible de conserver les chroniques de résultats pour les pas de temps mensuel et décadaire.

La sélection de la commande **chronique mois**, par exemple, affiche une fenêtre de pilotage de résultats tout à fait similaire à celle des chroniques annuelles ou des variations saisonnières. Les seules commandes supplémentaires sont relatives au stockage optionnel.

La commande **stockage** «oui»/«non», positionnée à «non» par défaut, doit être sélectionnée pour assurer un stockage des résultats à la **prochaine simulation**.

Le stockage des données respectera les différents critères sélectionnés.

En cas de modification de critères postérieure au choix de stockage, il convient d'actionner le bouton commande «Validation critères» pour que ceux-ci soient effectivement pris en compte pour la **prochaine simulation**.

## Rapport d'analyse

Cette fonction permet l'affichage d'un texte qui donne une interprétation globale des résultats de simulation. Cette expertise sommaire porte sur :

- le classement des pénuries annuelles ;
- la répartition saisonnière des défaillances ;
- le classement des besoins ayant connu des pénuries.

Ces textes sont établis grâce aux liens entre le quantitatif et le qualitatif, en utilisant des notions telles que faible, moyenne, forte. Ces notions, définies après sélection du bouton de commande «Paramètres d'analyse», permettent donc la classification des pénuries et la hiérarchisation des besoins.

## Volumes perdus

La fenêtre affichée après sélection du bouton de commande «Volumes perdus» présente des résultats relatifs aux volumes d'eau transitant vers l'extérieur du système. On considère ainsi :

- les **pertes totales** ;
- les **pertes par les liens** de type conduite, canal ;
- les **volumes aval en sus**, qui correspondent aux déversements d'eau supplémentaires par rapport aux débits aval objectifs définis pour les ouvrages de captage sur les cours d'eau.

Les chroniques et la variation saisonnière de ces données sont également consultables.

## Résultats de la sélection

### Accès

Pour consulter les résultats de la sélection courante, sélectionner la commande :

- **Résultats simulation de la sélection** du menu **Outils** ;
- ou -
- «SELECT RESULT» de la barre d'outils.

### La fenêtre résultats

Nous considérons ici une sélection de plusieurs éléments. Si la sélection comporte un seul élément, il convient de se reporter à *Résultats d'un composant La fenêtre résultats*.

La fenêtre des résultats de la sélection contient divers éléments.

#### Le titre

Il donne le nom du système et le numéro de simulation relatifs aux résultats affichés.

#### Le texte de validité

Ce texte est accessible par le bouton de commande où s'affiche le pas de temps utilisé et la période simulée.

Il précise si les résultats consultables sont effectivement valides ou, sinon, détaille les causes décelées de cette non validité.

### Les totaux

Des champs affichent les cumuls d'apport, de déficits, de défaillances et de volumes prélevés sur la période simulée.

### Les commandes

Il existe différents boutons de commande :

- «Chroniques», «Variations saisonnières» pour accéder aux listes de résultats pour la sélection - voir *Résultats du système les listes* - ;
- «Rapport d'analyse», «Paramètres d'analyse», relatifs à l'expertise sommaire qui peut être établie - voir *Résultats du système Rapport d'analyse* - .

## Résultats d'un composant

### Accès

Pour consulter les résultats d'un composant, il existe 2 possibilités :

1. sélectionner ce composant et actionner la commande :
  - **Résultats simulation de la sélection** du menu Outils ;
  - ou -
  - «SELECT RESULT» de la barre d'outils ;
2. accéder à la fenêtre de modification du composant et sélectionner le bouton de commande «Résultats simulation».

### La fenêtre résultats

La fenêtre des résultats de la sélection contient divers éléments.

#### Le titre

Il donne le nom du composant et son type, le nom du système et le numéro de simulation relatifs aux résultats affichés.

#### Le texte de validité

Ce texte est accessible par le bouton de commande où s'affichent le pas de temps utilisé et la période simulée.

Il précise si les résultats consultables sont effectivement valides ou, sinon, détaille les causes décelées de cette non validité.

#### Les totaux

Des champs affichent les cumuls d'un certain nombre de données variables suivant le type du composant. Ces données sont :

- les apports, déficits et défaillances pour les **besoins** ;
- les apports, déficits, défaillances, pluie efficace et évaporation pour les besoins de type **périmètre d'irrigation** ;
- les volumes sollicités pour les **ressources** ;
- les volumes sollicités, apports 'naturels', déversements et défaillances par rapport au débit aval objectif pour les ressources de type **prise en rivière** ;
- les volumes sollicités, apports 'naturels', déversement, défaillances par rapport au débit aval objectif, des apports de pluie, des pertes par évaporation et des pertes par infiltration pour les ressources de type **réservoir** ;



- les volumes sollicités, apports 'naturels', déversement, défaillances par rapport au débit aval objectif, des apports de pluie, des pertes par évaporation, des pertes par infiltration et des apports artificiels pour les ressources de type **réservoir avec apport artificiel** ;
- l'énergie produite, déficits et défaillances de production pour les **minicentrales hydroélectriques**.

### Les commandes

Il existe différents boutons de commande :

- «Chroniques», «Variations saisonnières» pour accéder aux listes de résultats propres au composant - voir le paragraphe précédent pour les données conservées suivant le type de composant et *Résultats du système les listes* -.

---

## Sauver - ouvrir un hydro-aménagement

### Sauver un hydro-aménagement

Choisir **Fichier Enregistrer** pour sauvegarder l'hydro-aménagement courant sous son nom actuel.

**Remarque** Ce nom peut éventuellement être modifié dans le champ de saisie correspondant de la fenêtre hydro-aménagement.

Choisir **Fichier Enregistrer sous...** pour sauvegarder l'hydro-aménagement courant sous un nom différent.

### Ouverture d'un hydro-aménagement

Pour travailler sur un hydro-aménagement, il faut l'ouvrir pour l'afficher à l'écran.

Plusieurs hydro-aménagements peuvent être chargés en même temps, un seul étant actif. C'est sur cet hydro-aménagement courant que portent les commandes exécutées.

### Création d'un nouveau système

Hydram vous donne la possibilité de créer de nouveaux hydro-aménagements vierges :

1. sélectionner la commande **Fichier** du menu général ;
2. sélectionner alors l'option **nouveau**.

### Ouverture d'un hydro-aménagement existant

1. Sélectionner **Fichier Ouvrir**.  
Hydram affiche la boîte de dialogue «Chargement».
2. Dans le champ «nom», taper le nom du fichier ou cliquer dessus dans la liste et sélectionner «Ok» ;  
- ou -  
cliquer deux fois sur le nom du fichier dans la liste.

## Fermeture d'un hydro-aménagement

Choisir **Fichier Fermer**.

**Remarque** Il n'y a pas d'avertissement dans le cas où des modifications auraient été réalisées depuis la dernière sauvegarde de l'hydro-aménagement. Ces modifications ne seront donc pas prises en compte.

## Clôture d'une application

Choisir **Fichier Quitter**.

**Remarque** Il n'y a pas d'avertissement dans le cas où des modifications auraient été réalisées depuis la dernière sauvegarde des hydro-aménagements chargés. Ces modifications ne seront donc pas prises en compte.

## 4. L'outil par le menu

Ce chapitre détaille chaque menu et commande du menu général d'HYDRAM.  
 La présentation se fera en suivant l'ordre dans lequel ces menus apparaissent à l'écran.

### Le menu Fichier

Ce menu permet de créer un nouveau système d'eau, d'en ouvrir un déjà existant, d'enregistrer un hydro-aménagement et de quitter l'application.

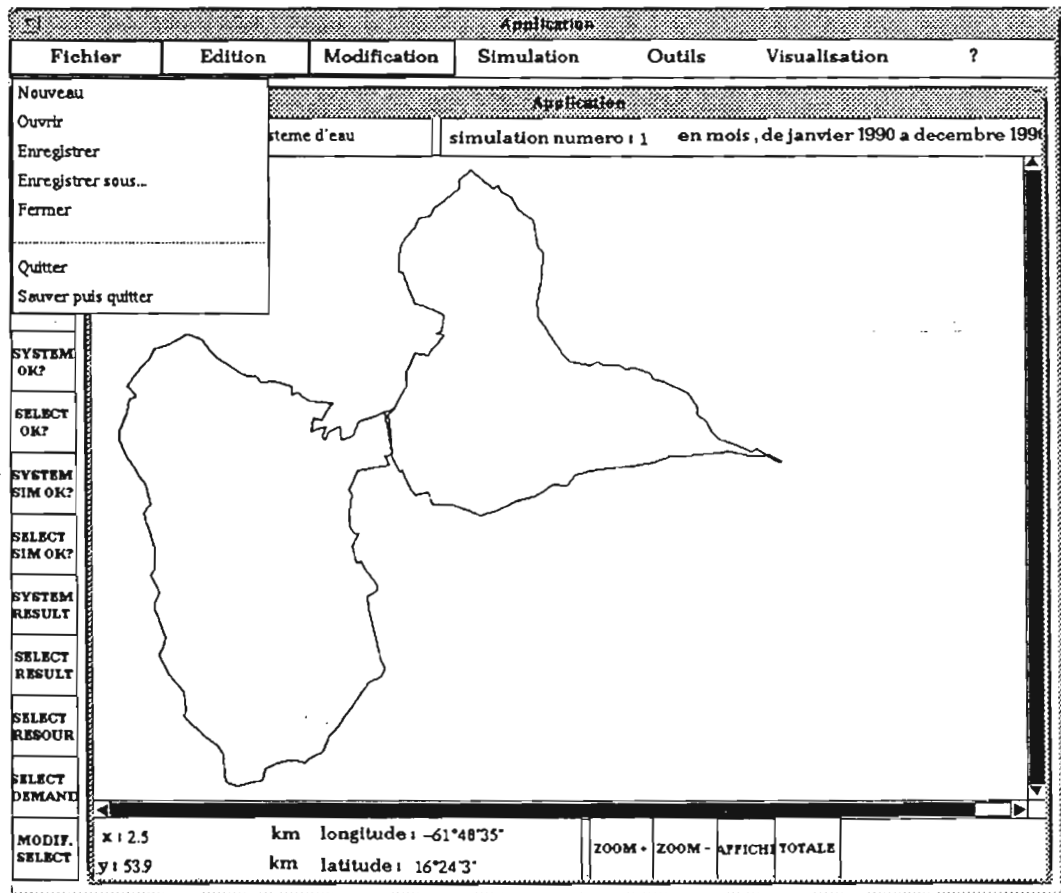


Figure 4-1. Menu Fichier

#### Nouveau

Cette commande permet de créer un nouvel hydro-aménagement.

Au départ, le système ne contient aucun composant et possède des caractéristiques par défaut :

- nom : "nouveau" ;
- région d'étude : Guadeloupe ;
- pas de temps d'étude : mois ;
- ...

## Ouvrir

Cette commande permet de charger en mémoire un hydro-aménagement qui a été sauvegardé et d'ouvrir la fenêtre qui lui est associée.

La commande déclenche l'affichage de la boîte de dialogue «Chargement».

La liste affichée contient les systèmes sauvegardés sur disque dans le répertoire de travail et l'hydro-aménagement par défaut, qui possède un composant de chaque type.

Pour charger un hydro-aménagement :

- Dans le champ «nom», taper le nom du fichier ou cliquer dessus dans la liste et sélectionner «Ok» ;  
- ou -
- Cliquer deux fois sur le nom du fichier dans la liste.

**Remarque** Plusieurs hydro-aménagements peuvent être chargés en même temps, un seul étant actif. C'est sur cet hydro-aménagement courant que portent les commandes exécutées.

## Enregistrer

Cette commande permet de sauvegarder l'hydro-aménagement courant sous son nom actuel.

### **Remarque**

Ce nom peut éventuellement être modifié dans le champ de saisie correspondant de la fenêtre hydro-aménagement.

## Enregistrer sous

Cette commande permet de sauvegarder l'hydro-aménagement courant sous un nom différent.

Une fenêtre s'affiche au déclenchement de la commande, il suffit de taper le nom choisi dans le champ de saisie, puis de valider l'opération.

## Fermer

Cette commande permet de fermer l'hydro-aménagement courant.

Si d'autres systèmes d'eau sont chargés, un de ceux-ci devient actif : il constitue le nouvel hydro-aménagement courant.

**Remarque** Il n'y a pas d'avertissement dans le cas où des modifications auraient été réalisées depuis la dernière sauvegarde de l'hydro-aménagement. Ces modifications ne seront donc pas prises en compte.

## Quitter

Cette commande permet de sortir de l'application.

**Remarque** Il n'y a pas d'avertissement dans le cas où des modifications auraient été réalisées depuis la dernière sauvegarde des hydro-aménagements chargés. Ces modifications ne seront donc pas prises en compte.

## Le menu Edition

Ce menu permet l'accès aux différentes opérations liées à la sélection du système d'eau courant et au presse-papiers, hydro-aménagement spécial, appelé ainsi à cause de son rôle de système tampon au niveau de l'application.

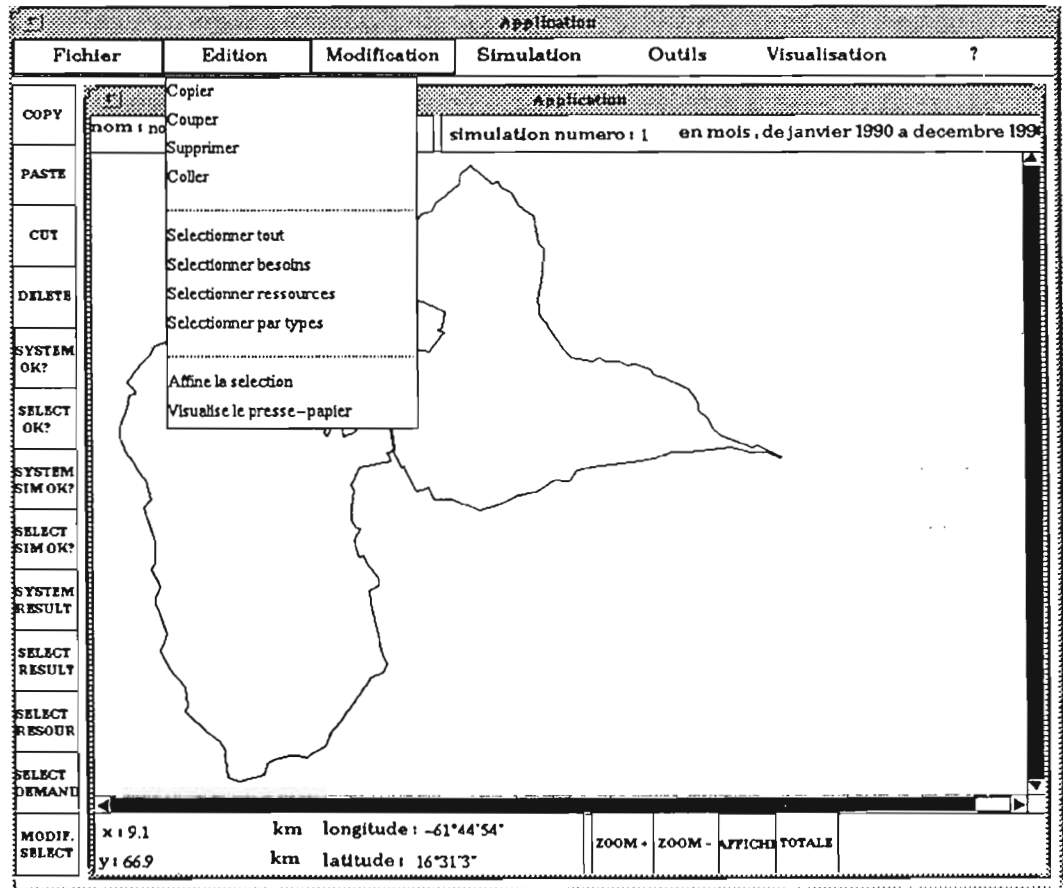


Figure 4-2. Menu Edition

## Copier

Cette commande permet de copier les composants de la sélection dans le presse-papiers.

## Couper

Cette commande permet de supprimer les composants de la sélection de l'hydro-aménagement courant. Ils sont copiés dans le presse-papiers.

## Supprimer

Cette commande permet de supprimer les composants de la sélection de l'hydro-aménagement courant. Mais contrairement à la commande couper, ils ne sont pas rangés dans le presse-papiers.

## Coller

Cette commande permet de copier les composants du presse-papiers dans l'hydro-aménagement courant.

## Sélectionner tout

Tous les composants de l'hydro-aménagement courant sont placés dans la sélection.

## Sélectionner besoins

Les composants de type besoin sont placés dans la sélection.

## Sélectionner ressources

Les composants de type ressource sont placés dans la sélection.

## Sélectionner par types

Les composants d'un certain type, choisi dans une liste, sont placés dans la sélection.

## Affine la sélection

Cette commande donne accès à une fenêtre permettant une gestion complète de la sélection - voir *La sélection . sélectionner des composants* dans le chapitre *L'outil pas à pas* -.

## Visualise le presse-papiers

Cette commande permet l'affichage du contenu du presse-papiers. La fenêtre de dialogue possède des fonctionnalités proches de celles qu'offre la fenêtre «Affine la sélection» :

- choix de l'ordre de visualisation des composants ;
- choix du type de composants visualisés.

## Le menu Modification

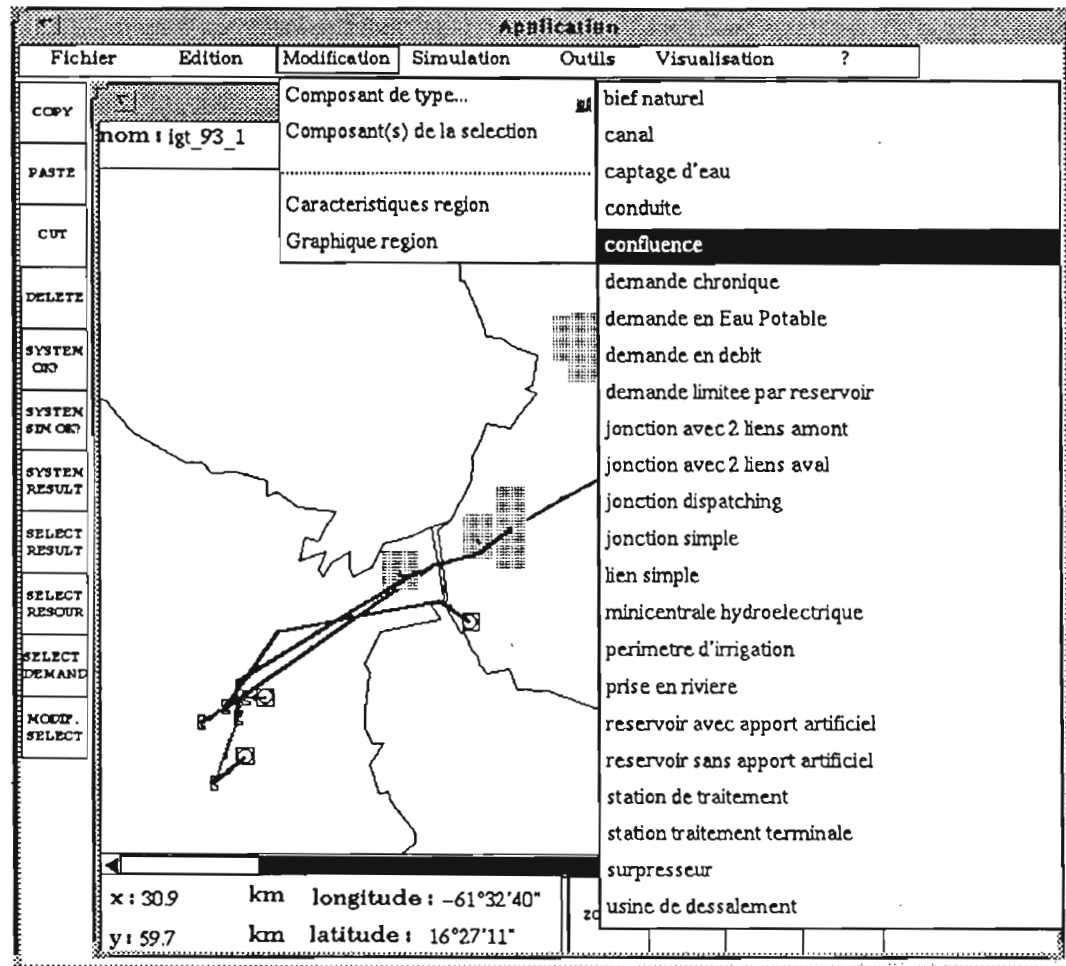


Figure 4-3. Menu Modification

### Composant de type...

Cette commande permet de modifier, voire de créer, un composant.

1. Au déclenchement de la commande, une fenêtre affiche la liste de tous les types de composants disponibles.
2. Sélectionner dans cette liste le type du composant que l'on souhaite créer.
3. Une nouvelle fenêtre apparaît, indiquant cette fois, les différents composants, de type identique à celui sélectionné dans la fenêtre précédente, qui sont présents dans l'hydro-aménagement courant.

**Remarque** Si aucun composant de ce type n'a encore été créé, le choix se résume au composant par défaut de nom "nouveau".

4. Choisir le composant à modifier.

La fenêtre de modification propre au composant sélectionné s'affiche alors.

### Composant(s) de la sélection

Cette commande permet de mettre à jour, simultanément, pour un ensemble de composants de même type appartenant à la sélection, certains de leurs paramètres communs.

Au déclenchement de la commande, une fenêtre de modification spécifique aux composants de même type que le premier composant de la sélection est alors affichée.

Les champs de saisie sont associés à des bascules «oui»/«non». Seules les valeurs des champs dont la bascule est positionnée sur «oui» seront modifiées lors de l'action de «sauver».

**Remarque** Si la sélection ne comporte qu'un seul composant, la commande de modification de la sélection entraîne l'affichage de la fenêtre de modification propre à ce composant.

## Caractéristiques région

Cette commande permet de définir les caractéristiques de la région associée à l'hydro-aménagement courant.

Les modifications, effectuées dans la fenêtre affichée au déclenchement de la commande, portent sur :

- le nom et la description ;
- la longitude et la latitude du point inférieur de la région, qui constitue le point origine du repère à considérer ;
- la longitude et la latitude du point supérieur de la zone d'étude ;
- l'altitude minimale et maximale de la région.

**Remarque** En cas de modification du repère, les différentes figures dans la fenêtre graphique de l'hydro-aménagement courant sont translatées conformément à la modification subie.

## Région graphique

Cette commande permet de définir l'ensemble des figures, autres que celles propres à l'hydro-aménagement, à afficher dans la fenêtre graphique du système d'eau courant. Dans la version actuelle, ces figures sont uniquement des lignes, encore appelées contours.

Au déclenchement de la commande, une fenêtre affiche la liste des noms des figures déjà chargées. Il est possible de :

- supprimer des contours existants ;
- ajouter de nouvelles lignes par ouverture de fichiers contours - voir *Les fichiers dans Hydram* -. Le nom du fichier peut être tapé dans le champ de saisie ou, après avoir cliqué dans ce champ avec le bouton droit de la souris, ce nom peut être sélectionné dans la liste des fichiers présents dans le répertoire de travail.

Le contour sélectionné est alors chargé en mémoire et s'affiche dans la fenêtre graphique de l'hydro-aménagement courant.



## Le menu Simulation

Ce menu permet de fixer différents paramètres de configuration de la simulation :

- le pas de temps utilisé ;
- les données hydro-météorologiques disponibles.

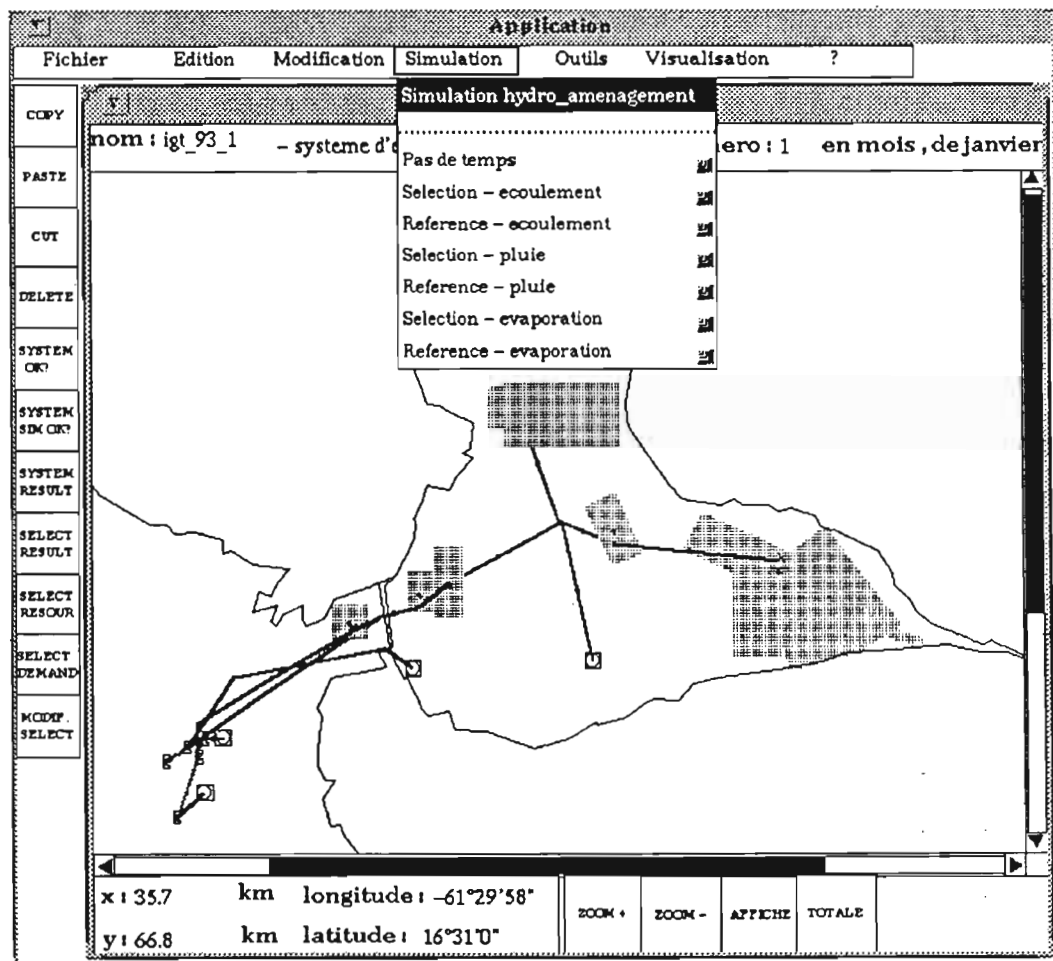


Figure 4-4. Menu Simulation

### Simulation hydro-aménagement

Cette commande déclenche l'affichage d'une fenêtre, qui permet de :

- définir les modalités de simulation ;
- lancer la simulation ;
- sauvegarder la simulation dans un fichier.

Voir *La simulation* dans le chapitre *L'outil pas à pas*.

### Pas de temps

Cette commande permet de choisir, dans la liste affichée, le pas de temps de simulation.

**Remarque** Le mois est le pas de temps par défaut.

## Sélection - écoulement

Cette commande permet de définir les données d'écoulement à considérer pour la simulation.

Deux options sont disponibles :

- **fichier.** Une fenêtre affiche la liste des stations correspondant au choix du fichier courant - par défaut le nom est nouveau et la liste ne contient aucune station -.  
Un nouveau fichier peut être sélectionné, soit en tapant son nom dans le champ de saisie, soit, après avoir cliqué dans ce champ avec le bouton droit de la souris, en cliquant dans la liste des fichiers présents dans le répertoire de travail.
- **moyennes.** Une fenêtre affiche la liste des stations sur lesquelles sont disponibles des moyennes mensuelles interannuelles. Ces données sont gérées à partir de la commande **Simulation Référence Ecoulement**.

## Référence - écoulement

Cette commande permet de gérer les données de référence d'écoulement. Ces données sont constituées par une liste de stations et de leurs moyennes mensuelles interannuelles.

Deux options sont disponibles :

1. **ajout-édition.** Une fenêtre affiche la liste des stations disponibles. Toutes les caractéristiques afférentes à une station - par défaut la première de la liste - sont visualisées et modifiables, à savoir :
  - coordonnées et altitude ;
  - moyennes mensuelles interannuelles. Tout nouveau couple date - valeur peut être saisi, puis inséré dans la liste en utilisant le bouton «Val».Pour ajouter une station, il suffit de définir l'ensemble de ses caractéristiques - avec un nouveau nom - et d'actionner le bouton de commande «Ajoute».
2. **suppression.** Une fenêtre affiche la liste des stations disponibles. Pour en supprimer, il suffit de sélectionner avec la souris et d'actionner le bouton de commande «Supprimer».

Dans les 2 cas, pour valider, au niveau des données de référence, les modifications éventuelles effectuées, il convient d'actionner le bouton de commande «Sauver».

## Sélection - pluie

Cette commande permet de définir les données de pluie à considérer pour la simulation - voir *Sélection - écoulement* -.

## Référence - pluie

Cette commande permet de gérer les données de référence de pluie. Ces données sont constituées par une liste de stations et de leurs moyennes mensuelles interannuelles - voir *Sélection - écoulement* -.

## Sélection - évaporation

Cette commande permet de définir les données d'évaporation à considérer pour la simulation - voir *Sélection - écoulement* -.

## Référence- évaporation

Cette commande permet de gérer les données de référence d'évaporation. Ces données sont constituées par une liste de stations et de leurs moyennes mensuelles interannuelles - voir *Sélection - écoulement* -.

## Le menu Outils

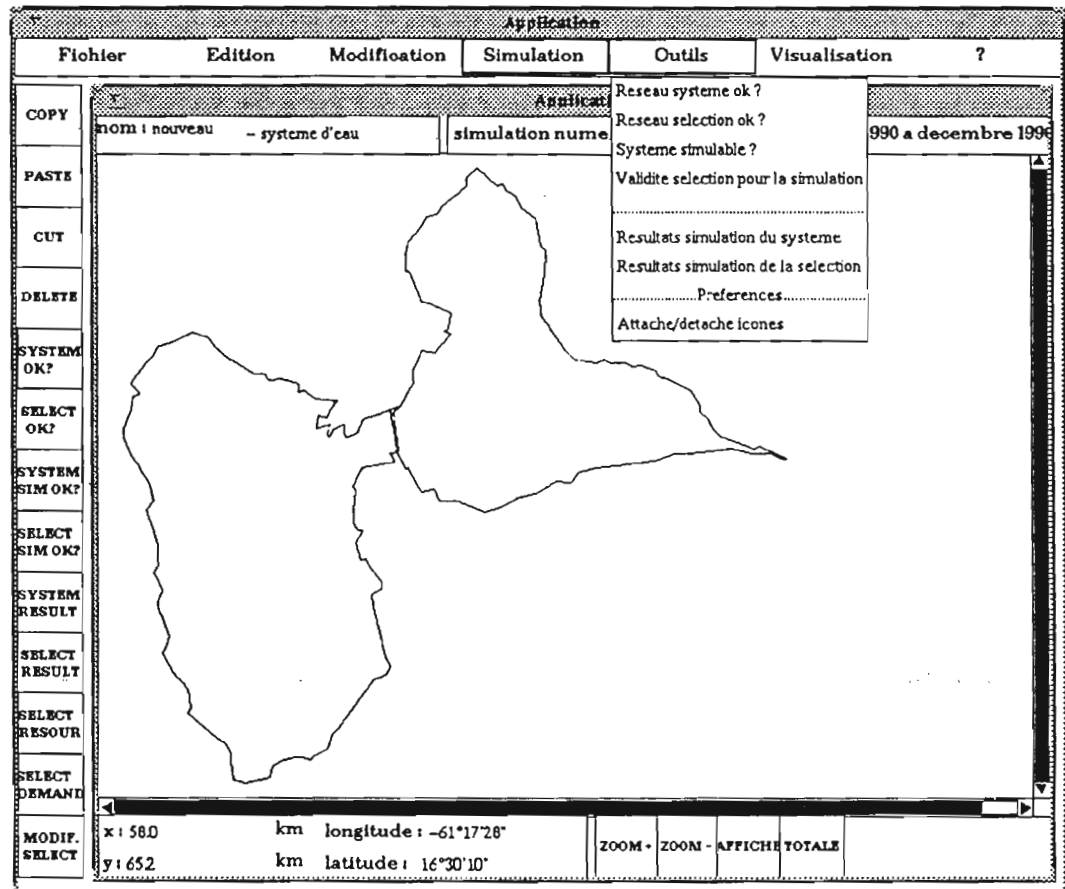


Figure 4-5. Menu Outils

### Réseau système ok ?

Cette commande déclenche l'affichage de la liste des incohérences éventuelles dans la définition, au sein du réseau, de tous les composants de l'hydro-aménagement courant.

### Réseau sélection ok ?

Cette commande déclenche l'affichage de la liste des incohérences éventuelles dans la définition, au sein du réseau, des composants de la sélection.

### **Systeme simulable ?**

Cette commande déclenche l'affichage de la liste des incohérences éventuelles pour la simulation du fonctionnement du système.

### **Validité sélection pour la simulation**

Cette commande déclenche l'affichage de la liste des incohérences éventuelles dans la définition des composants de la sélection pour la simulation du fonctionnement du système.

### **Résultats simulation du système**

Cette commande affiche la fenêtre de résultats de simulation de l'hydro-aménagement courant.

### **Résultats simulation pour la sélection**

Cette commande est identique dans son principe à celle présentée ci-dessus. La différence réside uniquement dans le fait que l'on s'intéresse ici aux seuls résultats de simulation de la sélection.

### **Attache/détache icones**

Cette commande permet de rendre la barre d'outils dépendante de la fenêtre principale ou à l'inverse, de l'en détacher - ce qui permet de déplacer cette barre et de la positionner à l'endroit souhaité à écran -.

## Le menu Visualisation

Ce menu regroupe un ensemble de fonctions relatives à la fenêtre graphique de l'hydro-aménagement courant.

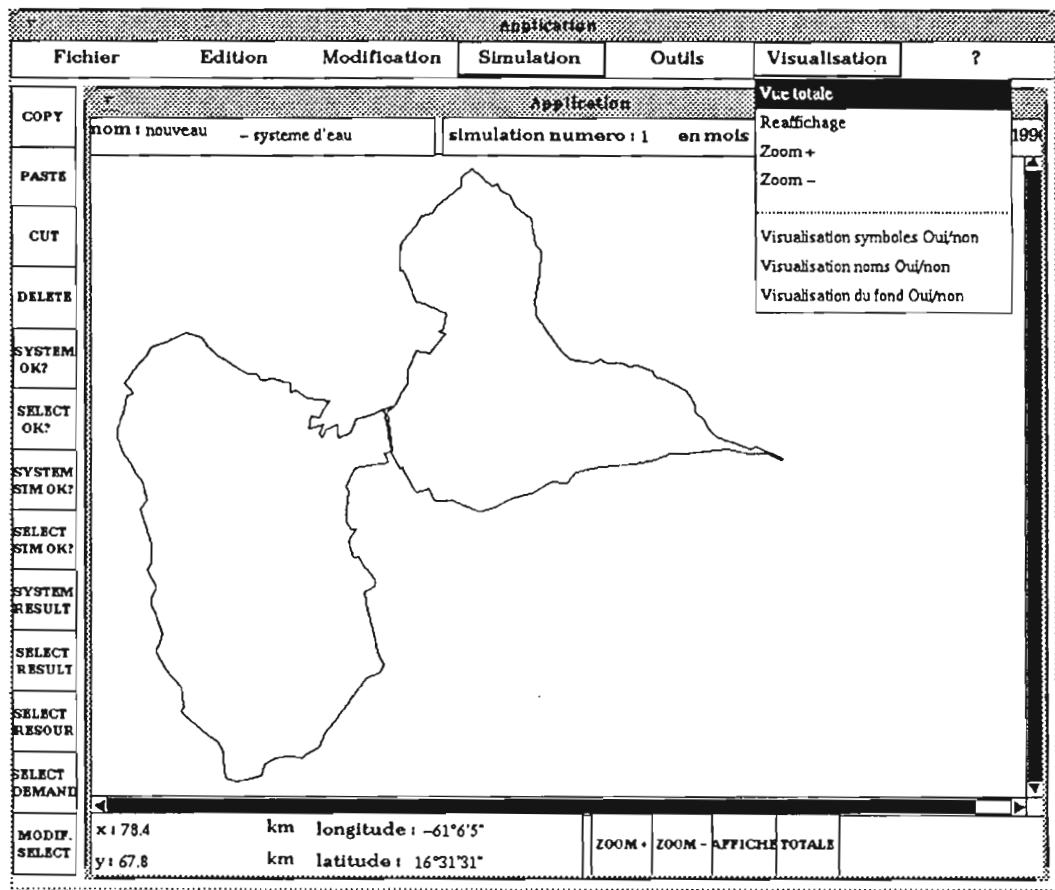


Figure 4-6. Menu Visualisation

### Vue totale

Cette commande permet l'affichage, dans la fenêtre graphique, de la totalité de la région relative à l'hydro-aménagement courant.

### Réaffichage

Cette commande permet une remise à jour de l'affichage de la fenêtre graphique de l'hydro-aménagement courant.

### Zoom +

Cette commande permet l'affichage, dans la fenêtre graphique, d'une zone plus réduite de région relative à l'hydro-aménagement courant.

**Zoom -**

Cette commande permet l'affichage, dans la fenêtre graphique, d'une plus grande zone de région relative à l'hydro-aménagement courant.

**Visualisation symboles oui/non**

Cette commande permet l'affichage ou non , dans la fenêtre graphique, des symboles de composants de l'hydro-aménagement courant.

**Visualisation noms oui/non**

Cette commande permet l'affichage ou non , dans la fenêtre graphique, des noms de composants de l'hydro-aménagement courant.

**Visualisation du fond**

Cette commande permet l'affichage ou non , dans la fenêtre graphique, des figures autres que celles relatives aux composants de l'hydro-aménagement courant - des contours de la région par exemple -.

---

## 5. Les périmètres d'irrigation

Ce chapitre présente :

- la modélisation du fonctionnement des périmètres d'irrigation ;
- les données météorologiques utilisées dans le cadre de l'application à l'irrigation de la Grande-Terre ;
- les hypothèses et les choix de modélisation du plan cultural actuellement en vigueur.

Différents tests de simulation sur 40 ans de données météorologiques ont ainsi été effectués afin d'évaluer les besoins objectifs des cultures. Ils permettent de justifier les hypothèses retenues dans le cadre de l'étude du programme d'irrigation de la Grande-Terre, notamment sur le choix du type de pas de temps.

---

### Bilan hydrique

#### Mode de calcul

Le modèle classique simple à réservoir a été retenu pour le calcul du bilan hydrique. On considère ainsi que toute la pluie arrivant sur le sol s'infiltré jusqu'à saturation du sol, qui correspond au remplissage du réservoir dont la capacité constitue la réserve utile (RU). Tout apport d'eau supérieur est considéré comme perdu : la partie correspondant à l'eau gravitaire le sera par percolation, le reste par ruissellement de surface.

Le bilan peut donc s'écrire simplement :

$$\text{NIVEAU\_RESERVE\_FINAL} = \text{NIVEAU\_RESERVE\_INITIAL} + \text{PLUIE} + \text{DOSE\_APPORT} - \text{ETR}$$

où ETR : évapotranspiration réelle.

Le volume de demande en eau peut ainsi s'exprimer :

$$\text{VOL\_DEMANDE} = \text{DEFICIT} \times \text{SURFACE\_IRRIGUEE} / \text{EFFICIENCE\_APPORT}$$

où DEFICIT : déficit hydrique par rapport à la réserve pleine

soit  $\text{DEFICIT} = \text{MAX}(\text{RU} - \text{NIVEAU\_RESERVE\_INITIAL} + \text{ETM} - \text{PLUIE}, 0)$

où ETM : évapotranspiration maximale ;

EFFICIENCE\\_APPORT : rapport entre volume réellement utilisé et volume d'apport.

#### La réserve

La réserve utile (RU) est décomposée en réserve facilement utilisable (RFU) et en réserve difficilement utilisable (RDU). RU et RFU dépendent de la profondeur du sol.

### En pratique

Actuellement, 3 types de fonctions sont disponibles pour exprimer la variation annuelle de RU - Réserve Utile - et de RFU - Réserve Facilement Utilisable - :

- variation annuelle de la profondeur racinaire ;
- variation annuelle de RU ;
- variation annuelle de RFU.

Dans chacun de ces cas il convient de définir la réserve utilisable et la réserve facilement utilisable pour 1 m de sol.

### L'évapotranspiration

L'évapotranspiration réelle donne la consommation réelle de la culture en fonction du stress hydrique. Elle est difficile à évaluer, on se contente des résultats semi-empiriques visant à donner sa variation en fonction de l'humidité du sol ou plutôt en fonction de l'état de la réserve.

Tant qu'il y a de l'eau dans la RFU, c'est à dire tant que la réserve reste supérieure à la RDU, on considère que la plante reste à son niveau de consommation optimal,  $ETR = ETM$ .

Lorsque la réserve R devient inférieure à RDU, la relation  $ETR/ETM = R/RDU$  est considérée.

L'ETM, évapotranspiration maximale d'une culture, correspond donc à la consommation du périmètre planté quand celui-ci est convenablement approvisionné en eau.

### En pratique

Dans la pratique, ETM est calculé par  $ETM = Kc \cdot ETP$ , où  $Kc$ , coefficient cultural, dépend du stade de développement du végétal.

Ainsi, au niveau du logiciel, la variation du coefficient cultural au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - coefficient; le coefficient cultural moyen considéré est calculé par interpolation linéaire.

L'ETP - EvapoTranspiration Potentielle - est définie par une fonction qui permet d'associer une (ou plusieurs) chronique(s) d'évaporation - par sélection dans la liste des stations disponibles - et leur coefficient de participation.

## Variantes introduites

### Seuil d'irrigation

Pour assurer une récolte optimale, il faut maintenir la réserve en eau à un niveau supérieur à la RDU. Mais la réserve ne doit pas être forcément pleine. Aussi, il a été jugé intéressant d'introduire, notamment pour le calcul à des pas de temps faible -la journée par exemple -, la notion de seuil d'irrigation.

Ce seuil est exprimé par le pourcentage de remplissage de RFU. Par convention il n'y a pas d'irrigation si la réserve en eau du sol est supérieure à ce seuil d'alerte ou si ce seuil est nul.

Le calcul du volume de demande en eau devient donc :

```

SI SEUIL_IRRIGATION = 0 ALORS
    VOL_DEMANDE = 0
SI DEFICIT < DEFICIT_ALERTE ALORS
    VOL_DEMANDE = 0
SINON
    VOL_DEMANDE = DEFICIT × SURFACE_IRRIGUEE / EFFICIENCE_APPORT
  
```



où  $DEFICIT\_ALERTE = (100 - SEUIL\_IRRIGATION) \times RFU / 100$   
avec  $SEUIL\_IRRIGATION$  : % de remplissage de RFU

### En pratique

La variation du seuil d'irrigation au cours de l'année est définie par l'entrée de couples date - % de remplissage de RFU ; le seuil d'irrigation considéré est calculé par interpolation linéaire.

## Bilan sur un horizon prévisionnel

Dans le chapitre *L'abc de l'outil* on a introduit la notion d'horizon prévisionnel - voir *Les modalités de simulation* -. Il convient donc d'exprimer la demande en eau sur l'horizon.

Le calcul est le suivant :

SI  $SEUIL\_IRRIGATION = 0$  ALORS

$VOL\_DEMANDE = 0$

SI  $DEFICIT\_HORIZON < DEFICIT\_ALERTE$  ALORS

$VOL\_DEMANDE = 0$

SINON

$VOL\_DEMANDE = DEFICIT\_HORIZON \times SURFACE\_IRRIGUEE / EFFICIENCE\_APPORT$

où  $DEFICIT\_HORIZON$  : déficit hydrique par rapport à la réserve pleine sur l'horizon

soit  $DEFICIT\_HORIZON = \text{MAX}(DEFICIT + ETM\_FUTUR - PLUIE\_FUTUR, 0)$

### Décision d'irrigation sur l'horizon

Il peut être spécifié au niveau du modèle si la décision d'irrigation doit être prise à partir d'un bilan hydrique sur l'horizon ou sur uniquement le pas de temps courant.

L'utilisation d'un bilan hydrique sur l'horizon peut être intéressante pour le calcul à des pas de temps faibles - la journée par exemple - afin de se rapprocher des conditions réelles -rotation d'irrigation, etc -.

---

## Les données météorologiques

Elles sont de deux ordres : données de pluie et données d'évaporation.

### Données de pluie

#### Constitution

Une récente étude sur l'homogénéisation des données pluviométriques de la Guadeloupe de 1979 à 1990 - *BLEUZE 1992* - a complété le travail de critique réalisé par l'ORSTOM dans le cadre de la synthèse des ressources en eau de surface de l'île - *CHAPERON 1985* -.

A partir de ces critiques, une banque opérationnelle de pluviométrie journalière a été constituée par le service météorologique régional.

Ainsi, les fichiers de chroniques de 1951 à 1990 des 48 postes pluviométriques retenus pour les besoins de l'étude ont pu être élaborés aux pas de temps mensuel, décadaire, pentadaire et journalier.

	Station	Alt.	Année début	Année fin	Années complètes	Années manquantes
ANSEBERT	Anse Bertrand	15	1958	1989	32	
BEAUFOND	Beaufond	20	1963	1988	25	1979
BEAUPLAN	Beauplan	20	1978	1990	13	
BELCMETE	Belcmete	31	1929	1986	50	32 à 34-42 à 43-79 à 81
BELCPLUV	Belcourt spiea hydro	35	1980		11	
BELLEPLA	Belle plaine	10	1930	1989	53	1940-1966 à 71
BETIN	Betin	17	1957		33	1970
BEUTHIER	Beuthier	20	1969		22	
BIRMINGH	Birmingham	20	1945	1982	37	1979
BLANCHET	Blanchet	10	1938		53	
BOYVINIE	Boyviniere	16	1929		17	1933 à 75-1983
CAMPECHE	Campeche	35	1978	1990	13	
CLUGNY_B	Clugny B	20	1940		37	1945 à 57-1978
CONVENAN	Convenance	50	1955	1986	32	
COURCELL	Courcelles	40	1950		23	1951 à 67
DOTHEMAR	Dothemare	20	1929	1989	57	1935 à 36-1950-1952
DOUVILLE	Douville	50	1962		28	1963
DUBEDOU	Dubedou	40	1983		8	
DUCLOS	Duclos	110	1954		34	1958 à 60
DUPUY	Dupuy	22	1932		56	1937 à 39
DUVAL	Duval	30	1939	1987	42	1947-1952 à 56-1968
FERMEMAY	Ferme may	30	1967	1988	22	
GARDELUS	Gardel Usine	30	1950	1989	40	
GENTILLY	Gentilly	45	1979		12	
GIRARD	Girard	50	1957		33	1988
GROSMONT	Grosse-Montagne	70	1953	1986	34	
GROSCAP	Groscap	43	1977	1990	14	
LABARTHE	Labarthe	45	1951		39	1967
LECLUSE	L'ecluse	25	1960		31	
LERAZET	Le Raizet	7	1951		40	
MANGLESK	Les Mangles kellaou	40	1978	1990	13	
MARLY	Marly	40	1965		26	
MONPLAIS	Monplaisir	40	1951		40	
MORNEAU	Morne a l'eau	15	1951		29	1956 à 64-1976-1977
MOULEGEN	Moule Gendarmerie	10	1951	1986	30	62 à 63-71-73-77 à 78
MOULEMER	Moule Lemercier	25	1986		5	
PHILIPSB	Philipsbourg	20	1940	1987	45	1952-1967-1978
POMBIRAY	Pombiray	45	1951		39	1967
PORTLOUI	Port Louis	5	1951		33	1959 à 65
PTCANAL	Petit canal	20	1953	1989	36	1964
RENEVILL	Reneville	40	1951		40	
RETENUE1	Retenue 1	28	1979		12	
RETENUE2	Retenue 2	30	1979		12	
STEAMELI	Sainte Amélie	23	1940		51	
STEANNE	Sainte Anne	5	1968		21	1973-1975
STEMARTH	Sainthe Marthe	20	1953		35	1958-1962-1967
STFRANCO	Saint François	5	1954		28	1970 à 78
SYLVAIN	Sylvain	16	1940		39	1945 à 56

Tableau 5-1. Caractéristiques des postes pluviométriques retenus

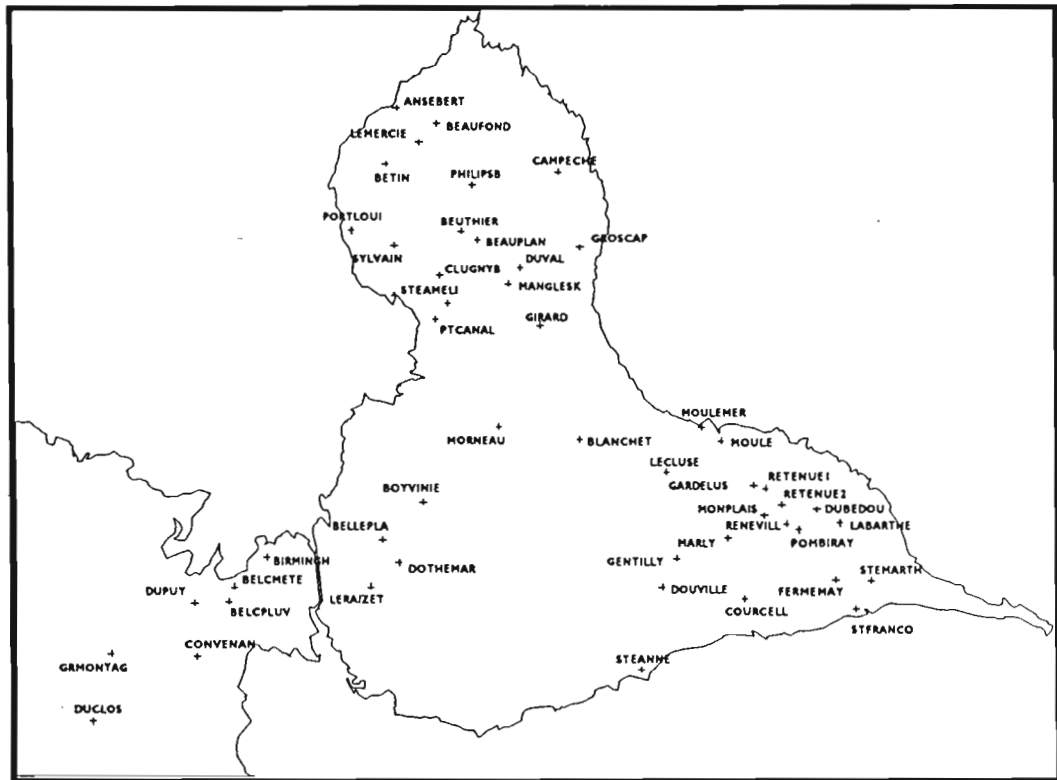


Figure 5-1. Localisation des postes pluviométriques retenus

## La pluie considérée

Dans toutes les applications présentées, la pluie moyenne sur les périmètres d'irrigation est calculée automatiquement par interpolation avec la méthode de Thiessen.

Cette méthode déduit, pour une zone géographique donnée - dans la version actuelle cercle ou rectangle - et à partir des postes pluviométriques disponibles, les coefficients de participation des stations à retenir.

## Traitement des lacunes

En cas de donnée manquante à une station pour un pas de temps, l'option retenue est de considérer la valeur du poste le plus proche.

## Données d'évaporation

Nous avons vu que dans la pratique l'Évapotranspiration maximale, ETM, d'une culture était calculée à partir de l'Évapotranspiration potentielle, ETP.

L'ETP est un facteur climatique théoriquement indépendant du couvert végétal qui représente la "demande en eau de l'atmosphère". La notion d'ETP est acceptable pour une surface assez grande et une durée longue - de l'ordre de la décade -.

Dans l'étude *Mesure et estimation de l'ETP à la Guadeloupe - BASTERGUE 1986* -, différentes formules ont été testées et comparées aux ETP mesurées à partir de lysimètres à drainage. Ces mesures réalisées sur 2 sites, Duclos et Fermemay (Saint François) conduisent à l'estimation des ETP mensuelles en utilisant des moyennes glissantes sur 3 jours et 5 jours. Seules les valeurs relatives au lissage sur 5 jours sont présentées dans le tableau 5.2.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Saint-François	4.4	4.8	5.4	5.8	5.5	5.5	6.1	5.4	4.8	5.0	4.3	4.0
Duclos	3.2	3.5	4.5	4.2	4.8	5.0	4.4	4.1	4.0	4.4	3.1	2.7

Tableau 5-2. Moyennes mensuelles interannuelles des ETP mesurées à Saint-François et Duclos en mm/j

Ces données sont caractérisées par une faible variabilité interannuelle. Ainsi à Saint-François, l'ETP moyenne interannuelle varie de 5 à 6 mm de mars à août et de 4 à 5 mm de septembre à février. Cependant la variabilité interannuelle de ces valeurs moyennes ne dépasse jamais un écart-type de 0.9 à 1.1 mm.

Le Service Météorologique de Guadeloupe propose depuis début 1991 des calculs de l'ETP sur différents sites et de bilans hydriques pour différents types de cultures.

L'ETP est estimée à partir de la méthode de Penman au pas de temps décadaire.

Nos simulations portant sur la période 1951-1990, les chroniques disponibles ne peuvent être utilisées directement.

L'INRA préconise l'emploi d'une formule simple basée sur le seul rayonnement global du type  $ETP = 0.24.Rg$ . Mais les chroniques de rayonnement global, mises à notre disposition par la météo, ne recouvrent pas toute notre période d'étude. Donc seules les moyennes interannuelles d'ETP, présentées dans le tableau 5.2, seront utilisées dans les simulations.

Toutefois, pour juger de la variabilité spatiale de l'ETP sur la Grande-Terre, des régressions entre les chroniques d'ETP calculées soit par Penman, soit par la formule  $ETP = 0.24.Rg$  ont été réalisées pour différents postes :

- Le Raizet, station du service météorologique ;
- Godet, station INRA du nord de la Grande-Terre ;
- Gardel, station INRA de l'est de la Grande-Terre.

Remarque Gardel est très voisin de la station de Fermemay à Saint-François.

	coefficient de régression	coefficient de détermination
ETP Penman - Godet / Gardel	1.012	0.87
ETP = 0,24.Rg - Godet / Gardel	0.984	0.879
ETP Penman - Raizet / Gardel	1.040	0.87
ETP = 0,24.Rg - Raizet / Gardel	0.946	0.848
ETP = 0,24.Rg - Raizet / Godet	0.963	0.866

Tableau 5-3. Corrélations entre ETP décadaires de postes de la Grande-Terre

Les résultats présentés inclinent à ne considérer que les seules moyennes interannuelles de Saint-François pour toute la Grande-Terre, sachant que l'imprécision introduite par cette estimation de l'ETP reste très faible devant l'incertitude d'autres paramètres tels que coefficients culturaux et efficience d'irrigation.

## Les données pour le plan cultural

Après avoir présenté le plan cultural en vigueur pour la Grande-Terre, nous détaillerons les hypothèses et les choix de modélisation pour les différents types de cultures retenus. Ces choix portent notamment sur les coefficients culturaux, les réserves en eau du sol, la désagrégation des périmètres, l'efficacité d'irrigation.

Différentes simulations sur 40 années de données météorologiques ont été effectuées sur une zone de l'Est Grande-Terre pour chaque type cultural retenu. Elles présentent notamment la variabilité des besoins objectifs suivant le type de pas de temps considéré.

Le pas de temps journalier n'a pas été retenu. Il aurait fallu en effet considérer une discrétisation spatiale plus fine des périmètres pour tenir compte des "tours d'eau" entre parcelles. Cette finesse n'est pas de mise pour notre objectif de planification. Mais il serait important de mener une telle étude dans la perspective d'une gestion optimale des systèmes.

### Plan cultural pour 1993

Ce plan cultural fourni par la SOGEA distingue 3 types de cultures :

- le maraîchage ;
- la canne à sucre ;
- le fourrage pour l'élevage.

Différentes zones correspondant aux réseaux d'adduction secondaires sont individualisées.

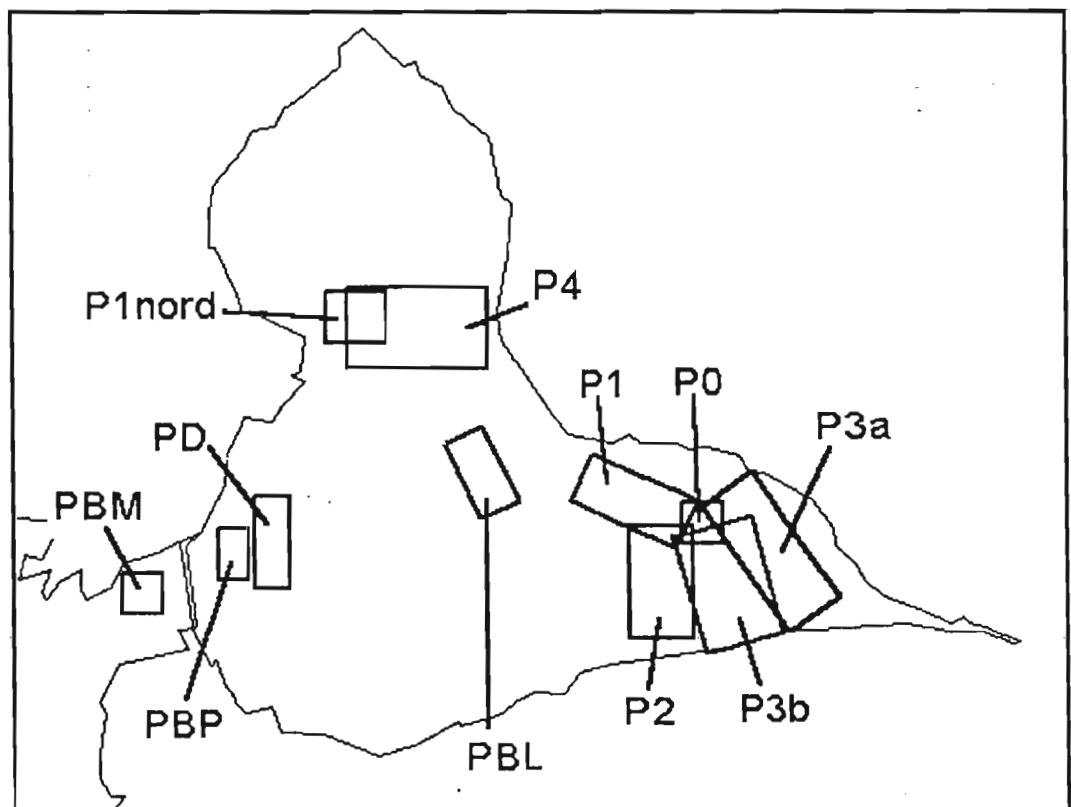


Figure 5-2. Localisation des périmètres irrigués pour 1993

nom	zones desservies	maraîchage ha irrigués	fourrage ha irrigués	canne ha irrigués	total ha irrigués
P0	Petit périmètre de Letaye	35	25	10	70
P1	Moule	145	11	210	366
P2	Saint-François ouest	17	6	360	383
P3a	Saint-François nord	200	25	700	925
P3b	Saint-François est	170	54	210	434
PBM	Birmingham	4.6	0.6	3.8	9
PD	Caduc, Boisvinière	27.5	6.1	9.9	43.5
PBP	Belle-Plaine	10.9	2.5	1.6	15
PBL	Blanchet	53.5	5.5	16	75
P1nord	Port-Louis	14.5	2.5	125	142
P4	Petit-Canal	57	14	27	98
sous-total	est Grande-Terre - Letaye	567	121	1490	2178
sous-total	nord Grande-Terre	71.5	16.5	152	240
sous-total	autres : PBM-PD-PBP-PBL	96.5	14.7	31.3	142.5
total	ensemble Grande-Terre	735	152.2	1673.3	2560.5

Tableau 5-4. Caractéristiques des périmètres irrigués pour 1993

## Maraîchage

Les cultures maraîchères sont diverses : tomates, maïs, melons...

Le problème est donc de déterminer des caractéristiques d'un périmètre d'irrigation qui soient représentatives de cette diversité.

Le rapport *BASTERGUE 1986* présente les données de 4 cultures de Guadeloupe dont la tomate et le maïs.

	RU mm	RFU mm	Durée cycle	Coef. culturaux	Fin d'irrigation
tomate	60	40	4 mois	0.5 - mois 1 -- 0.8 - mois 2-3 et 1/2 mois 4 -- 0.5 - 1/2 mois 4	3 mois 1/2
maïs	100	50	4 mois	0.5 - mois 1 -- 1 - mois 2-3 et 1/2 mois 4 -- 0.5 - 1/2 mois 4	3 mois 1/2

Tableau 5-5. Données culturales tomate et maïs - BASTERGUE 1986

Différentes simulations de 1951 à 1990 ont été réalisées sur la zone P3a - est Grande-Terre - avec les hypothèses suivantes :

- 1 Vingt périmètres sont individualisés. Les coefficients culturaux adoptés sont conformes aux cycles de 4 mois présentés dans le tableau 5.4. Pour chaque périmètre on considère une continuité dans les cycles, le début des cycles étant décalé de 3 jours entre les périmètres. Les périmètres couvrent tous la même zone géographique P3a.
- 2 Mêmes hypothèses que le cas précédent, mais les 20 périmètres sont juxtaposés de manière à couvrir la zone P3a.
- 3 Un périmètre unique couvre la zone P3a. Une valeur unique de coefficient cultural est considérée : 0.95.

On note que dans tous ces cas on a considéré une RU de 80 mm et une RFU de 30 mm. Ces valeurs sont celles retenues par le Service Météorologique pour établir les bilans hydriques.

	apports mm/an simulation mensuelle	apports mm/an simulation décadaire	apports mm/an simulation pentadaire
20 périmètres	613 ± 173	742 ± 139	843 ± 115
20 périmètres isolés	635 ± 164	772 ± 123	886 ± 93
1 périmètre Kc=0.95	665 ± 183	795 ± 146	899 ± 122

Tableau 5-6. Maraîchage - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels - simulations de 1951-1990 sur zone P3a

L'hypothèse d'un périmètre unique est adoptée pour la suite. En effet les résultats obtenus - voir tableau 5.6 - mettent en évidence une différence inférieure à 10 % entre les apports annuels moyens suivant les hypothèses sur les périmètres. Cette différence est supérieure à 13 % entre les simulations réalisées au pas de temps décadaire et au pas de temps de 5 jours.

## Canne à sucre

Pour la canne à sucre, contrairement au maraîchage et au fourrage, il est important de tenir compte de la pratique culturale dans la simulation.

Les résultats présentés font référence aux travaux de l'IRFA et du CIRAD : *COMBRES 1989* et *COMBRES 1990*.

Une exploitation équilibrée comprend différentes soles caractérisées par leur date de récolte. Ces dates de récolte s'étalent entre mi-février et mi-juin.

On considère une période sans irrigation du 01/10 au 15/12 pour toutes les soles et deux mois avant récolte pour chaque sole.

L'évolution du coefficient cultural est caractérisée par 3 phases :

- 1 Une phase initiale, après la récolte, pendant laquelle la fraction de sol nu est prédominante. On adopte pour cette période de 2 mois un coefficient cultural constant égal à 0,5.
- 2 Une phase de croissance active. Sur cette période de 4 mois le coefficient cultural est considéré comme croissant linéairement de 0,5 à 1,0.
- 3 Une phase de maturité. Le coefficient cultural est considéré comme constant et égal à 1,0. Il convient de noter que nous n'avons pas retenu de phase de décroissance, cette phase n'existant notamment pas pour des cannes plantées.

Différentes simulations de 1951 à 1990 ont été réalisées sur la zone P3a - est Grande-Terre - selon les hypothèses suivantes :

- 4 périmètres sont identifiés, correspondant à 4 soles avec des dates de récolte s'étalant du 1er mars au 1er juin ;
- 8 périmètres sont créés, correspondant à 8 soles récoltées du 15/02 au 1er juin.

Dans ces simulations, comme dans toutes celles présentées par la suite, on considère une RU de 140 mm et une RFU de 60 mm. Ces valeurs, retenues par le Service Météorologique pour établir les bilans hydriques, correspondent à des sols à réserve peu profonde.

L'hypothèse de différencier seulement 4 soles est adoptée pour la suite. En effet les résultats obtenus - voir tableau 5.8 - montrent une différence maximale de 5 % entre les apports annuels moyens suivant les hypothèses sur les périmètres.

	apports mm/an simulation mensuelle	apports mm/an simulation décadaire	apports mm/an simulation pentadaire
4 périmètres	460 ± 142	532 ± 113	574 ± 94
8 périmètres	461 ± 141	505 ± 105	545 ± 89

Tableau 5-7. Canne à sucre - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels - simulations de 1951-1990 sur zone P3a

## Fourrage

Pour les prairies les caractéristiques à adopter sont simples :

- coefficient cultural de 1,0 constant sur toute l'année car la culture est pérenne ;
- RU de 110 mm et RFU de 50 mm.

Des simulations de 1951 à 1990 pour différents pas de temps ont été réalisées sur la zone P3a. On constate une différence de 12 % entre les apports annuels moyens de la simulation décadaire et de la simulation au pas de temps de 5 jours - voir tableau 5.7 -. Mais on note une forte variabilité saisonnière de cette différence.

	apports moyens en mm simulation mensuelle	apports moyens en mm simulation décadaire	apports moyens en mm simulation pentadaire
janvier	68	73	77
février	86	88	93
mars	111	116	121
avril	96	96	106
mai	76	90	102
juin	84	95	100
juillet	78	84	93
août	44	59	72
septembre	17	38	50
octobre	26	44	57
novembre	15	32	40
décembre	37	51	58
total année	738 ± 193	866 ± 151	969 ± 127

Tableau 5-8. Maraîchage - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels - simulations de 1951-1990 sur zone P3a



## Demands en eau

De manière pratique, on modélise donc un plan cultural en créant pour chaque zone géographique identifiée :

- un périmètre maraîchage ;
- un périmètre fourrage ;
- 4 périmètres de canne à sucre.

Ces périmètres sont affectés des caractéristiques retenues dans les paragraphes précédents.

Le plan en vigueur pour 1993 a été ainsi produit. Des simulations à différents pas de temps de 1951 à 1990 pour l'ensemble des zones ont été effectuées pour évaluer les besoins objectifs.

	apports mm/an simul. mensuelle	apports mm/an simul. décadaire	apports mm/an simul. décadaire eff. irrigation 90%	apports mm/an simul. pentadaire
maraîchage	626 ± 169	753 ± 135	836 ± 151	859 ± 113
fourrage	699 ± 181	828 ± 143	920 ± 159	934 ± 118
canne à sucre	428 ± 129	483 ± 100	537 ± 111	515 ± 83
toutes cultures	501 ± 142	581 ± 112	645 ± 124	639 ± 92

Tableau 5-9. Plan cultural 1993 - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels en mm - simulations de 1951-1990

	apports 10 <sup>6</sup> .m <sup>3</sup> /an simul. mensuelle	apports 10 <sup>6</sup> .m <sup>3</sup> /an simul. décadaire	apports 10 <sup>6</sup> .m <sup>3</sup> /an simul. décadaire eff. irrigation 90%	apports 10 <sup>6</sup> .m <sup>3</sup> /an simul. pentadaire
maraîchage	4.6 ± 1.2	5.5 ± 1.0	6.1 ± 1.1	6.3 ± 0.8
fourrage	1.1 ± 0.3	1.3 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.2
canne à sucre	7.1 ± 2.1	8.1 ± 1.7	9.0 ± 1.9	8.6 ± 1.4
toutes cultures	12.8 ± 3.6	14.9 ± 2.9	16.5 ± 3.2	16.4 ± 2.4

Tableau 5-10. Plan cultural 1993 - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels en millions de m<sup>3</sup> - simulations de 1951-1990

La variabilité des besoins exprimés suivant le pas de temps considéré - voir tableaux 5-9 et 5-10 - tient à la répartition temporelle des pluies. En effet l'efficacité des pluies est en fait limitée puisque celles qui interviennent lorsque la réserve est déjà remplie sont totalement ou partiellement perdues : la date à laquelle se produit une pluie prend donc une grande importance. Ainsi une étude au niveau mensuel donne une vision trop optimiste des besoins en eau des cultures puisqu'elle implique que la réserve en eau du sol soit au moins égale à l'évapotranspiration d'un mois.

Par contre cette variabilité dans l'estimation des besoins objectifs suivant le pas de temps considéré - de l'ordre de 10 % entre le pas de temps décadaire et pentadaire - est à relativiser par rapport aux autres sources d'imprécision. Ainsi il convient de tenir compte de l'efficacité du système d'irrigation. La valeur d'efficacité d'irrigation - rapport entre le volume réellement utilisé pour le remplissage de la réserve et le volume d'apport - généralement prise en compte est de 80 %.

Nous avons donc retenu pour l'étude du scénario d'irrigation de la Grande-Terre le pas de temps décadaire, pas de temps couramment employé en agronomie. Il sera présenté dans chaque cas d'aménagement une analyse des performances du système suivant que l'on considère une efficacité d'irrigation de 100 % ou de 80 %.

## 6. Irrigation de la Grande-Terre - scénario 1993-1996

Ce chapitre présente l'évaluation du système d'eau destiné à l'irrigation de la Grande-Terre et au renforcement de l'alimentation en eau potable. L'application porte jusqu'à la date de mise en place de la retenue de Bras-David fixée à 1996. Le scénario étudié pour 1993-1996 a été établi avec la collaboration de la SOGEA pour la description du système existant et de la Direction de l'Agriculture et de la Forêt pour la planification des aménagements.

Les constats sont basés sur l'analyse des résultats de simulation du fonctionnement des systèmes au pas de temps décadaire sur quarante années de données hydro-météorologiques - 1951 à 1990 -.

### L'aménagement 1993

#### Description

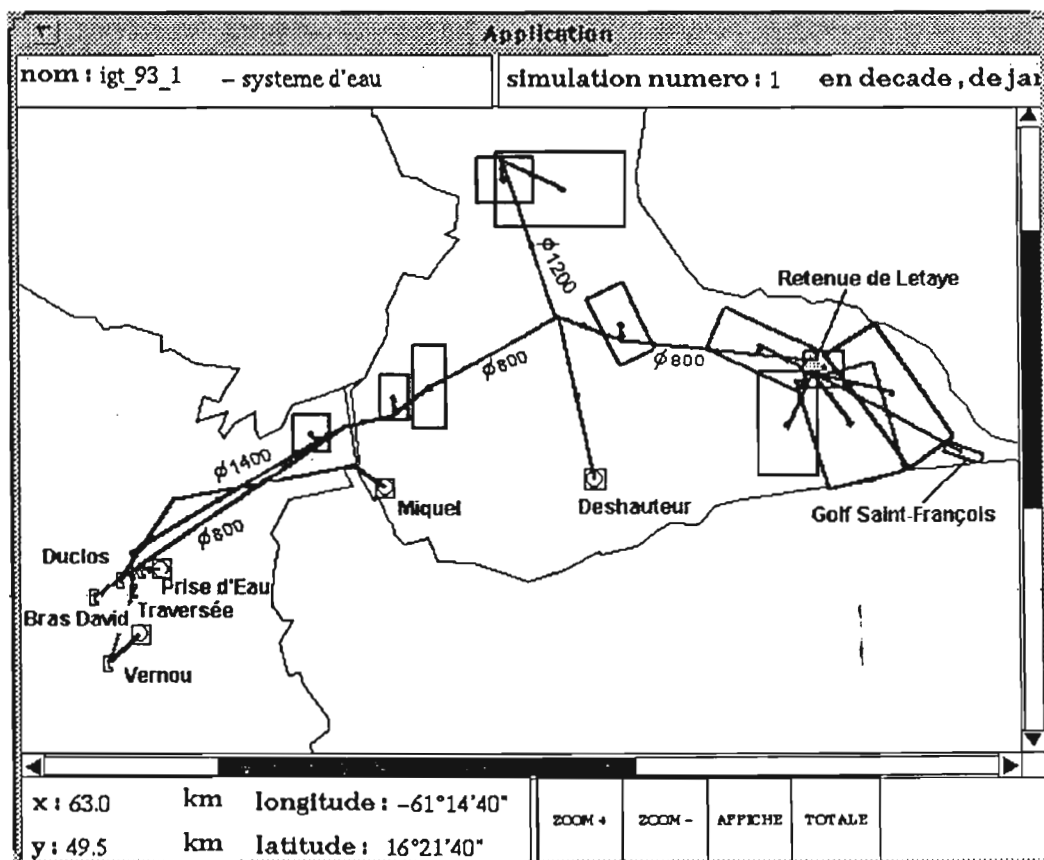


Figure 6-1. L'aménagement 1993

## Les demandes

### Irrigation

Les surfaces faisant l'objet d'une demande d'irrigation pour 1993 ont été définies dans le chapitre *Les périmètres d'irrigation*. Il convient de même de se rapporter à ce chapitre pour examiner les différentes hypothèses retenues.

De manière à pouvoir affiner l'analyse des dessertes en eau pour l'irrigation, des priorités ont été établies suivant le type de culture :

- maraîchage, priorité maximale - 100 % de satisfaction pour 1 % de disponibilité globale - ;

**Remarque** Considérant que la demande en eau potable reste à satisfaire préférentiellement, la priorité absolue - 100 % de satisfaction pour 0 % de disponibilité globale - n'a pas été attribuée au maraîchage.

- fourrage, priorité intermédiaire - 100 % de satisfaction pour 10 % de disponibilité globale - ;
- canne à sucre, priorité minimale - 100 % de satisfaction pour 50 % de disponibilité globale -.

### Golf de Saint-François

La branche Est du réseau de Letaye - P3 - sert à la desserte en eau du Golf de Saint-François. Ce besoin est représenté par un périmètre d'irrigation d'une surface de 10 hectares ayant les mêmes caractéristiques que les prairies de fourrage, puisqu'il s'agit d'alimenter en eau une pelouse de type gazon.

De manière arbitraire, le golf est doté d'une priorité de desserte maximale.

Les mêmes hypothèses seront conservées pour toutes les simulations de l'ensemble du scénario.

### L'eau potable

Le rapport *DDAF 1986* a fortement insisté dans ses conclusions sur "l'importance de considérer la ressource en eau du Département de façon globale. En particulier des canalisations et des ouvrages de transfert mixtes (eau potable - irrigation) devront être réalisés de façon à pallier une éventuelle insuffisance de l'alimentation en eau potable, notamment sur la Grande-Terre."

Cet aspect adduction pour l'eau potable est devenu primordial dans le système qui nous intéresse. Toutes les demandes de ce type se voient donc attribuer une priorité de desserte maximale.

### Station de Deshauteur

La station de traitement de Deshauteur, située sur le point culminant de la Grande-Terre, sert au renforcement du réseau d'eau potable alimentant l'ensemble des communes de la Grande-Terre à l'exception des villes de Pointe à Pitre et des Abymes. L'adduction en eau de la station est effectuée par l'intermédiaire d'une conduite traversant les Grands-Fonds.

En 1993 le piquage est encore effectué sur la conduite de diamètre 800 mm alimentant le périmètre de Letaye - un surpresseur est situé au niveau de Lasserre - Morne à l'Eau -.

La production retenue est de 18000 m<sup>3</sup>/j.

**Remarque** Cette valeur, considérée comme constante sur l'année, constitue donc le besoin exprimé. L'efficacité d'apport est prise égale à 1. Cette hypothèse est adoptée pour la définition de toutes les autres demandes en eau potable.

### Station de Vernou

La station de traitement de Vernou, située à la cote 245 m NGG, sert à l'alimentation de la ville de Pointe à Pitre. Le prélèvement est effectué sur la Grande Rivière à Goyaves à la cote 270 m NGG.

La production retenue est de 13500 m<sup>3</sup>/j.

## Station de Prise d'Eau

Cette station alimente la commune du Lamentin. Le prélèvement est effectué au niveau de Prise d'Eau après la confluence entre Bras-David et la Grande Rivière à Goyaves.

La production retenue pour 1993 est de 1500 m<sup>3</sup>/j.

## Station de Miquel

La station du Morne Miquel alimente la ville de Pointe à Pitre. Le prélèvement est effectué au niveau de Duclos sur le Bras-David. Pour 1993 l'adduction est encore réalisée par l'ancienne conduite de diamètre 500 mm. A partir de 1994 - peut-être avant - un piquage sera réalisé sur la conduite mixte de diamètre 1400 mm à hauteur de la Jaille, avant la Rivière Salée.

La production retenue est de 15000 m<sup>3</sup>/j.

## Les ressources

Le système sollicite uniquement des eaux de surface et essentiellement le cours de la Grande Rivière à Goyaves - dans la limite de notre scénario actuel -. En effet l'apport au niveau de la retenue de Letaye n'est pas prépondérant, les écoulements n'intervenant qu'en cas de fortes pluies - voir tableau 6.1 -.

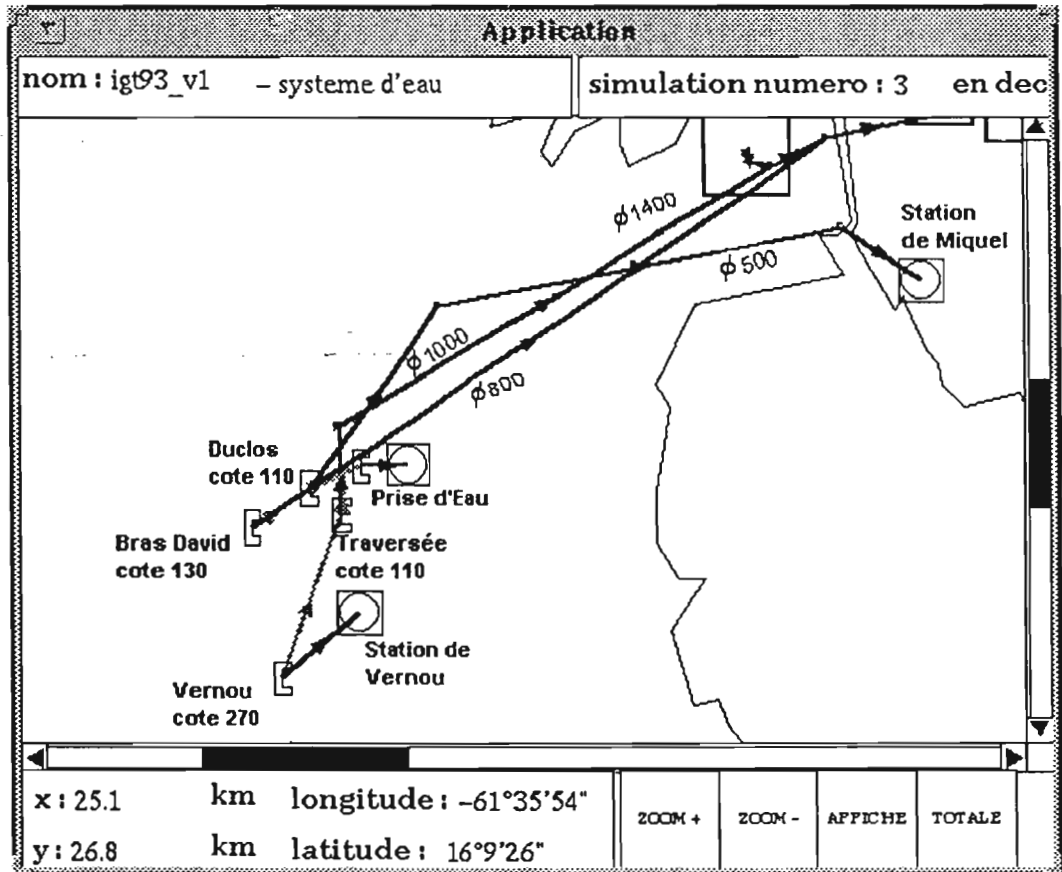


Figure 6-2. Les prises sur la Grande Rivière à Goyaves

La constitution des chroniques d'écoulement de 1951 à 1990 est détaillée en annexes - voir annexes 2. Les données d'écoulement -. Dans ce paragraphe seules les caractéristiques des ouvrages et les consignes de gestion adoptées sont décrites. Toutefois, afin de donner une idée de la variation saisonnière des ressources disponibles, le tableau 6.1 présente les écoulements moyens mensuels aux différents points qui intéressent notre étude.

	Bras David cote 130	Duclos cote 110	Traversée cote 110	Prise d'Eau cote 90	Retenue de Letaye	Retenue de Gachet
janvier	2.87	2.99	1.25	4.31	0.03	0.12
février	2.39	2.49	1.05	3.62	0.01	0.08
mars	2.06	2.14	0.92	3.12	0.01	0.07
avril	2.43	2.53	1.09	3.69	0.02	0.16
mai	3.38	3.52	1.51	5.12	0.03	0.20
juin	3.50	3.65	1.56	5.29	0.02	0.15
juillet	3.71	3.87	1.63	5.57	0.04	0.21
août	3.94	4.11	1.71	5.89	0.03	0.26
septembre	3.94	4.10	1.71	5.91	0.07	0.52
octobre	3.84	4.00	1.67	5.77	0.09	0.60
novembre	4.48	4.67	1.94	6.67	0.13	0.79
décembre	3.59	3.74	1.57	5.39	0.08	0.36
moyenne	3.34	3.48	1.47	5.03	0.05	0.29
écart-type mois	1.68	1.75	0.72	2.50	0.09	0.48

Tableau 6-1. Ecoulements en m<sup>3</sup>/s - moyennes mensuelles interannuelles 1951-1990

### Les prises en rivière

#### Bras David cote 130

Cette prise alimente, par l'intermédiaire d'une conduite de 800 mm de diamètre, l'ensemble des périmètres d'irrigation pour 1993.

Une chronique d'écoulement est disponible pour cette station.

Le débit réservé est fixé à 475 l/s. Cette valeur est inférieure au dixième du module majoré de la demande de la station de Miquel soit environ 175 l/s.

#### Duclos

Cette prise, située à l'aval de la station de Bras David cote 130, alimente la station de Morne Miquel.

Une chronique d'écoulement est disponible pour cette station.

Le débit réservé est fixé à 300 l/s. Cette valeur est inférieure au dixième du module.

#### Prise d'eau

Cette prise, située à l'aval de la confluence entre le Bras David et la Grande Rivière à Goyaves, alimente la commune du Lamentin.

Une chronique d'écoulement est disponible pour cette station.

Le débit réservé est fixé à 450 l/s. Cette valeur est inférieure au dixième du module.

#### Traversée

Cette prise, située à la cote 110 m NGG sur la Grande Rivière à Goyaves, alimente la conduite mixte de diamètre 1400 mm.

Une chronique d'écoulement est disponible pour cette station.

Le débit réservé est fixé à 150 l/s. Cette valeur correspond au dixième du module.

#### Vernou

Cette prise, située à la cote 270 m NGG sur la Grande Rivière à Goyaves, alimente la station de traitement de Vernou.

L'écoulement est estimé à partir de la chronique de Vernou avec un coefficient de 0.64. Ce coefficient correspond au rapport des superficies des bassins versants au niveau des 2 stations.

Le débit réservé est fixé à 150 l/s. Cette valeur correspond au dixième du module au niveau du pont de la Traversée.

## Retenue de Letaye

Cette retenue est alimentée par la conduite de diamètre 800 mm en provenance de Bras David cote 130.

### Caractéristiques fixes

La retenue est de faible capacité : 535 milliers de m<sup>3</sup> à la cote normale de 25 m NGG. Pour exprimer le volume de stockage, la formule suivante a été ajustée :

$$\text{STOCK} = 6240 \times (z - 18)^{2.3}$$

où STOCK : volume en m<sup>3</sup> ;  
Z : niveau en m NGG.

La formule pour exprimer la surface du plan d'eau est donc :

$$\text{SURFACE} = 14350 \times (z - 18)^{1.3}$$

où SURFACE : surface du plan d'eau en m<sup>2</sup>.

Le tableau 6.2 présente les valeurs mesurées et calculées par les formules pour différentes cotes.

cote en m NGG	.18	19	20	21	22	23	24	25	26
volumes mesurés en 10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup>	2	14	41	87	157	254	376	535	745
STOCK = 6.24 × (z - 18) <sup>2.3</sup>	0	6	31	78	151	253	385	548	745
surfaces du plan d'eau en ha	0	1.8	3.6	5.7	8.3	11.0	13.8	18.2	24.0
SURFACE = 1.435 × (z - 18) <sup>1.3</sup>	0	1.4	3.5	6.0	8.7	11.6	14.7	18.0	21.4

Tableau 6-2. Retenue de Letaye - Stockage et surface en fonction de la cote

La pluie directe arrivant sur la retenue est obtenue à partir des chroniques des postes de RETENUE1 et RETENUE2 avec un coefficient de participation de 0.5 pour chacun.

L'évaporation sur le plan d'eau est estimée à partir des moyennes mensuelles interannuelles des évaporations du bac enterré situé à proximité immédiate de la retenue, moyennes obtenues à partir des données de 1982 à 1990 - voir tableau 6.3 -.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
évaporation en mm/j	4.0	4.6	5.2	5.6	5.4	5.7	5.6	5.3	4.7	4.1	3.6	3.5
évaporation en mm	123	131	162	167	169	170	175	166	142	126	107	109

Tableau 6-3. Moyennes mensuelles interannuelles des évaporations au bac de Letaye

L'infiltration est estimée à partir de la formule établie dans l'étude du bilan hydrologique de la retenue de 1987 - voir MORELL 1988 -. Elle est la suivante :

$$\text{INFILT} = 1.7 \times (z - 22)^2$$

où INFILT : infiltration en mm/j ;  
Z : niveau en m NGG.

La limite de prélèvement, pour alimenter les périmètres d'irrigation, est fixée à 4 m<sup>3</sup>/s.

### Caractéristiques de gestion

Le niveau minimal de sollicitation est fixé à la cote 18.5 m NGG.

Le niveau maximal considéré est 25 m NGG. On rappelle qu'une règle de gestion consiste à n'évacuer de débit par déversement qu'au-dessus de ce niveau. Ce niveau correspond à la cote du seuil du déversoir principal. Une vanne pelle a été mise en place pour surélever le niveau de la retenue de 1 m, mais elle n'est pas utilisée car sinon des terrains aux abords de la retenue seraient inondés.

Le niveau objectif est également fixé à 25 m NGG.

Il n'y a pas de débit réservé, le débit aval objectif est donc considéré comme étant nul.

## Les conduites

### Conduite Bras David - Letaye

L'alimentation de la quasi totalité des demandes est réalisée à partir de la conduite de diamètre 800 mm, qui relie la prise de Bras David à la cote 130 m NGG à la retenue de Letaye. Pour 1993, cette conduite alimente donc notamment les périmètres du Nord et la station de traitement de Deshauteur, la pose de la conduite de 1200 mm qui doit assurer cette adduction n'étant pas terminée.

La capacité maximale de transit est fixée à 850 l/s.

### Conduite mixte

Cette conduite doit, à terme, assurer l'alimentation de la totalité des demandes en eau potable et des périmètres d'irrigation de la Grande-Terre à l'exception de ceux de l'Est. Dans un premier temps - c'est le cas de notre étude - seules les ressources du bassin de la Grande Rivière à Goyaves sont mobilisées, mais à terme la conduite est prévue pour capter des cours d'eau de la Côte au Vent.

Ainsi la conduite est d'un diamètre 1400 mm entre la jonction prévue avec la conduite de la Côte au Vent et la Rivière Salée, l'adduction à partir de la Grande Rivière à Goyaves étant assurée par un diamètre 1000 mm à partir de Prise d'Eau. Ce dernier diamètre implique une capacité maximale de transit de 1.6 m<sup>3</sup>/s.

La pose de cette conduite ne sera pas totalement achevée pour 1993, car il manque un tronçon après la Rivière Salée.

Pour 1993, cette conduite est donc alimentée à partir de la seule prise de la Traversée. Un maillage avec la conduite 800 mm est effectué en amont de la Rivière Salée.

Le raccordement de la prise de la Traversée au 1000 est effectué par une conduite de diamètre 800 mm. La capacité maximale de transit est fixée à 850 l/s.

La conduite assurant l'adduction en eau du Nord Grande-Terre est d'un diamètre 1200 mm. La capacité maximale de transit est fixée à 2.0 m<sup>3</sup>/s.

## Analyse du fonctionnement

Le système construit avec les paramètres énoncés précédemment est simulé au pas de temps décadaire de 1951 à 1990 suivant diverses hypothèses afin de cerner au mieux les performances et les limites de l'aménagement.

On traitera successivement les cas de figure et les variantes suivantes :

- efficacité d'irrigation 100 %, avec ou sans limitation de transit et avec ou sans surélévation du plan d'eau de la retenue de Letaye ;
- efficacité d'irrigation 80 %.



**Remarque** Pour la plupart des simulations citées ultérieurement sont présentés dans les *Annexes 3. Simulations scénario 1993 - 1996* les résultats annuels et les cumuls mensuels des apports, déficits, défaillances, prélèvements pour l'ensemble du système d'eau. Sont également proposés les résultats se rapportant au nombre de décades où une conduite particulière s'est trouvée saturée, aux écoulements à l'aval de Prise d'Eau et aux différents termes du bilan du fonctionnement des retenues présentes dans le système.

## Efficienc e d'irrigation 100 %

Notre hypothèse principale consiste à considérer une efficacité d'irrigation de 100 %.

### Analyse globale

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- 5 ans sans pénurie ;
- 6 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 28 ans à pénurie moyenne ;
- 1 an à forte pénurie supérieure à 25 %. Il s'agit de l'année 1955 avec 28.0 % de taux de pénurie.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décade de mai 1955 avec un taux de pénurie de 83.9 % sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 22 décades entre début janvier 1955 et mi-août 1955 avec un taux de pénurie de 37.4 %.

Ces chiffres doivent être relativisés suivant le type de besoin.

### Analyse par type de besoin

Le tableau 6.4 présente des résultats caractéristiques des pénuries par type de besoin.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	20	35	28	6
à faible pénurie	19	2	2	1
à pénurie moyenne	1	2	9	22
à forte pénurie	0	1	1	11
Besoin le plus déficitaire	Vemou	P1	P1	P1 - sole 2
% total de pénurie	1.7	2.3	5.1	27.7
% de décades en défaillance	5.5	1.5	2.7	13.1
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	mars 55	janvier 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	10	10	18
% de pénurie	43.8	71.1	97.4	49.4
année	1955	1955	1955	1955

Tableau 6-4. Aménagement 1993 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 %

**Remarque** Un tableau de ce genre est proposé pour toutes les simulations présentées ultérieurement. La notion de faible pénurie recouvre les années où le taux de pénurie a été inférieur à 5 % ; une pénurie forte correspond à un taux de pénurie supérieur à 25 %. Le besoin le plus déficitaire, pour lequel des caractéristiques de pénurie sont détaillées, correspond à la demande ayant connu le plus fort taux de pénurie sur l'ensemble des 40 années simulées.

### Eau potable

La station de Vernou connaît donc le déficit le plus important.

Les pénuries enregistrées sur les autres besoins de ce type sont mineures, voire inexistantes pour la station de Miquel. La station de Deshauteur et la demande pour le Lamentin n'ont ainsi connu que 3 décades en défaillance.

### Irrigation

Il est important de noter que l'on considère qu'il y a défaillance pour la desserte en eau d'un périmètre d'irrigation que si le niveau de la réserve se trouve dans la zone de Réserve Difficilement Utilisable - voir le chapitre *Les périmètres d'irrigation* -.

Les priorités adoptées suivant le type de culture entraînent une disparité importante dans les pénuries enregistrées.

Ainsi la desserte en eau pour le maraîchage s'avèrerait très satisfaisante, sachant que la règle de référence en irrigation est d'assurer le besoin quinquennal sec.

Par contre le risque au niveau de la canne apparaît comme étant très élevé.

### Les causes de pénuries

Le tableau 6.5 présente la variation saisonnière moyenne du fonctionnement du système. Il met en évidence la concentration des défaillances pendant la période de carême avec un maximum pour le mois de mars.

**Remarque** Afin de permettre des comparaisons entre les hypothèses testées, un tableau de ce type est proposé pour la plupart des simulations effectuées.

Il a notamment été reporté dans ce tableau le pourcentage de décades pendant lesquelles la conduite de diamètre 800 s'est trouvée saturée. Il s'agit du tronçon situé entre le raccordement avec la conduite mixte et la Rivière Salée.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturation du D.800
janvier	1.08	0.02	5%	3.25	49%
février	1.14	0.12	25%	2.50	63%
mars	1.13	0.25	52%	2.00	72%
avril	1.09	0.22	48%	2.58	62%
mai	1.08	0.21	38%	4.04	62%
juin	1.08	0.09	28%	4.23	63%
juillet	1.05	0.09	26%	4.58	59%
août	1.03	0.03	13%	4.97	55%
septembre	0.92	0.02	4%	5.04	29%
octobre	0.73	0.00	0%	5.13	3%
novembre	0.67	0.00	1%	5.91	0%
décembre	0.95	0.05	8%	4.49	34%
moyenne	1.00	0.09	18%	4.07	46%
écart-type an	0.07	0.07	15%	1.03	16%

Tableau 6-5. Aménagement 1993 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990  
- efficacité d'irrigation 100 %

Ce nombre de saturations est anormalement élevé : plus de 70 % des occurrences pendant le mois de mars par exemple. Mais une saturation n'impliquant pas forcément une pénurie, il a été testé le cas hypothétique où la conduite n'aurait pas de limite de transit, afin de discerner les défaillances survenues en raison de la faiblesse de la ressource elle-même.

## Sans limite de transit

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- 15 ans sans pénurie ;
- 18 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 6 ans à pénurie moyenne dont l'année 1955 avec 25.0 %.

La figure 6.3 permet de comparer les taux annuels de pénurie obtenus par la simulation de l'aménagement réel à ceux que l'on observerait dans le cas hypothétique où le réseau n'introduirait pas de limite de transit.

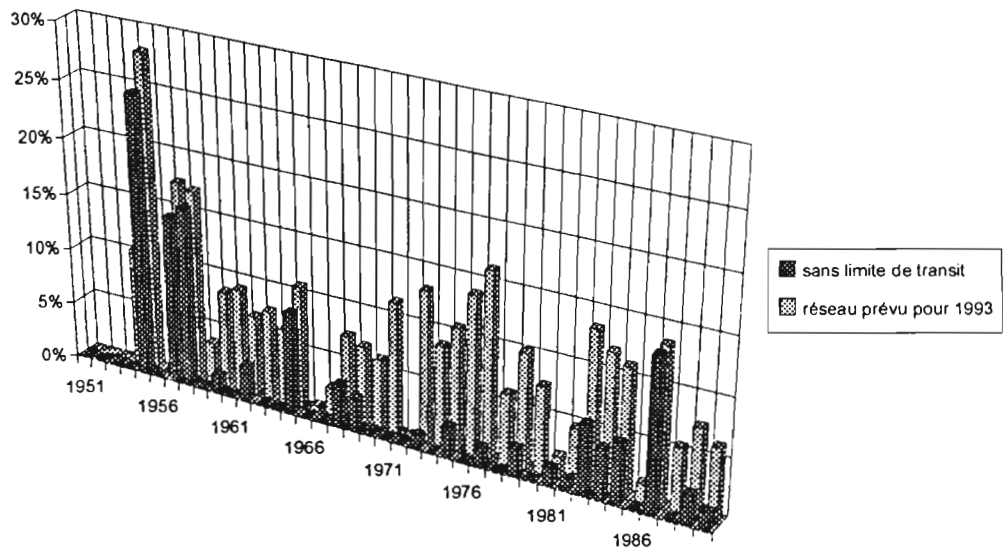


Figure 6-3. Aménagement 1993 - taux annuels de pénurie - simulation 1951-1990 - avec et sans limite de transit - efficacité d'irrigation 100 %

A cause des priorités attribuées, le changement le plus sensible apparaît pour la desserte en eau de la canne. La comparaison des tableaux 6.4 et 6.6 montre en effet que le risque de défaillance devient beaucoup moins élevé. Il est donc bien mis en évidence que ce risque est lié à un problème de réseau et non de ressource.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	18	36	32	21
à faible pénurie	22	1	4	13
à pénurie moyenne	0	2	3	2
à forte pénurie	0	1	1	4
Besoin le plus déficitaire	Vernou	P1	P1	P1 - sole 2
% total de pénurie	1.7	2.2	4.2	9.1
% de décades en défaillance	5.5	1.5	2.2	3.1
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	mars 55	mars 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	10	9	9
% de pénurie	43.8	71.1	100.0	100.0
année	1955	1955	1955	1955

Tableau 6-6. Aménagement 1993 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 % - sans limite de transit

Le tableau 6.7 présente la répartition dans l'année des défaillances dues, de par les hypothèses prises, à une limitation des ressources. Les valeurs de ce tableau sont à comparer à celles du tableau 6.5. On constate non seulement une forte diminution du nombre de défaillances mais aussi leur concentration sur la période de carême, où mars et avril restent des mois à haut risque.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s
janvier	1.07	0.01	3%	3.26
février	1.26	0.04	10%	2.38
mars	1.26	0.13	23%	1.87
avril	1.17	0.12	23%	2.49
mai	1.17	0.08	13%	3.95
juin	1.17	0.03	6%	4.14
juillet	1.10	0.00	3%	4.53
août	1.00	0.00	0%	5.00
septembre	0.87	0.00	0%	5.08
octobre	0.71	0.00	0%	5.15
novembre	0.67	0.00	1%	5.91
décembre	1.05	0.00	0%	4.38
moyenne	1.04	0.03	7%	4.02
écart-type an	0.10	0.06	10%	1.03

Tableau 6-7. Aménagement 1993 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990  
- efficacité d'irrigation 100 % - sans limite de transit

## Le fonctionnement de la retenue de Letaye

Les différents termes du bilan de fonctionnement de la retenue sont détaillés dans les *Annexes 3. Simulations scénario 1993 - 1996*. Il est instructif d'examiner les parts respectives de chacun d'eux.

Les apports sont constitués à :

- 87.0 % par l'adduction à partir de Bras David ;
- 11.5 % par l'écoulement du bassin versant ;
- 1.5 % par la pluie directe sur le plan d'eau.

Les pertes sont constituées à :

- 87.5 % par les prélèvements pour l'irrigation ;
- 7.0 % par les déversements ;
- 1.5 % par l'évaporation ;
- 4.0 % par l'infiltration.

Letaye, réservoir tampon de faible capacité, est complètement tributaire des apports de Bras David. Son fonctionnement reflète donc également des limitations de transit dues au réseau.

Ainsi la retenue s'est retrouvée vide pendant plus de 70 % des décades de mars en considérant le cas réel de l'adduction par le 800 mm et seulement pour 28 % des décades dans le cas de la simulation sans limite de transit.

### Niveau objectif de Letaye à 26 m

On présente ci-après les résultats d'une simulation où l'on considère que la vanne pelle qui permet de surélever le plan d'eau de 1 m est effectivement opérationnelle. Le niveau objectif et le niveau maximal de la retenue sont donc fixés à 26 m NGG.

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- 5 ans sans pénurie ;
- 10 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 24 ans à pénurie moyenne ;
- 1 an à forte pénurie supérieure à 25 %. Il s'agit de l'année 1955 avec 27.6 % de taux de pénurie.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	20	35	28	6
à faible pénurie	19	2	2	2
à pénurie moyenne	1	2	9	23
à forte pénurie	0	1	1	9
Besoin le plus déficitaire	Vernou	P1	P1	P2 - sole 2
% total de pénurie	1.7	2.3	5.1	24.9
% de décades en défaillance	5.5	1.5	2.8	12.1
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	mars 55	janvier 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	10	10	18
% de pénurie	43.8	71.1	97.4	45.5
année	1955	1955	1955	1975

Tableau 6-8. Aménagement 1993 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990  
- niveau objectif de Letaye à 26 m - efficacité d'irrigation 100 %

Comparés à ceux du tableau 6.4, ces résultats ne mettent en évidence aucune amélioration notable.

### Efficacité d'irrigation de 80 %

Afin de relativiser notre constat, dans chaque cas d'aménagement, on présente également les résultats du fonctionnement du système en considérant une efficacité d'irrigation de 80 %.

#### Analyse globale

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- aucune année sans pénurie ;
- 2 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 36 ans à pénurie moyenne ;
- 2 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 34.1 %.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décade de mai 1955 avec un taux de pénurie de 86.3% sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 26 décades entre mi-décembre 1954 et fin août 1955 avec un taux de pénurie de 40.5 %.

Le nombre de saturations de la conduite est bien sûr encore plus important : 78 % des occurrences pour les mois de février et avril - voir tableau 6.9 -.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturations du D.800
janvier	1.14	0.02	12%	3.20	72%
février	1.17	0.35	52%	2.47	78%
mars	1.14	0.49	81%	1.99	78%
avril	1.11	0.39	68%	2.56	69%
mai	1.12	0.41	58%	4.00	71%
juin	1.11	0.23	48%	4.20	73%
juillet	1.10	0.21	45%	4.53	72%
août	1.09	0.12	32%	4.92	68%
septembre	1.00	0.06	14%	4.97	46%
octobre	0.79	0.00	0%	5.07	7%
novembre	0.70	0.00	1%	5.89	0%
décembre	0.98	0.09	12%	4.45	43%
moyenne	1.04	0.20	35%	4.03	56%
écart-type an	0.07	0.09	18%	1.02	16%

Tableau 6-9. Aménagement 1993 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990  
- efficacité d'irrigation 80 %

Comme le montre le tableau 6.10, le risque de défaillance pour la canne atteint des valeurs extrêmement élevées.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	20	30	12	0
à faible pénurie	19	6	8	0
à pénurie moyenne	1	3	17	7
à forte pénurie	0	1	3	33
Besoin le plus déficitaire	Vemou	P1	P1	P2 - sole 2
% total de pénurie	1.7	3.2	11.7	46.9
% de décades en défaillance	5.5	2.5	6.8	21.9
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	avril 54	mars 54
durée max. de déficit - décade(s)	10	11	16	18
% de pénurie	43.8	72.2	95.7	84.0
année	1955	1955	1955	1975

Tableau 6-10. Aménagement 1993 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 %

## L'aménagement 1994

### Description

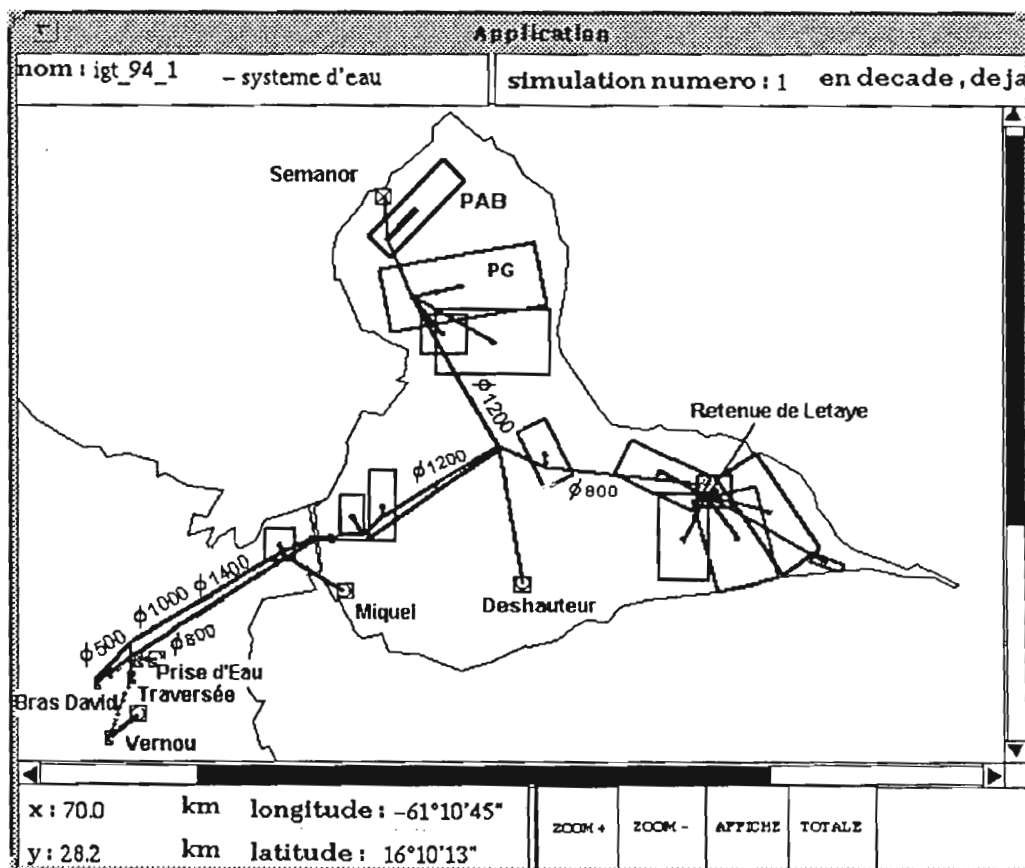


Figure 6-4. L'aménagement 1994

### Les demandes

#### Irrigation

Deux nouvelles zones sont alimentées :

- PG, elle correspond aux périmètres entourant la retenue de Gachet ;
- PAB, elle constitue la zone la plus au Nord située sur la commune d'Anse-Bertrand.

Les valeurs des superficies ont été déterminées avec la répartition culturale actuellement admise : 23 % de maraîchage, 5 % de fourrage et 72 % de canne à sucre.

Les superficies irriguées de la zone de Letaye sont inchangées ; le périmètre Est dont l'irrigation a commencé en 1982 est considéré comme étant dans sa phase d'extension maximale.

Les hypothèses d'extension des périmètres pour les autres zones sont de :

- doubler les superficies irriguées lorsqu'il s'agit de la deuxième campagne d'irrigation ;
- augmenter de 50 % les superficies entre la deuxième et troisième campagne d'irrigation.

Toutes les autres hypothèses sur les périmètres d'irrigation sont inchangées.

nom	zones desservies	maraîchage ha irrigués	fourrage ha irrigués	canne ha irrigués	total ha irrigués
PBM	Birmingham	10	2	8	20
PD	Caduc, Boisvinière	50	15	20	85
PBP	Belle-Plaine	20	5	10	35
PBL	Blanchet	100	10	50	160
P1nord	Port-Louis	50	10	140	200
P4	Petit-Canal	60	10	180	250
PG	Gachet	125	25	400	550
PAB	Anse-Bertrand	115	25	360	500
sous-total	Est Grande-Terre - Letaye	567	121	1490	2178
sous-total	Nord Grande-Terre	350	70	1080	1500
sous-total	autres : PBM-PD-PBP-PBP	180	32	88	300
total	ensemble Grande-Terre	1097	223	2658	3978

Tableau 6-11. Caractéristiques des périmètres irrigués pour 1994

### L'eau potable

Il existe en 1994 une nouvelle demande de 50 l/s dans le cadre des projets d'aménagements de la Semanor à Anse-Bertrand.

La demande totale de production s'élève à 52320 m<sup>3</sup>/j, soit plus de 600 l/s.

	Deshauteur	Vernou	Lamentin	Miquel	Semanor
Prod. attendue en m <sup>3</sup> /j	18000	13500	1500	15000	4320
Prod. attendue en l/s	208	156	17	174	50

Tableau 6-12. Productions attendues pour l'eau potable - 1994

### Les ressources

La prise en rivière de Duclos est supprimée du système. La station de traitement de Miquel est alimentée à partir d'un piquage sur la conduite mixte 1400 mm à hauteur de la Jaille, avant la Rivière Salée.

La totalité des prélèvements sur le Bras David sont effectués au niveau de la prise à la cote 130 m NGG.

Au niveau de cette prise de Bras David le débit réservé est fixé à 300 l/s. Cette valeur est inférieure au dixième du module d'écoulement naturel en ce point.

Les valeurs des débits réservés sur les autres points de prélèvement restent inchangées, à savoir 150 l/s aux prises de Vernou et de la Traversée et 450 l/s à Prise d'Eau.



## Les conduites

La conduite mixte 1000 - 1400 - 1200 mm est opérationnelle. Elle alimente les stations de Deshauteur et de Miquel, et la totalité des zones d'irrigation à l'exception des périmètres de l'Est Grande-Terre.

**Remarque** L'alimentation du barrage de Gachet est opérationnelle. Mais la mise en place de l'usine de pompage qui doit assurer l'alimentation des périmètres du Nord Grande-Terre à partir de la retenue ne devrait pas être terminée pour la campagne d'irrigation 1994. La retenue de Gachet ne sera donc introduite dans le système que pour l'aménagement 1995.

## Analyse du fonctionnement

On traitera successivement les cas de figure et les variantes suivantes :

- efficacité d'irrigation 100 %, avec les besoins prévus pour 1994 et avec les besoins définis pour 1993 ;
- efficacité d'irrigation 80 %.

## Efficacité d'irrigation à 100 %

### Avec les besoins prévus pour 1994

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- 6 ans sans pénurie ;
- 12 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 20 ans à pénurie moyenne ;
- 2 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 37.2 %.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décennie de mai 1955 avec un taux de pénurie de 89.7 % sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 22 décades entre début janvier 1955 et début août 1955 avec un taux de pénurie de 47.1 %.

Le tableau 6.13 met en évidence un risque de défaillance très élevé au niveau de la satisfaction des besoins des cultures.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	18	16	14	7
à faible pénurie	21	4	5	2
à pénurie moyenne	1	17	16	20
à forte pénurie	0	3	5	11
Besoin le plus déficitaire	Vernou	P2	P2	P2 - sole 2
% total de pénurie	1.7	13.8	16.7	29.7
% de décades en défaillance	5.5	8.3	9.4	12.4
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	janvier 55	janvier 55	janvier 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	15	16	15
% de pénurie	43.8	100.0	100.0	82.9
année	1955	1955	1955	1977

Tableau 6-13. Aménagement 1994 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 %

Dans le tableau 6.14, il a été reporté le pourcentage de décades pendant lesquelles la conduite de diamètre 500, reliant la prise de Bras David à la conduite mixte de diamètre 1000, s'est trouvée saturée.

Ce pourcentage de saturation est élevé ; mais un essai de simulation réalisé avec une limite de transit de cette conduite portée de 450 à 850 l/s - ce qui reviendrait pratiquement à doubler la conduite en 500 mm - ne met en évidence aucune amélioration notable de la desserte. Le risque de défaillance est donc lié à un problème de ressource et non de réseau.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturations du D.500 Bras David
janvier	1.40	0.03	8%	2.93	77%
février	1.51	0.28	33%	2.13	89%
mars	1.49	0.44	51%	1.63	82%
avril	1.38	0.38	46%	2.28	75%
mai	1.39	0.31	34%	3.73	63%
juin	1.43	0.12	28%	3.88	67%
juillet	1.41	0.09	20%	4.22	61%
août	1.33	0.02	8%	4.68	48%
septembre	1.07	0.01	1%	4.88	40%
octobre	0.81	0.00	0%	5.04	18%
novembre	0.76	0.00	1%	5.82	11%
décembre	1.26	0.06	5%	4.17	56%
moyenne	1.27	0.14	19%	3.79	57%
écart-type an	0.13	0.13	16%	1.04	9%

Tableau 6-14. Aménagement 1994 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 %

#### Avec les besoins définis pour 1993

Le risque de défaillance anormalement élevé conduit à étudier l'hypothèse d'un gel de la desserte de nouveaux besoins. On a donc réalisé la simulation du système avec les besoins définis pour 1993.

La figure 6.5 met en évidence la grande disparité entre ces 2 cas au niveau des taux annuels de pénurie.

En 40 ans de gestion simulée on compte ainsi pour l'alternative présente :

- 15 ans sans pénurie ;
- 15 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 9 ans à pénurie moyenne ;
- 1 an à forte pénurie supérieure à 20 %. Il s'agit de l'année 1955 avec 26.9 % de taux de pénurie.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décade de mai 1955 avec un taux de pénurie de 84.8% sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 19 décades entre début janvier 1955 et début juillet 1955 avec un taux de pénurie de 40.2 %.

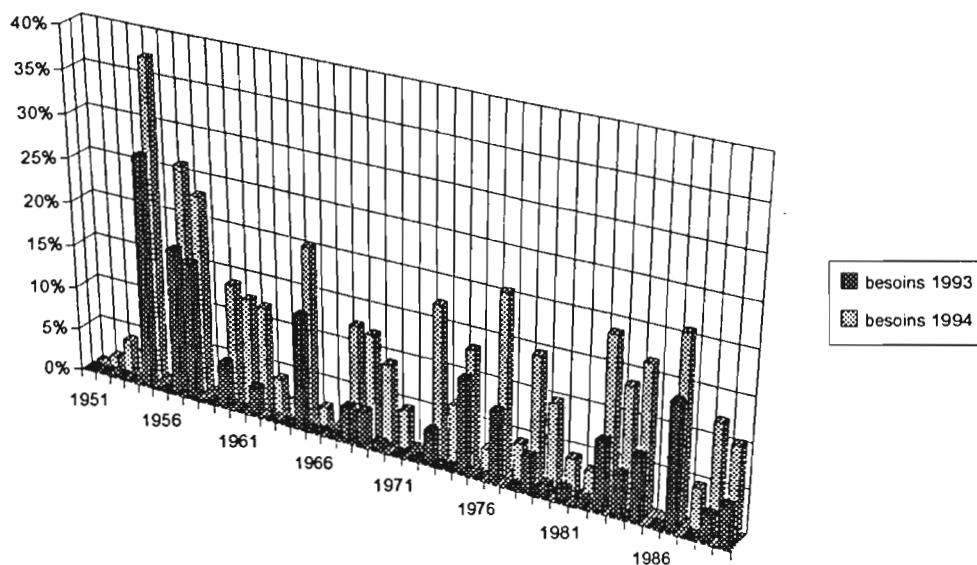


Figure 6-5. Aménagement 1994 - taux annuels de pénurie - simulation 1951-1990 - avec besoins 1994 et avec besoins 1993 - efficacité d'irrigation 100 %

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s)				
sans pénurie	19	35	29	18
à faible pénurie	20	2	4	6
à pénurie moyenne	1	2	6	11
à forte pénurie	0	1	1	5
Besoin le plus déficitaire	Vernou	P1	P1	P2 - sole 2
% total de pénurie	1.7	2.4	4.8	10.8
% de décades en défaillance	5.5	1.7	2.4	4.4
déficit maximum - % pénurie	100	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	mars 55	mars 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	10	10	11
% de pénurie	43.8	73.2	100.0	86.0
année	1955	1955	1955	1955

Tableau 6-15. Aménagement 1994 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - besoins 1993 - efficacité d'irrigation 100 %

Dans le tableau 6.16, il a été reporté le pourcentage de décades pendant lesquelles la conduite de diamètre 800, reliant la prise de Bras David à la retenue de Letaye, s'est trouvée saturée. Ces taux de saturation obtenus indiquent que la solution consistant à piquer sur cette conduite pour alimenter un autre besoin - Deshauteur par exemple -, notamment en période de carême, n'est pas à envisager.

La conduite de diamètre 500, reliant la prise de Bras David à la conduite mixte, a été faiblement saturée avec notre hypothèse présente.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturation du D.800
janvier	1.09	0.01	3%	3.24	3%
février	1.24	0.05	11%	2.40	23%
mars	1.24	0.14	25%	1.89	29%
avril	1.14	0.14	27%	2.52	24%
mai	1.12	0.13	22%	3.99	26%
juin	1.14	0.05	12%	4.17	26%
juillet	1.12	0.04	8%	4.51	26%
août	1.03	0.00	1%	4.97	19%
septembre	0.88	0.00	0%	5.08	8%
octobre	0.71	0.00	0%	5.15	0%
novembre	0.67	0.00	1%	5.91	0%
décembre	1.02	0.00	0%	4.41	22%
moyenne	1.03	0.05	9%	4.03	17%
écart-type an	0.09	0.07	12%	1.03	8%

Tableau 6-16. Aménagement 1994 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - besoins 1993 - efficacité d'irrigation 100 %

### Efficiency d'irrigation de 80 %

Les résultats du fonctionnement du système, prévu pour 1994, en considérant une efficacité d'irrigation de 80 % sont présentés ci-après. Ces résultats accentuent bien sûr les risques de défaillance dans la desserte pour l'irrigation évoqués précédemment.

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- 2 ans sans pénurie,
- 5 ans à faible pénurie inférieure à 5 %,
- 28 ans à pénurie moyenne,
- 5 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 41.5 %.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	18	8	7	2
à faible pénurie	21	9	6	2
à pénurie moyenne	1	19	17	17
à forte pénurie	0	4	10	19
Besoin le plus déficitaire	Vernou	P2	P2	P2 - sole 2
% total de pénurie	1.7	19.0	22.9	40.8
% de décades en défaillance	5.5	12.1	13.8	17.8
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	février 53	mars 53	mars 52
durée max. de déficit - décade(s)	10	16	16	18
% de pénurie	43.8	86.7	100.0	73.9
année	1955	1955	1955	1975

Tableau 6-17. Aménagement 1994 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 %

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décade de mai 1955 avec un taux de pénurie de 91.4% sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 25 décades entre mi-décembre 1954 et mi-août 1955 avec un taux de pénurie de 48.4 %.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturation du D.500 Bras David
janvier	1.55	0.08	13%	2.78	83%
février	1.61	0.50	43%	2.03	94%
mars	1.57	0.70	69%	1.56	88%
avril	1.49	0.60	62%	2.17	78%
mai	1.51	0.57	48%	3.61	69%
juin	1.56	0.27	37%	3.75	74%
juillet	1.54	0.23	33%	4.08	64%
août	1.46	0.07	19%	4.55	51%
septembre	1.22	0.01	3%	4.74	41%
octobre	0.87	0.00	0%	4.98	23%
novembre	0.79	0.00	1%	5.79	14%
décembre	1.36	0.14	11%	4.07	59%
moyenne	1.38	0.26	28%	3.68	62%
écart-type an	0.15	0.17	17%	1.04	10%

Tableau 6-18. Aménagement 1994 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 %

# L'aménagement 1995

## Description

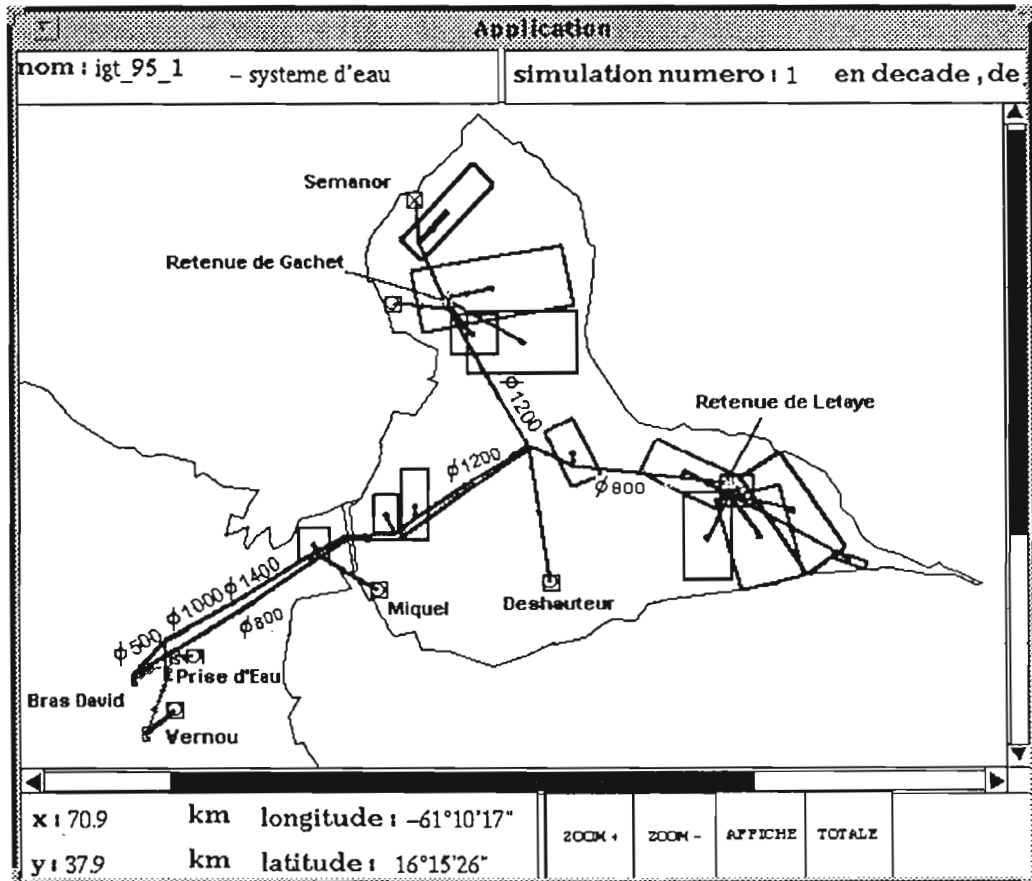


Figure 6-6. L'aménagement 1995

## Les demandes

### L'eau potable

La demande de production en eau potable du Lamentin passe de 1500 à 5000 m<sup>3</sup>/j.

Une prise est effectuée avant la retenue de Gachet pour alimenter une station de traitement dont la production est fixée à 5000 m<sup>3</sup>/j.

La demande totale de production s'élève à 60820 m<sup>3</sup>/j, soit plus de 700 l/s.

	Deshauteur	Vernou	Lamentin	Miquel	Semanor	Gachet
Prod. attendue en m <sup>3</sup> /j	18000	13500	5000	15000	4320	5000
Prod. attendue en l/s	208	156	58	174	50	58

Tableau 6-19. Productions attendues pour l'eau potable - 1995

**Irrigation**

Seules les superficies irriguées sont modifiées.

nom	zones desservies	maraîchage ha irrigués	fouillage ha irrigués	canne ha irrigués	total ha irrigués
PBM	Birmingham	15	3	12	30
PD	Caduc, Boisvinière	75	22.5	30	127.5
PBP	Belle-Plaine	30	7.5	15	52.5
PBL	Blanchet	150	15	75	240
P1nord	Port-Louis	50	10	140	200
P4	Petit-Canal	120	20	360	500
PG	Gachet	250	50	800	1100
PAB	Anse-Bertrand	230	50	720	1000
sous-total	Est Grande-Terre - Letaye	567	121	1490	2178
sous-total	Nord Grande-Terre	650	130	2020	2800
sous-total	autres : PBM-PD-PBP-PBL	270	48	132	450
total	ensemble Grande-Terre	1487	299	3642	5428

Tableau 6-20. Caractéristiques des périmètres irrigués pour 1995

**Les ressources**
**Prises en rivière**

Pour tenir compte du prélèvement plus important pour le Lamentin, le débit réservé au niveau de la prise de Bras David est porté de 300 à 350 l/s.

Les autres caractéristiques restent inchangées par rapport à l'aménagement 1994.

**Retenue de Gachet**

Cette retenue est alimentée par la conduite mixte de diamètre 1200 mm. Les apports naturels ne surviennent qu'en cas de fortes pluies - voir annexes 2. Les données d'écoulement -.

**Caractéristiques fixes**

La retenue est d'une capacité estimée à 2.8 millions de m<sup>3</sup> à la cote normale de 10 m NGG. Pour exprimer le volume de stockage, la formule suivante a été ajustée :

$$\text{STOCK} = 2762 \times (Z - 1.5)^{3.25}$$

où STOCK : volume en m<sup>3</sup> ;  
Z : niveau en m NGG.

La formule pour exprimer la surface du plan d'eau est donc :

$$\text{SURFACE} = 8975 \times (Z - 1.5)^{2.25}$$

où SURFACE : surface du plan d'eau en m<sup>2</sup> .

cote en m NGG	3	4	5	6	7	8	9	10	11
volumes mesurés en 10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup>	11	56	169	388	731	1233	1918	2809	4119
STOCK = 2762 × (z - 1.5) <sup>3.25</sup>	10	54	162	367	704	1211	1928	2896	4157
surfaces du plan d'eau en ha	2.2	6.8	15.8	28	40.8	59.5	77.5	100.8	161.2
SURFACE = 8975 × (z - 1.5) <sup>2.25</sup>	2.2	7.1	15.0	26.5	41.6	60.5	83.5	110.7	142.2

Tableau 6-21. Retenue de Gachet - Stockage et surface en fonction de la cote

La pluie directe arrivant sur la retenue est obtenue à partir des chroniques du poste de Philipsbourg.

L'évaporation sur le plan d'eau est estimée à partir des moyennes mensuelles interannuelles des évaporations du bac des Mangles situé dans le Nord Grande-Terre, moyennes obtenues à partir des données de 1978 à 1990 - voir tableau 6.22 -.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
évaporation en mm/j	3.9	4.3	4.5	4.8	5.0	4.8	4.6	4.7	4.6	4.4	4.3	4.0
évaporation en mm	121	122	141	144	156	144	144	146	138	137	130	124

Tableau 6-22. Moyennes mensuelles interannuelles des évaporations au bac des Mangles - Nord Grande-Terre

L'infiltration est estimée par analogie avec Letaye. Elle est la suivante :

$$\text{INFILT} = 1.0 \times (z - 7)^2$$

où INFILT : infiltration en mm/j ;  
z : niveau en m NGG.

La limite de prélèvement, pour alimenter les périmètres d'irrigation, est fixée à 4 m<sup>3</sup>/s.

#### Caractéristiques de gestion

Le niveau minimal de sollicitation est fixé à la cote 2 m NGG.

Le niveau maximal considéré est 10 m NGG. On rappelle qu'une règle de gestion consiste à n'évacuer de débit par déversement qu'au-dessus de ce niveau.

Le niveau objectif est également fixé à 10 m NGG.

Il n'y a pas de débit réservé, le débit aval objectif est donc considéré comme étant nul.

### Analyse du fonctionnement

On traitera successivement les cas de figure et les variantes suivantes :

- efficacité d'irrigation 100 %, avec les besoins prévus pour 1995 et avec les besoins définis pour 1994 ;
- efficacité d'irrigation 80 %.



## Efficienc e d'irrigation à 100 %

### Avec les besoins prévus pour 1995

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- 6 ans sans pénurie ;
- 10 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 21 ans à pénurie moyenne ;
- 3 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 40.7 %.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décade de mai 1955 avec un taux de pénurie de 92.5% sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 22 décades entre début janvier 1955 et début août 1955 avec un taux de pénurie de 51.8 %.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	19	19	17	7
à faible pénurie	20	6	3	7
à pénurie moyenne	1	12	14	13
à forte pénurie	0	3	6	13
Besoin le plus déficitaire	Vernou	Gachet	Gachet	P2 - sole 2
% total de pénurie	1.7	8.7	14.2	25.3
% de décades en défaillance	5.5	5.4	9.9	11.2
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	février 53	mars 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	13	15	15
% de pénurie	43.8	90.5	100.0	79.5
année	1955	1955	1955	1955

Tableau 6-23. Aménagement 1995 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 %

Les pourcentages de décades où la conduite de diamètre 500 mm reliant la prise de Bras David à la conduite mixte s'est trouvée saturée sont présentés dans le tableau 6.24. Les valeurs élevées obtenues ont conduit, comme dans le cas de l'aménagement 1994, à tester l'hypothèse d'un doublement de cette conduite afin de porter sa capacité de transit à 850 l/s.

Avec cette hypothèse, sur 40 ans de gestion simulée, on compte :

- 9 ans sans pénurie ;
- 13 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 15 ans à pénurie moyenne ;
- 3 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 41.4 %.

Bien que n'étant pas à négliger, le gain obtenu en terme de desserte n'est pas décisif. Il convient de noter qu'une augmentation plus importante de la capacité de transit de la conduite n'entraîne aucune amélioration significative. Les défaillances obtenues sont donc bien liées à un problème de disponibilité de la ressource.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturation du D.500 Bras David
janvier	1.82	0.04	5%	2.61	88%
février	1.75	0.20	20%	1.96	75%
mars	1.71	0.57	43%	1.49	73%
avril	1.77	0.61	46%	2.03	83%
mai	1.87	0.52	37%	3.43	81%
juin	1.80	0.27	30%	3.59	87%
juillet	1.87	0.19	23%	3.87	82%
août	1.89	0.05	10%	4.26	78%
septembre	1.66	0.00	1%	4.50	69%
octobre	1.14	0.00	0%	4.84	48%
novembre	1.00	0.00	1%	5.70	39%
décembre	1.59	0.00	0%	3.99	68%
moyenne	1.66	0.20	18%	3.53	73%
écart-type an	0.16	0.20	17%	1.04	14%

Tableau 6-24. Aménagement 1995 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 %

#### Avec les besoins définis pour 1994

Le risque de défaillance élevé obtenu dans notre hypothèse principale conduit à envisager un gel de la desserte de nouveaux besoins. On a donc réalisé la simulation du système avec les besoins définis pour 1994.

La figure 6.7 permet de comparer cette alternative à l'hypothèse principale en termes de taux annuels de pénurie.

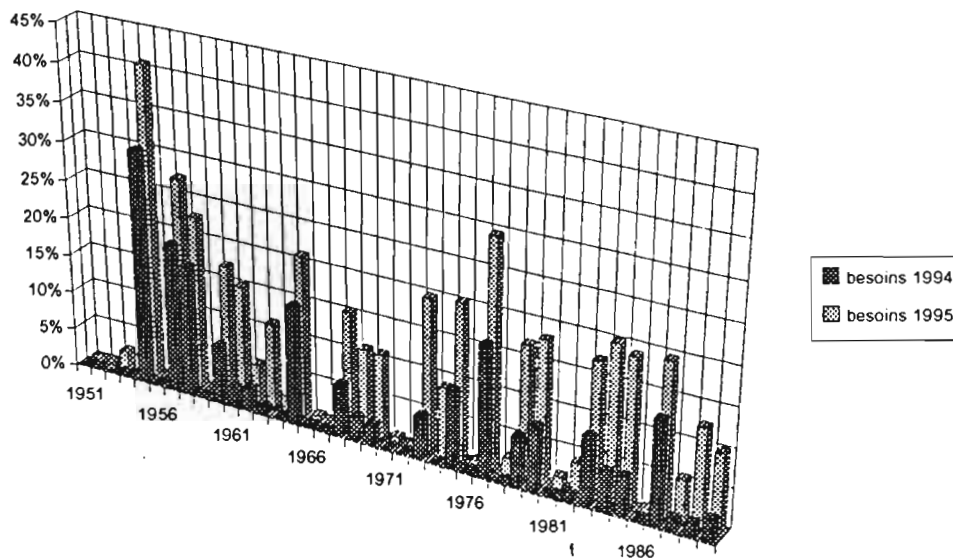


Figure 6-7. Aménagement 1995 - taux annuels de pénurie - simulation 1951-1990 - avec besoins 1995 et avec besoins 1994 - efficacité d'irrigation 100 %

En 40 ans de gestion simulée on compte ainsi avec la présente alternative :

- 13 ans sans pénurie ;
- 12 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 14 ans à pénurie moyenne ;
- 1 an à forte pénurie supérieure à 25 %. Il s'agit de l'année 1955 avec 30.7 %.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décennie de mai 1955 avec un taux de pénurie de 89.1 % sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 20 décades entre début janvier 1955 et mi-juillet 1955 avec un taux de pénurie de 41.3 %.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s)				
sans pénurie	19	32	27	15
à faible pénurie	20	4	6	8
à pénurie moyenne	1	3	5	13
à forte pénurie	0	1	2	4
Besoin le plus déficitaire	Vernou	Port-Louis	Moule	P2 - sole 2
% total de pénurie	1.7	2.8	5.4	14.0
% de décades en défaillance	5.5	1.7	2.8	6.7
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	mars 55	mars 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	10	11	12
% de pénurie	43.8	67.6	93.2	82.7
année	1955	1955	1955	1955

Tableau 6-25. Aménagement 1995 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - besoins 1994 - efficacité d'irrigation 100 %

On note qu'il est intéressant de comparer les résultats obtenus avec l'hypothèse principale de l'aménagement 1994 - voir tableaux 6.13 et 6.14 -. Les gains de desserte obtenus sont en effet liés à l'introduction dans le système de la retenue de Gachet.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturation du D.500 Bras David
janvier	1.53	0.01	3%	2.88	80%
février	1.60	0.07	14%	2.10	67%
mars	1.62	0.19	30%	1.57	58%
avril	1.55	0.24	32%	2.20	58%
mai	1.63	0.21	26%	3.64	58%
juin	1.56	0.09	19%	3.82	59%
juillet	1.58	0.07	9%	4.14	65%
août	1.55	0.00	2%	4.58	58%
septembre	1.21	0.00	0%	4.87	39%
octobre	0.91	0.00	0%	5.05	26%
novembre	0.86	0.00	1%	5.83	21%
décembre	1.38	0.00	0%	4.18	46%
moyenne	1.42	0.07	11%	3.75	53%
écart-type an	0.14	0.11	14%	1.05	12%

Tableau 6-26. Aménagement 1995 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - besoins 1994 - efficacité d'irrigation 100 %

### Efficienc e d'irrigation de 80 %

Afin de souligner les risques de défaillance dans la desserte pour l'irrigation, les résultats du fonctionnement du système en considérant une efficacité d'irrigation de 80 % sont présentés ci-après.

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- 2 ans sans pénurie ;
- 3 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 25 ans à pénurie moyenne ;
- 10 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 46.5 % -.

La durée maximale de défaillance est de 23 décades entre début janvier 1955 et mi-août 1955 avec un taux de pénurie de 56.8 %.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	19	16	10	2
à faible pénurie	20	4	4	2
à pénurie moyenne	1	16	15	15
à forte pénurie	0	4	11	21
Besoin le plus déficitaire	Vernou	Gachet	P2	P2 - sole 2
% total de pénurie	1.7	12.4	20.8	37.0
nombre de défaillances	5.5	8.6	12.2	16.3
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	janvier 55	janvier 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	15	16	18
% de pénurie	43.8	83.3	100.0	68.1
année	1955	1955	1955	1975

Tableau 6-27. Aménagement 1995 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 %

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturation s du D.500 Bras David
janvier	1.94	0.08	8%	2.49	88%
février	1.82	0.56	37%	1.89	82%
mars	1.76	1.05	64%	1.44	87%
avril	1.83	0.95	62%	1.98	85%
mai	2.00	0.88	53%	3.32	89%
juin	1.97	0.52	42%	3.42	88%
juillet	1.97	0.42	38%	3.77	85%
août	2.06	0.22	26%	4.12	84%
septembre	1.85	0.05	6%	4.34	71%
octobre	1.28	0.00	0%	4.71	52%
novembre	1.05	0.00	1%	5.66	41%
décembre	1.66	0.08	7%	3.92	67%
moyenne	1.77	0.40	28%	3.43	77%
écart-type an	0.18	0.27	18%	1.03	13%

Tableau 6-28. Aménagement 1995 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 %

## L'aménagement 1996

### Description

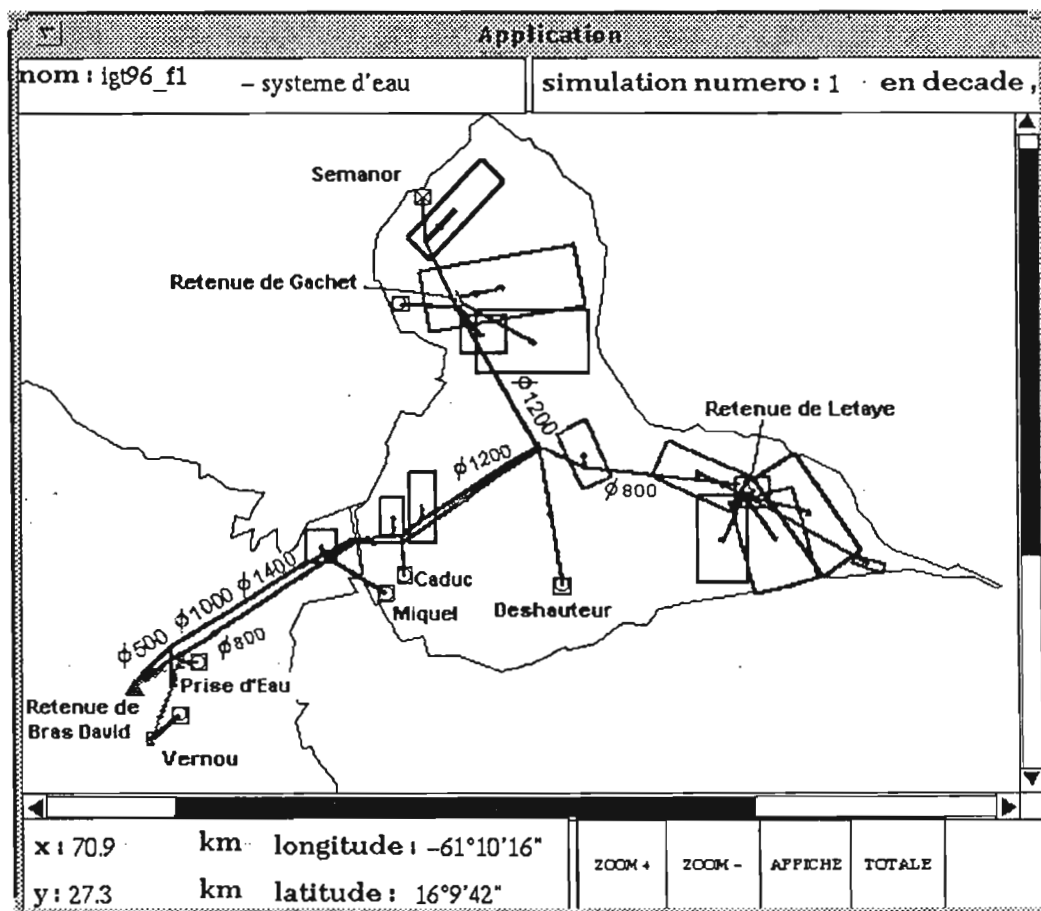


Figure 6-8. L'aménagement 1996

### Les demandes

#### L'eau potable

Un piquage est effectué sur la conduite mixte au niveau de Caduc - Belle-Plaine pour alimenter une station de traitement dont la production est fixée à 30000 m<sup>3</sup>/j.

La demande totale de production s'élève à 90820 m<sup>3</sup>/j, soit plus de 1 m<sup>3</sup>/s.

	Deshauteur	Vernou	Lamentin	Miquel	Semanor	Gachet	Caduc
Prod. m <sup>3</sup> /j	18000	13500	5000	15000	4320	5000	30000
Prod. l/s	208	156	58	174	50	58	347

Tableau 6-29. Productions attendues pour l'eau potable - 1996

### Irrigation

Seules les superficies irriguées de certaines zones du Nord Grande-Terre sont modifiées.

nom	zones desservies	maraîchage ha irrigués	fouillage ha irrigués	canne ha irrigués	total ha irrigués
P1nord	Port-Louis	50	10	140	200
P4	Petit-Canal	180	30	540	750
PG	Gachet	500	100	1600	2200
PAB	Anse-Bertrand	230	50	720	1000
sous-total	Est Grande-Terre - Letaye	567	121	1490	2178
sous-total	Nord Grande-Terre	960	190	3000	4150
sous-total	autres : PBM-PD-PBP-PBP	270	48	132	450
total	ensemble Grande-Terre	1797	359	4622	6778

Tableau 6-30. Caractéristiques des périmètres irrigués pour 1996

### Les ressources

#### Retenue de Bras David

Cette retenue remplace la simple prise en rivière de Bras David cote 130.

Le barrage étant encore à l'état de projet, les informations au sujet de cette retenue sont imprécises.

#### Caractéristiques fixes

La retenue est annoncée comme ayant une capacité de 1.8 millions de m<sup>3</sup> à la cote maximale de 180 m NGG. Pour exprimer le volume de stockage, la formule suivante est proposée sous toute réserve :

$$\text{STOCK} = 160 \times (Z - 152)^{2.8}$$

où STOCK : volume en m<sup>3</sup> ;  
Z : niveau en m NGG.

cote en m NGG	152	155	160	165	170	175	180
STOCK = $0.16 \times (Z - 152)^{2.8}$ en milliers de m <sup>3</sup>	0	3	54	210	523	1040	1804
SURFACE = $0.0448 \times (Z - 152)^{1.8}$ en hectares	0.0	0.3	1.9	4.5	8.1	12.7	18.0

Tableau 6-31. Retenue de Bras David - Stockage et surface en fonction de la cote

La pluie directe arrivant sur la retenue est obtenue à partir des chroniques du poste de Duclos.

L'évaporation sur le plan d'eau est estimée à partir des moyennes mensuelles interannuelles de Duclos.

Faute d'information à ce sujet l'infiltration est considérée comme étant nulle.

## Caractéristiques de gestion

Le niveau minimal de sollicitation est fixé à la cote 155 m NGG.

Le niveau maximal considéré est 180 m NGG. On rappelle qu'une règle de gestion consiste à n'effectuer de déversements qu'au-dessus de ce niveau.

Le niveau objectif est également fixé à 180 m NGG.

Le débit réservé est fixé à 350 l/s. On rappelle que cette valeur correspond approximativement au dixième du module d'écoulement à ce niveau du cours d'eau majoré par le prélèvement pour le Lamentin.

## Analyse du fonctionnement

On traitera successivement les cas de figure et les variantes suivantes :

- efficacité d'irrigation 100 %, avec ou sans limitation de transit sur la conduite mixte et avec les besoins définis pour 1995 ;
- efficacité d'irrigation 80 %.

## Efficiency d'irrigation à 100 %

### Avec les besoins prévus pour 1996

Les risques de défaillance obtenus sont extrêmement élevés.

En 40 ans de gestion simulée on compte ainsi :

- 1 an sans pénurie ;
- aucune année à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 27 ans à pénurie moyenne ;
- 12 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 45.4 %.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décennie de mai 1955 avec un taux de pénurie de 94.4 % sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 23 décades entre mi-février 1983 et mi-septembre 1983 avec un taux de pénurie de 42.4 %.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	15	12	3	1
à faible pénurie	22	5	3	0
à pénurie moyenne	3	16	16	10
à forte pénurie	0	7	18	29
Besoin le plus déficitaire	Semanor	Gachet	Gachet	P1n - sole 1
% total de pénurie	4.0	18.0	34.3	57.1
% de décades en défaillance	5.5	14.0	22.2	29.9
déficit maximum - % pénurie	100	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	janvier 55	janvier 55	mars 52	avril 52
durée max. de déficit - décade(s)	8	18	19	20
% de pénurie	98.7	77.6	99.1	86.2
année	1955	1955	1955	1957

Tableau 6-32. Aménagement 1996 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 %

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturations du D.500 Bras David
janvier	2.04	0.09	8%	2.39	100%
février	1.88	0.69	48%	1.83	100%
mars	1.83	1.29	79%	1.36	97%
avril	2.00	1.16	78%	1.81	95%
mai	2.27	0.94	63%	3.06	98%
juin	2.06	0.56	55%	3.34	100%
juillet	2.16	0.47	52%	3.62	100%
août	2.20	0.32	45%	4.01	100%
septembre	2.05	0.13	23%	4.21	100%
octobre	1.79	0.00	0%	4.33	100%
novembre	1.46	0.00	1%	5.30	100%
décembre	1.86	0.04	2%	3.74	100%
moyenne	1.97	0.47	38%	3.26	99%
écart-type an	0.16	0.27	19%	1.03	4%

Tableau 6-33. Aménagement 1996 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 %

Les pourcentages de décades où la conduite de diamètre 500 mm reliant la prise de Bras David à la conduite mixte s'est trouvée saturée sont présentés dans le tableau 6.33. Les valeurs extrêmement élevées obtenues ont conduit à tester diverses hypothèses d'augmentation des capacités de transit des conduites. Ces alternatives améliorent la desserte mais de manière non décisive. Pour mettre ce fait en évidence il est présenté le cas hypothétique où la conduite mixte n'introduirait pas de limitation de transit depuis la prise de Bras David jusqu'aux dessertes finales.

#### Sans limitation de transit sur la conduite mixte

Ces résultats font apparaître un haut risque de défaillance lié à la ressource.

En 40 ans de gestion simulée on compte :

- 8 ans sans pénurie ;
- 8 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 20 ans à pénurie moyenne ;
- 4 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 43.6 %.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décade de mai 1955 avec un taux de pénurie de 93.2 % sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 23 décades entre début janvier 1955 et mi-août 1955 avec un taux de pénurie de 54.7 %.



	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne	
année(s)	sans pénurie	16	15	13	9
	à faible pénurie	22	3	4	2
	à pénurie moyenne	2	15	11	11
	à forte pénurie	0	7	12	18
Besoin le plus déficitaire	Semanor	P2	P1	P1 - sole 2	
% total de pénurie	3.6	16.9	21.6	30.4	
% de décades en défaillance	4.7	11.6	13.2	13.2	
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0	
décade du mois de	février 55	janvier 55	mars 53	janvier 55	
durée max. de déficit - décade(s)	8	16	15	16	
% de pénurie	98.7	86.6	100.0	83.2	
année	1955	1955	1955	1955	

Tableau 6-34. Aménagement 1996 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - sans limite de transit sur le mixte - efficacité d'irrigation 100 %

### Avec les besoins définis pour 1995

On présente donc cette fois encore l'hypothèse d'un gel d'un an dans l'alimentation de nouveaux besoins. Le fonctionnement du système est ainsi simulé avec les besoins définis pour 1995.

La figure 6.9 permet de comparer cette alternative à l'hypothèse principale en termes de taux annuels de pénurie.

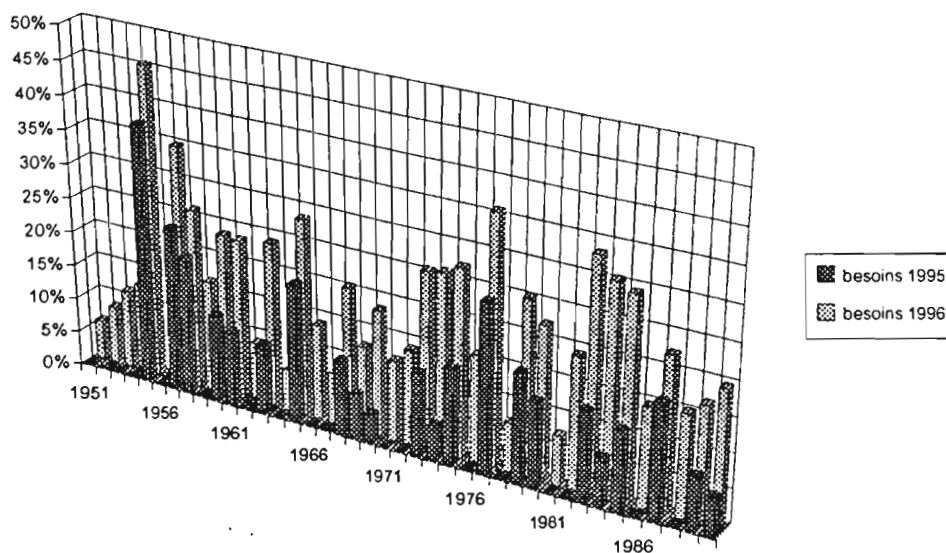


Figure 6-9. Aménagement 1996 - taux annuels de pénurie - simulation 1951-1990 - avec besoins 1996 et avec besoins 1995 - efficacité d'irrigation 100 %

En 40 ans de gestion simulée on compte ainsi :

- 15 ans sans pénurie ;
- 4 ans à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 20 ans à pénurie moyenne ;
- 1 an à forte pénurie supérieure à 25 % ; il s'agit de l'année 1955 avec 37.7 % de taux de pénurie.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décade de mai 1955 avec un taux de pénurie de 92.8 % sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 21 décades entre début janvier 1955 et fin juillet 1955 avec un taux de pénurie de 48.4 %.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	18	23	17	18
à faible pénurie	21	7	6	2
à pénurie moyenne	1	7	14	15
à forte pénurie	0	3	3	5
Besoin le plus déficitaire	Vernou	Gachet	Letaye	P1 - sole 3
% total de pénurie	1.7	6.4	9.8	15.5
% de décades en défaillance	5.5	3.5	5.7	5.8
déficit maximum - % pénurie	100.0	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	mai 55	mars 55	février 55	janvier 55
durée max. de déficit - décade(s)	10	12	14	11
% de pénurie année	43.8 1955	93.1 1955	99.1 1955	69.8 1955

Tableau 6-35. Aménagement 1996 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - besoins 1995 - efficacité d'irrigation 100 %

Il est également intéressant de comparer ces résultats avec ceux qui résultent de l'hypothèse principale de l'aménagement 1995 - voir tableaux 6.23 et 6.24 -. Le gain dans la desserte pour l'alternative courante est apporté par l'adjonction du barrage de Bras David.

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturation du D.500 Bras David
janvier	1.86	0.01	3%	2.56	75%
février	1.80	0.08	11%	1.89	81%
mars	1.80	0.35	28%	1.39	78%
avril	1.90	0.47	39%	1.87	75%
mai	2.06	0.39	28%	3.23	70%
juin	1.89	0.20	24%	3.49	71%
juillet	1.94	0.19	20%	3.79	68%
août	1.93	0.05	6%	4.23	63%
septembre	1.61	0.01	1%	4.55	44%
octobre	1.12	0.00	0%	4.86	18%
novembre	0.99	0.00	1%	5.72	12%
décembre	1.61	0.01	1%	3.97	47%
moyenne	1.71	0.15	13%	3.47	58%
écart-type an	0.17	0.18	16%	1.07	16%

Tableau 6-36. Aménagement 1996 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - besoins 1995 - efficacité d'irrigation 100 %

### Efficienc e d'irrigation de 80 %

Le fonctionnement du système est simulé en considérant une efficacité d'irrigation de 80 % . Les résultats présentés soulignent le très haut risque de défaillance dans la desserte pour l'irrigation.

En 40 ans de gestion simulée on compte ainsi :

- 1 an sans pénurie ;
- aucune année à faible pénurie inférieure à 5 % ;
- 16 ans à pénurie moyenne ;
- 23 ans à forte pénurie supérieure à 25 % dont l'année 1955 avec 51.2 %.

Le déficit maximal est survenu pour la deuxième décade de mai 1955 avec un taux de pénurie de 95.4 % sur l'ensemble des besoins.

La durée maximale de défaillance est de 29 décades entre mi-décembre 1954 et fin septembre 1955 avec un taux de pénurie de 45.0 %.

	Eau potable	Maraîchage	Fourrage	Canne
année(s) sans pénurie	1	4	1	1
à faible pénurie	21	7	0	0
à pénurie moyenne	18	21	11	2
à forte pénurie	0	8	28	37
Besoin le plus déficitaire	Semanor	Port-Louis	Gachet	P1n - sole 1
% total de pénurie	4.5	23.6	47.7	74.3
% de décades en défaillance	5.9	21.9	31.1	36.7
déficit maximum - % pénurie	100	100.0	100.0	100.0
décade du mois de	février 55	janvier 55	avril 51	août 51
durée max. de déficit - décade(s)	9	20	20	23
% de pénurie	98.6	80.2	100.0	92.0
année	1955	1955	1955	1975

Tableau 6-37. Aménagement 1996 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 %

	prélèvements moyens en m <sup>3</sup> /s	déficits moyens en m <sup>3</sup> /s	défaillances d'apport	débit moyen aval de Prise d'Eau - m <sup>3</sup> /s	saturation du D.500 Bras David
janvier	2.13	0.23	18%	2.31	98%
février	1.96	1.26	66%	1.75	98%
mars	1.86	1.84	90%	1.33	97%
avril	2.06	1.60	85%	1.75	93%
mai	2.30	1.37	68%	3.02	97%
juin	2.15	0.95	64%	3.26	93%
juillet	2.24	0.85	64%	3.55	93%
août	2.33	0.59	57%	3.90	92%
septembre	2.18	0.24	31%	4.11	86%
octobre	1.90	0.00	0%	4.26	70%
novembre	1.54	0.00	3%	5.25	51%
décembre	1.97	0.17	8%	3.65	74%
moyenne	2.05	0.76	46%	3.18	87%
écart-type an	0.17	0.34	19%	1.02	11%

Tableau 6-38. Aménagement 1996 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 %



## 7. Conclusions

L'application d'HyDRAM au programme d'irrigation de la Grande-Terre met bien en évidence les points clés de l'outil, dont les concepts de base et les techniques d'utilisation sont détaillés dans la première partie de ce rapport :

- pouvoir envisager facilement différentes alternatives dans un scénario de développement grâce à la construction interactive des systèmes d'eau ;
- fournir des analyses synthétiques des résultats de la simulation du fonctionnement hydrologique des aménagements.

L'étude du scénario 1993-1996 conduit à deux grandes conclusions qu'illustre la figure 7.1 :

- il conviendrait soit de différer d'un an la desserte de nouveaux besoins soit d'accélérer d'autant les travaux de mobilisation des ressources ;
- il est urgent de planifier la sollicitation des ressources de la Côte au Vent, les besoins prévus pour 1996 ne pouvant être desservis de manière satisfaisante par la seule Grande Rivière à Goyaves.

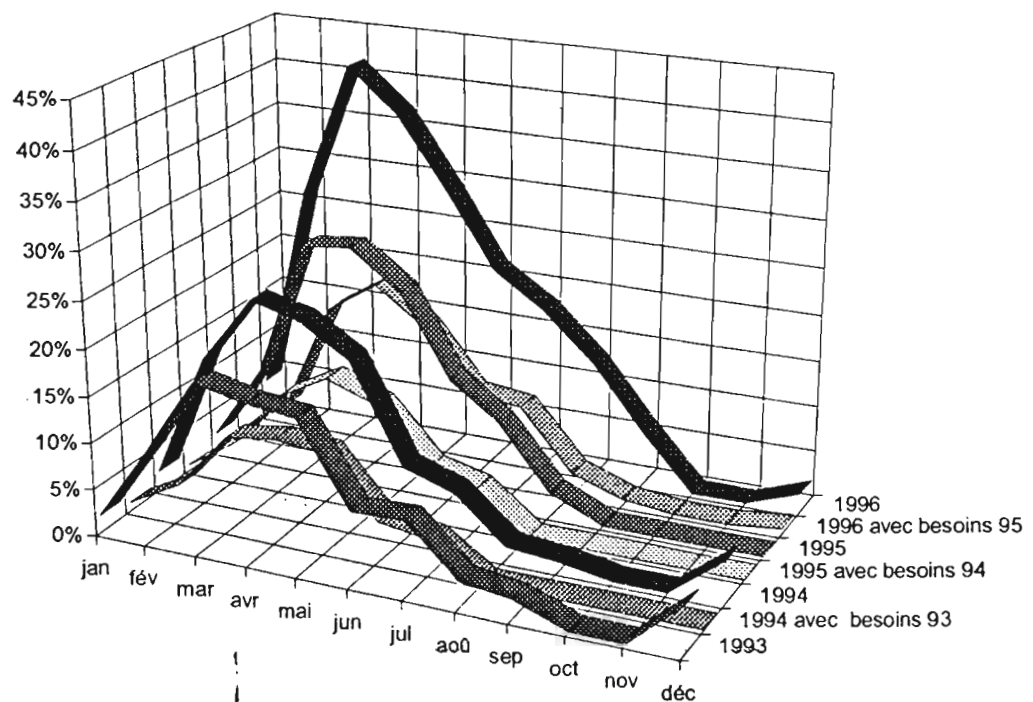


Figure 7-1. Evolution des taux moyens mensuels de pénurie sur le scénario 1993-1996

Ces conclusions résultent bien sûr des diverses hypothèses prises.

Ainsi il paraît important d'affiner la connaissance des besoins d'irrigation, ou du moins de créer un consensus sur les chiffres à utiliser. Un travail multidisciplinaire et pluri-organismes pourrait être initié en ce sens ; l'outil jouant un rôle fédérateur en intégrant les démarches de spécialistes complémentaires.

La conception du modèle, dont la flexibilité tient notamment au choix très novateur du mode de développement - programmation par objets -, permet d'envisager de multiples extensions. Certaines ont déjà vu le jour comme l'intégration, sur un financement de l'ADEME, de la production hydro-électrique. Mais d'autres sont à envisager :

- mise à disposition d'outils d'optimisation ;
- intégration de contraintes autres que la satisfaction quantitative des besoins en eau : qualité de l'eau, etc ;
- application en temps réel, pour déterminer la gestion "optimale" au jour le jour.

Par ses possibilités d'identification, d'exploration, d'analyse et de synthèse des systèmes, l'outil développé peut apporter une aide effective dans la gestion rationnelle des ressources en eau. Mais la coopération entre les différents intervenants est indispensable pour y parvenir.

---

## Références bibliographiques

---

---

### Analyse des systèmes d'eau

---

- FEDRA 1985.  
FEDRA, K., LOUCKS, D.P., 'Interactive Computer Technology for Planning and Policy Modeling', Wat.Resour.Res., feb. 85, Vol. 21, NO. 2, p 114-122
- HUFSCHMIDT 1991.  
HUFSCHMIDT, M.M., KINDLER, J., 'Approaches to Integrated Water Resources Management in Humid Tropical and Arid and Semiarid Zones in Developing Countries', UNESCO, Paris 1991, IHP-III Projects 10.1 (a) and 10.2 (a), SC/91/WS/53, pp. 161
- LOUCKS 1979.  
LOUCKS, D.P., SIGVALDASON, O.T., 'Multiple-reservoir Operation in North-America', Proceed. of an IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) Workshop, Poland, 28 may-1 june 1979, Z.Kaczmarek and J.Kindler Editors, Laxenburg, Austria, 1982, p 1-103
- LOUCKS 1985.  
LOUCKS, D.P., KINDLER, J., FEDRA, K., 'Interactive Water Resources Modeling and Model Use : An Overview', Wat.Resour.Res., feb. 85, Vol. 21, NO. 2, p 95-102
- MONIOD 1974.  
MONIOD, F., et al., 'Irrigation du Sud-Est de la Martinique - Simulation de la Gestion des Retenues de Stockage', ORSTOM, Paris, nov. 1974, 89 p.
- MOREL-SEYTOUX 1985.  
MOREL-SEYTOUX, H.J., RESTREPO, J.I., 'SAMSON : A very brief Description and SAMSON Computer System', HYDROWAR Program, Colorado State University, Fort Collins, May 85, p 59
- MOLLE 1985.  
MOLLE, F., 'Potentialités des Açudes du Nordeste Brésilien pour un usage en irrigation', Rapport stage, Recife, déc. 1985, 142 p.
- ROCHE 1973.  
ROCHE, M., 'Hydrologie et aménagement des eaux (Méthodes structurales)", Cah. ORSTOM, sér. hydrol., Vol. X, NO. 1, 1973, p 3-104
- SIGVALDASON 1976.  
SIGVALDASON, O.T., 'A Simulation Model for Operating a Multipurpose Multireservoir System', Wat.Resour.Res., apr. 1976, Vol. 12, NO. 2, p 263-278
- VALIRON 1988.  
VALIRON, F., 'Gestion des Eaux, automatisation. informatisation. télégestion', Cours de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Presses ENPC, jul. 1988, 551 p.
- VOTRUBA 1989.  
VOTRUBA, L., KOS, Z., NACHAZEL, K., PTERA, A., ZEMAN, V., 'Analysis of Water Resource Systems', Elsevier, Developments in Water Science, NO.32, 1989, 454 p.

---

## Données Guadeloupe

BASTERGUE 1986.

BASTERGUE, P., MOUNIER, E., 'Mesure et estimation de l'évapotranspiration potentielle à la Guadeloupe Application à l'étude fréquentielle des besoins en eau de quelques cultures', Mémoire de fin d'études, Institut Supérieur d'Agriculture Rhône-Alpes, INRA Antilles- Guyane, 90 p, Annexes 256 p, novembre 1986

BONHOMME 1986.

BONHOMME, R., VALANCOGNE, C., 'Besoins en eau des cultures aux Antilles, données générales et synthèse de quelques études', Bulletin Agronomique Antilles-Guyane, numéro spécial, NO.4, p 1-16, fév. 1986

BLEUZE 1992.

BLEUZE, N., PINOT, F., BARDIN, I., 'Homogénéisation des données pluviométriques de la Guadeloupe de 1979 à 1990 par la méthode du vecteur régional', Service Météorologique Interrégional Antilles-Guyane, ORSTOM Pointe à Pitre, juin 92,

CHAPERON 1985.

CHAPERON, P., L'HOTE, Y., VUILLAUME, G., 'Les Ressources en Eau de Surface de la Guadeloupe', Coll. Monographies hydrologiques NO.7, Editions de l'ORSTOM, Tome 1, Texte, 449 p, Tome 2, Annexes, 834 p, 1985

COMBRES 1989.

COMBRES, J.C., 'Besoins en eau et pilotage de l'irrigation de la canne à sucre en Grande-Terre', Rap. d'exécution Convention Régionale IRFA/CIRAD, feb. 89, 75 p.

COMBRES 1990.

COMBRES, J.C., KAMIENIARZ, C., 'Un logiciel multiparcelles et multiutilisateurs d'avertissement irrigation et de gestion des périmètres irrigués', Rap. Interne IRFA/CIRAD, feb. 90, 13 p.

DDAF 1986.

Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt, 'Schéma d'utilisation des eaux pour l'alimentation en eau potable et l'irrigation de la Guadeloupe', Rapport pour Département de la Guadeloupe, 1986, 84 p., tableaux et annexes 53 p.

MANDAR 1991.

MANDAR, C., 'Evapotranspiration potentielle et bilans hydriques sous CLICOM', Statistiques / Climatologie N°3, Service Météorologique Interrégional Antilles-Guyane, juillet 91, 25 p.

MORELL 1988.

MORELL, M., POUGET, J.C., ARJOUNIN, M., 'Etude du bilan hydrologique de la retenue de Letaye-Amont', Campagne 1987 et récapitulatif, ORSTOM, Pointe à Pitre, déc.88, 41 p., annexes

MORELL 1991.

MORELL, M., BARDIN, I., ARJOUNIN, M., 'Etude du bilan hydrologique de la retenue de Letaye-Amont', année 1990, ORSTOM, Pointe à Pitre, mars 91



---

---

## Table des matières

Avant-propos .....	1
1. L'abc de l'outil.....	3
Conception .....	4
Simulation .....	7
Analyse .....	9
2. Les composants .....	11
Bief naturel.....	12
Canal .....	12
Captage d'eau .....	13
Conduite.....	14
Confluence .....	15
Demande chronique .....	16
Demande en eau potable .....	17
Demande en débit .....	19
Demande limitée par réservoir .....	20
Jonction avec 2 liens amont .....	22
Jonction avec 2 liens aval .....	22
Jonction dispatching.....	23
Jonction simple .....	23
Lien simple.....	24
Minicentrale hydroélectrique.....	25
Périmètre d'irrigation .....	26
Prise en rivière .....	28
Réservoir avec apport artificiel .....	30
Réservoir sans apport artificiel .....	32
Station de traitement .....	35
Station de traitement terminale.....	36
Surpresseur.....	37
Usine de dessalement .....	38

3. L'outil pas à pas.....	41
La mise en route .....	41
Les fenêtres de l'application .....	42
Notions de base sur l'interface.....	43
Ajout ou modification de composants .....	45
La sélection.....	48
Vérifications de validité .....	52
La simulation.....	53
Résultats de la simulation.....	56
Sauver - ouvrir un hydro-aménagement .....	61
4. L'outil par le menu .....	63
Le menu Fichier .....	63
Le menu Edition .....	65
Le menu Modification .....	67
Le menu Simulation .....	69
Le menu Outils.....	71
Le menu Visualisation .....	73
5. Les périmètres d'irrigation .....	75
Bilan hydrique .....	75
Les données météorologiques .....	77
Les données pour le plan cultural .....	81
6. Irrigation de la Grande-Terre - scénario 1993-1996 .....	87
L'aménagement 1993 .....	87
L'aménagement 1994 .....	99
L'aménagement 1995.....	106
L'aménagement 1996.....	113
7. Conclusions.....	121
Références bibliographiques.....	123
Analyse des systèmes d'eau.....	123
Données Guadeloupe.....	124

## Liste des tableaux

5-1. Caractéristiques des postes pluviométriques retenus .....	78
5-2. Moyennes mensuelles interannuelles des ETP mesurées à Saint-François et Duclos en mm/j .....	80
5-3. Corrélations entre ETP décennales de postes de la Grande-Terre .....	80
5-4. Caractéristiques des périmètres irrigués pour 1993 .....	82
5-5. Données culturales tomate et maïs - BASTERGUE 1986 .....	82
5-6. Maraîchage - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels - simulations de 1951-1990 sur zone P3a .....	83
5-7. Canne à sucre - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels - simulations de 1951-1990 sur zone P3a .....	84
5-8. Maraîchage - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels - simulations de 1951-1990 sur zone P3a .....	84
5-9. Plan cultural 1993 - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels en mm - simulations de 1951-1990 .....	85
5-10. Plan cultural 1993 - moyennes et écart-types des besoins objectifs annuels en millions de m <sup>3</sup> - simulations de 1951-1990 .....	85
6-1. Ecoulements en m <sup>3</sup> /s - moyennes mensuelles interannuelles 1951-1990 .....	90
6-2. Retenue de Letaye - Stockage et surface en fonction de la cote .....	91
6-3. Moyennes mensuelles interannuelles des évaporations au bac de Letaye .....	91
6-4. Aménagement 1993 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 % .....	93
6-5. Aménagement 1993 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 % .....	94
6-6. Aménagement 1993 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 % - sans limite de transit .....	95
6-7. Aménagement 1993 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 % - sans limite de transit .....	96
6-8. Aménagement 1993 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - niveau objectif de Letaye à 26 m - efficacité d'irrigation 100 % .....	97
6-9. Aménagement 1993 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 % .....	98
6-10. Aménagement 1993 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 80 % .....	98
6-11. Caractéristiques des périmètres irrigués pour 1994 .....	100
6-12. Productions attendues pour l'eau potable - 1994 .....	100
6-13. Aménagement 1994 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 % .....	101
6-14. Aménagement 1994 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficacité d'irrigation 100 % .....	102
6-15. Aménagement 1994 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - besoins 1993 - efficacité d'irrigation 100 % .....	103
6-16. Aménagement 1994 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - besoins 1993 - efficacité d'irrigation 100 % .....	104

6-18.Aménagement 1994 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 80 % .....	105
6-19.Productions attendues pour l'eau potable - 1995 .....	106
6-20.Caractéristiques des périmètres irrigués pour 1995 .....	107
6-21.Retenue de Gachet - Stockage et surface en fonction de la cote .....	108
6-22.Moyennes mensuelles interannuelles des évaporations au bac des Mangles - Nord Grande-Terre .....	108
6-23.Aménagement 1995 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 100 % .....	109
6-24.Aménagement 1995 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 100 % .....	110
6-25.Aménagement 1995 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - besoins 1994 - efficience d'irrigation 100 % .....	111
6-26.Aménagement 1995 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - besoins 1994 - efficience d'irrigation 100 % .....	111
6-27.Aménagement 1995 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 80 % .....	112
6-28.Aménagement 1995 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 80 % .....	112
6-29.Productions attendues pour l'eau potable - 1996 .....	113
6-30.Caractéristiques des périmètres irrigués pour 1996 .....	114
6-31.Retenue de Bras David - Stockage et surface en fonction de la cote .....	114
6-32.Aménagement 1996 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 100 % .....	115
6-33.Aménagement 1996 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 100 % .....	116
6-34.Aménagement 1996 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - sans limite de transit sur le mixte - efficience d'irrigation 100 % .....	117
6-35.Aménagement 1996 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - besoins 1995 - efficience d'irrigation 100 % .....	118
6-36.Aménagement 1996 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - besoins 1995 - efficience d'irrigation 100 % .....	118
6-37.Aménagement 1996 - pénuries par type de besoin - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 80 % .....	119
6-38.Aménagement 1996 - résultats mensuels moyens - simulation 1951-1990 - efficience d'irrigation 80 % .....	119

## Liste des figures

1-1.L'abc de l'outil.....	3
1-2.Définition de la satisfaction attendue.....	5
1-3 Conceptualisation d'un réservoir.....	6
3-1.Les fenêtres de l'application.....	42
3-2.Ajout d'un composant.....	45
3-3.Modification d'un composant.....	46
3-4.Sélection des noeuds d'un lien par listes.....	48
3-5.Affine la sélection.....	49
3-6.Modification sélection.....	51
3-7.Simulation hydro-aménagement.....	54
3-8.Résultats du système.....	57
3-9.Résultats stockables.....	58
4-1.Menu Fichier.....	63
4-2 Menu Edition.....	65
4-3 Menu Modification.....	67
4-4 Menu Simulation.....	69
4-5 Menu Outils.....	71
4-6 Menu Visualisation.....	73
5-1.Localisation des postes pluviométriques retenus.....	79
5-2.Localisation des périmètres irrigués pour 1993.....	81
6-1.L'aménagement 1993.....	87
6-2.Les prises sur la Grande Rivière à Goyaves.....	89
6-3.Aménagement 1993 - taux annuels de pénurie - simulation 1951-1990 - avec et sans limite de transit - efficacité d'irrigation 100 %.....	95
6-4.L'aménagement 1994.....	99
6-5.Aménagement 1994 - taux annuels de pénurie - simulation 1951-1990 - avec besoins 1994 et avec besoins 1993 - efficacité d'irrigation 100 %.....	103
6-6.L'aménagement 1995.....	106
6-7.Aménagement 1993 - taux annuels de pénurie - simulation 1951-1990 - avec besoins 1995 et avec besoins 1994 - efficacité d'irrigation 100 %.....	110
6-8.L'aménagement 1996.....	113
6-9.Aménagement 1996 - taux annuels de pénurie - simulation 1951-1990 - avec besoins 1996 et avec besoins 1995 - efficacité d'irrigation 100 %.....	117
7-1.Evolution des taux moyens mensuels de pénurie sur le scénario 1993-1996.....	121

---

## Annexes 1. Les fichiers dans Hydrum

Nous distinguons des familles de fichiers, caractérisées par leur structure et par leur nom conventionnel.

**Remarque** La convention pour nommer les fichiers est notamment établie pour avoir une compatibilité avec DOS. Autrement dit, le fichier peut comporter de un à huit caractères et être suivi - ce n'est pas obligatoire -, d'un point avec une extension n'excédant pas trois caractères. Tous les caractères peuvent être utilisés, à l'exception des espaces et des caractères suivants : \* ? , ; [ ] + - = \ / : | < >. Le point est employé exclusivement pour séparer le nom du fichier de l'extension.

L'emploi des extensions de noms de fichier permet de distinguer les divers types de fichiers.

---

### Fichiers d'entrée

#### Données hydro-météorologiques

Les données hydro-météorologiques - écoulement, pluie, évaporation - sont lues à partir de fichiers de type spatio-temporel.

Ces fichiers comprennent en effet :

- les coordonnées d'un ensemble de postes ou stations,
- la chronique des enregistrements des valeurs relatives à ces stations pour un pas de temps particulier.

#### noms conventionnels

Les fichiers spatio-temporels sont caractérisés par la nature des données traitées et par le type de pas de temps.

Les deux premiers caractères de l'extension portent sur la nature des données traitées :

- **db** pour l'écoulement ;
- **pl** pour la pluie ;
- **ev** pour l'évaporation.

Le dernier caractère de l'extension porte sur le type de pas de temps :

- **m** pour le pas de temps mensuel ;
- **d** pour le pas de temps décadaire ;
- **5** pour le pas de temps pentadaire ;
- **j** pour le pas de temps journalier.

**exemples**

carbet.dbm            fichier d'écoulement au pas de temps mensuel  
igt\_5190.plj        fichier de pluie au pas de temps journalier

**structure des fichiers**

Ils sont au format ASCII.

La structure d'un fichier avec n stations et t évènements est la suivante :

- ligne 1 :  
<description>
- ligne 2 :  
<n> <t> <l> <valeur min. admissible> <valeur max. admissible>  
où l : nombre de lignes par évènement
- ligne 3 :  
<D 0 DEG-DEC><unité> <année début> <mois début> <année fin> <mois fin>  
<D 0 DEG-DEC> : codage qui précise que les longitudes et latitudes des stations sont exprimées en degrés décimaux.
- ligne 4 à ligne (n+4) : pour chacune des n stations  
<longitude> <latitude> <altitude> <nom> <numéro><nom en 8 car.>
- ligne (n+5) à (n+5)+(t.l) : pour chacun des t évènements  
<valeur date> <valeur 1> <valeur 2>...<valeur n>

Un évènement correspond à un pas de temps qui est repéré par sa date début. Cette date est enregistrée sous forme d'un réel qui correspond au nombre de jours écoulés depuis le 1er janvier 1900. Ce codage est employé par les tableurs. Les fichiers peuvent être ainsi constitués, ou exploités, facilement avec ces logiciels du commerce.

**exemple**

```

Debits reconstitués nord B-T - G-T - version septembre 92
      6          492          1          0.0      200000.0
D 0 DEG-DEC    L/S          1951 1    1991 12
-61.6572  16.2028    110.0 Prise Duclos 110 Bras-David    2 DUCLOS
-61.6556  16.1939    125.0 Pont de Traversee G. Goyave    4 TRAVERSE
-61.6522  16.2056    90.0 Prise d'Eau - Grande Goyave    3 PRISDEAU
-61.6731  16.1931    130.0 Cote 130 Bras-David St Jean    1 DAVID130
-61.3167  16.3067    28.0 Retenue de Letaye-Amont    5 LETAYE
-61.4861  16.4139    13.0 Retenue de Gachet    6 GACHET
18629      5284      2189      7548      5072      14      32
18660      4080      1690      5828      3916      47      92
18688      2394      992      3420      2298      11      56
18719      4018      1665      5741      3858      13      17
...

```

**Contours géographiques**

Ces fichiers contiennent les coordonnées - longitude, latitude - d'une série de points. Ils sont utilisés dans Hydram pour la représentation de contours particuliers dans les fenêtres graphiques affichant les hydro-aménagements.

**nom conventionnel**

L'extension adoptée est .con.

**exemple**

guadelou.con        fichier contour de la Guadeloupe

## structure des fichiers

Ils sont au format ASCII.

La structure d'un fichier de n points est la suivante :

- ligne 1 à ligne n :  
    <longitude> <latitude>

Il y a un seul couple par ligne.

Les valeurs sont exprimées en degrés décimaux.

### exemple

```
-61.54055 16.29777  
-61.53527 16.30777  
-61.52888 16.31861  
-61.52805 16.32861  
-61.52888 16.33055  
-61.52333 16.34138  
-61.52055 16.34861  
-61.50722 16.34666  
-61.5025 16.35388  
-61.4925 16.365  
-61.49888 16.3675  
-61.49444 16.36944  
...
```

---

## Fichiers de sauvegarde

Ces fichiers peuvent être créés, puis gérés, par :

- l'utilisateur : fichiers de sauvegarde d'hydro-aménagement ou de résultats de simulation d'un système d'eau ;
- un traitement interne au logiciel : fichiers de référence hydro-météorologiques...

Ces fichiers possèdent une structure et un format particuliers, propres au langage de programmation employé.

## Fichiers hydro-aménagement

Un fichier de ce type sauvegarde un hydro-aménagement, identifié par un nom de 8 caractères au maximum.

### nom conventionnel

L'extension adoptée est .hyd.

### exemple

```
igt96_1.hyd
```

## Fichier région graphique - hydro-aménagement

Ce fichier sauvegarde, de manière interne, l'ensemble des figures présentes dans la fenêtre graphique propre à l'affichage d'un hydro-aménagement.

Cette sauvegarde est effectuée sous le nom de la région associée au système. Ceci permet, lors du chargement d'un autre hydro-aménagement associé à la même région, d'utiliser le même enrichissement graphique sans avoir à relire les fichiers contours géographiques éventuellement chargés.



**nom conventionnel**

L'extension adoptée est `.why`.

**exemple**

`guadelou.why`

**Fichiers simulation hydro-aménagement**

Un fichier de ce type sauvegarde l'ensemble des caractéristiques propres à la simulation d'un système d'eau. Il est caractérisé par un numéro d'ordre - compris entre 1 et 99 - que l'utilisateur spécifie.

**nom conventionnel**

La construction du nom est la suivante :

`<nom de l'hydro-aménagement>.s<numéro simulation>`.

**exemple**

`igt96_1.s3`

**Fichiers chroniques de résultats**

Un fichier de ce type sauvegarde les chroniques de résultats de simulation pour des pas de temps inférieurs à l'année - voir *Résultats de simulation Les listes Les chroniques optionnelles* dans le chapitre *L'outil pas à pas* -. Ces fichiers sont créés après la simulation.

**nom conventionnel**

La construction du nom est la suivante :

`<nom de l'hydro-aménagement>.<type du composant>.  
<nom du composant>.<pas de temps> <numéro de simulation>`.

**exemple**

`igt96_1.R_INTAKE.vernou.ml` fichier de résultats mensuels de la prise en rivière de Vernou pour la simulation 1 de l'hydro-aménagement igt96\_1

**Fichiers hydro-météorologiques de référence**

Un fichier de ce type sauvegarde la liste des stations, et de leurs moyennes mensuelles interannuelles, propre à une région.

**nom conventionnel**

La construction du nom est la suivante :

`<nom de région>.<nature données>`.

La nature des données est repérée par les caractères suivants :

- **db** pour l'écoulement,
- **pl** pour la pluie,
- **ev** pour l'évaporation.

**exemple**

guadelou.ev      fichier de référence pour la région Guadeloupe, contenant des moyennes mensuelles interannuelles d'évaporation pour différents postes

## Les fichiers d'exportation

Ces fichiers sont produits à la demande de l'utilisateur. Ils permettent une exportation de certaines données traitées par le logiciel : résultats de simulation, barèmes de fonctions...

### nom conventionnel

Par défaut, le fichier porte le nom de l'hydro-aménagement étudié, suivi de l'extension **.txt**. Cette extension est recommandée pour repérer les fichiers de ce type.

**exemple**

c\_icv\_97.txt      fichier de résultats pour l'hydro-aménagement c\_icv\_97

### structure des fichiers

Ces fichiers sont au format ASCII. Ils sont exploitables facilement avec les tableurs du commerce.

La structure de ces fichiers est illustrée par l'exemple suivant.

**exemple**

Resultats de carb\_av de type mini centrale hydro-electrique de la simulation num. 4 de c\_icv\_97

temps	energie defaillances	
	GWh	MWh
janvier	17.50	21
fevrier	11.20	103
mars	11.65	128
avril	12.18	129
mai	15.73	84
juin	13.85	103
juillet	18.92	31
aout	19.06	24
septembre	18.75	23
octobre	21.03	18
novembre	23.17	7
decembre	20.42	16

Resultats de select de type systeme d'eau de la simulation num. 4 de c\_icv\_97

temps	apports	deficits	defaillances	volumes preleves
1979	5.81	1.19	31	0.00
1980	6.59	0.98	31	0.00
1981	5.56	0.12	5	0.00
1982	7.21	0.03	1	0.00
1983	9.26	1.12	32	0.00
1984	7.56	0.00	0	0.00
1985	7.49	1.35	29	0.00
1986	8.27	0.02	1	0.00
1987	7.91	1.18	23	0.00
1988	4.46	0.17	9	0.00
1989	5.65	1.19	23	0.00
1990	5.93	0.00	0	0.00



**Annexes 2. Les données d'écoulement**

**Grande Rivière à Goyaves**

La critique et la reconstitution des débits journaliers naturels de 8H à 8H de 1951 à 1991 ont porté sur les rivières de Bras David et de la Grande Rivière à Goyaves aux stations suivantes :

Station	cote	code Hydrom	Superficie BV Km <sup>2</sup>	Abréviation
PRISE D'EAU	90	2623100115	54.3	PD
TRAVERSEE	125	2623100125	14.4	T
DUCLOS	105	2623101501	37.5	D
BRAS DAVID	130	2623101505	33.2	BD

Tableau 2-1. Stations sur la Grande Rivière à Goyaves

**Les prélèvements**

Pour satisfaire les besoins en eau de l'agriculture et des agglomérations, de nombreux prélèvements sont effectués sur la Grande Rivière à Goyaves et ses affluents. La reconstitution des débits naturels passe par la connaissance la plus précise possible de ces prélèvements. Dans le schéma ci-dessous figurent les stations hydrométriques et les prises d'eau qui nous intéressent.

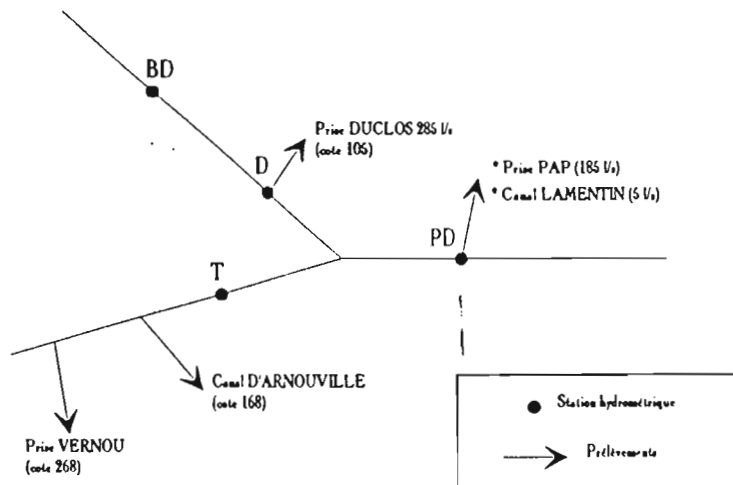


Figure 2-1. Prélèvements sur la Grande rivière à Goyaves

## Les ouvrages de prise d'eau

### Prise du Vernou

La prise, située à la cote 268 m NGG sur la Grande Rivière à Goyaves, a été mise en service vers 1965. Les débits prélevés étaient nuls avant 1964, puis d'une cinquantaine de litres/s au départ, ont augmenté assez régulièrement d'une dizaine de l/s par an pour atteindre le régime moyen de 140 l/s en 1972. Les débits mensuels prélevés de 1972 à 1980 ont été estimés et résumés dans le tableau figurant dans la Monographie de 1978 p 244.

### Canal d'Arnouville

La prise, située à la cote 168 m NGG sur la Grande Rivière à Goyaves, était utilisée pour des besoins agricoles. Les mesures effectuées sur le canal ont permis d'établir un régime moyen mensuel applicable de 1951 à 1973 et journalier du 24.03.73 au 31.12.75. Ces prélèvements journaliers ont été extraits de la banque hydrologique de la Guadeloupe. Pour les valeurs de 1976 à 1980 nous avons retenu les valeurs de 1975. On considère que les prélèvements se sont arrêtés à la fin de l'année 1980.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120

Tableau 2-2. Prélèvements moyens du canal d'Arnouville de 1951 à 1973 en l/s

### DUCLOS

La prise est située à la cote 105 m NGG sur le Bras David. Les prélèvements qui nous intéressent sont ceux effectués de 1979 à 1980 à la cote 105 sur le Bras David, pour la reconstitution des débits naturels de la station PRISE D'EAU qui se situe en aval à la cote 90. Ces prélèvements sont estimés à 285 l/s.

### BRAS DAVID

Les prélèvements sur le Bras David à la cote 130 m NGG ont débuté en 1982. Au cours des trois premiers mois de cette année, seulement deux prélèvements estimés à 13.9 et de 24.8 milliers m<sup>3</sup> ont eu lieu respectivement le 11 et 15 mars. A partir du mois de mai 82, la chronique des prélèvements journaliers pour alimenter la retenue de Letaye-Amont n'étant pas connue avec suffisamment de précision, nous avons opté pour une reconstitution des débits journaliers des stations de DUCLOS, TRAVERSEE et PRISE D'EAU à partir des débits journaliers naturels mesurés à la station de BRAS DAVID.

## Bilan des différents prélèvements

### En amont de la station TRAVERSEE

Les débits prélevés mensuellement et annuellement sont présentés dans le tableau ci-dessous et correspondent à la sommation des prélèvements de la prise du Vernou et du canal d'Arnouville.

Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyen
1951	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1952	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1953	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1954	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1955	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1956	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1957	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1958	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1959	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1960	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1961	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1962	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1963	180	210	220	230	220	180	120	100	100	100	50	120	150
1964	230	260	270	280	270	230	170	150	150	150	100	170	170
1965	240	270	280	290	280	240	180	160	160	160	110	180	210
1966	250	280	290	300	290	250	190	170	170	170	120	190	220
1967	260	290	300	310	300	260	200	180	180	180	130	130	200
1968	270	300	310	320	310	270	210	190	190	190	140	210	240
1969	280	310	320	330	320	280	220	200	200	200	150	220	250
1970	290	320	330	340	330	290	230	210	210	210	160	230	260
1971	300	330	340	350	340	300	240	220	220	220	170	240	270
1972	310	340	350	360	350	370	250	230	230	230	180	250	280
1973	280	280	220	410	400	370	230	260	320	280	200	320	300
1974	490	340	350	320	300	290	250	210	240	180	180	200	280
1975	250	220	250	270	310	270	280	250	190	160	140	140	230
1976	250	220	250	270	310	270	280	250	190	160	140	140	230
1977	250	220	250	270	310	270	280	250	190	160	140	140	230
1978	250	220	250	270	310	270	280	250	190	160	140	140	230
1979	250	220	250	270	310	270	280	250	190	160	140	140	230
1980	250	220	250	270	310	270	280	250	190	160	140	140	230

Tableau 2-3. Prélèvements en amont de la station TRAVERSEE de 1951 à 1980 en l/s

A défaut d'avoir des valeurs de prélèvements journaliers, les valeurs de prélèvements mensuels du tableau 2.3 ont été affectées au pas de temps journalier de 1951 à 1980.

### En amont de la station PRISE D'EAU

Les débits prélevés mensuellement correspondent à la somme des débits prélevés en amont de la station TRAVERSEE - tableau 2.3 - et des débits prélevés sur le Bras David à DUCLOS estimés à 285 l/s de 1979 à 1980.

## Corrélations interstations

Des corrélations très significatives peuvent être établies entre les débits des différentes stations de la Grande Rivière à Goyaves.

Nous donnons les corrélations qui ont été établies pour la reconstitution de débits journaliers. Ces relations ont permis, d'une part de combler les lacunes d'observations, d'autre part l'extension des résultats aux périodes non observées.

### BRAS DAVID - DUCLOS

La relation a été établie à partir des débits moyens journaliers naturels des stations de BRAS DAVID et de DUCLOS, du 01.04.82 au 02.09.87.

$$QBD = 0.96 * QD \quad r^2 = 0.975 \quad n = 1886$$

### TRAVERSEE - PRISE D'EAU

La relation a été établie à partir des débits moyens journaliers naturels des stations de TRAVERSEE et de PRISE D'EAU, du 23.03.73 au 31.12.78.

$$QT = 0.29 * QPD \quad r^2 = 0.949 \quad n = 2064$$

### DUCLOS - PRISE D'EAU

La relation a été établie à partir des débits moyens journaliers naturels des stations de DUCLOS et de PRISE D'EAU, du 23.03.73 au 31.12.78.

$$QD = 0.70 * QPD \quad r^2 = 0.967 \quad n = 2064$$

## Comblement des lacunes

### PRISE D'EAU

La station PRISE D'EAU est la station principale sur la Grande Rivière à Goyaves. Les observations limnimétriques ont été effectués du 01.01.51 à novembre 1962, puis de début 1964 à 1970. Les observations limnigraphiques ont eu lieu de 1970 à mai 1989.

Lacunes	Type de reconstitution
du 09.11.1962 au 26.09.63	à partir des observations limnimétriques du Bras David à DUCLOS
du 27.10.63 au 31.10.63	interpolation
du 01.11.63 au 31.08.64	d'après débits mensuels reconstitués avec le modèle Canadien
du 25.06.71 au 02.07.71	interpolation
du 29.7.71 au 03.08.71	interpolation
du 07.08.71 au 10.08.71	interpolation
du 01.01.81 au 31.03.82	avec relation $QPD = 1.429 * QD$
du 01.4.82 au 31.12.91	avec relation $QPD = 1.488 * QBD$

Tableau 2-4. Reconstitution des débits à la station PRISE D'EAU

## TRAVERSEE

Les observations limnigraphiques ont été effectuées du 23 mars 1973 au 15 novembre 1986.

Lacunes	Type de reconstitution
du 01.01.51 au 22.3.73	avec relation $QT = 0.29 * QPD$
du 8.5.73 au 10.5.73	avec relation $QT = 0.29 * QPD$
du 3.12.74 au 12.12.74	avec relation $QT = 0.29 * QPD$
du 5.3.76 au 25.3.76	avec relation $QT = 0.29 * QPD$
du 17.9.76 au 27.9.76	avec relation $QT = 0.29 * QPD$
du 1.1.79 au 31.12.80	avec relation $QT = 0.29 * QPD$
du 1.1.81 au 31.3.82	avec relation $QT = 0.414 * QD$
du 1.4.82 au 31.12.91	avec relation $QT = 0.43 * QBD$

Tableau 2-5.Reconstitution des débits à la station TRAVERSEE

## DUCLOS

Les observations limnigraphiques ont été effectuées du 22 mars 73 au 02 septembre 87.

Lacunes	Type de reconstitution
du 01.01.51 au 21.03.73	avec la relation $QD = 0.7 * QPD$
le 23.5.74	correction par interpolation car $QD > QPD$
le 14.9.74	correction par interpolation car $QD > QPD$
le 8.5.76	correction par interpolation car $QD > QPD$
du 29.8.79 au 6.9.79	$QD = 0.7 * QPD$
le 11.10.79	Interpolation
le 11 et 15.3.82	ajout des prélèvements à BD 130
du 1.4.82 au 31.12.91	avec la relation $QD = 1.04 * QBD$  (car les prélèvements sont inconnus au niveau de Bras David cote 130)

Tableau 2-6.Reconstitution des débits à la station DUCLOS



## BRAS DAVID

Les observations limnigraphiques ont débuté sur le Bras David à la cote 130 le 1er avril 1982. Cette station a fonctionné jusqu'à nos jours sans interruption, hormis quelques lacunes.

Lacunes	Type de reconstitution
du 1.1.51 au 31.12.80	avec la relation $QBD = 0.67 * QPD$
du 1.1.81 au 31.3.82	avec la relation $QBD = 0.96 * QD$
du 3.10.88 au 16.10.88	interpolation
du 13.9.90 au 24.9.90	en fonction de la pluie à GABA
du 22.8.91 au 28.8.91 du 12.12.91 au 19.12.91	à partir des relevés limnimétriques du pH18 de Bras David cote 130

Tableau 2-7. Reconstitution des débits à la station BRAS DAVID

La reconstitution des débits journaliers des 2 périodes lacunaires de 1991 a été réalisée à partir des relevés limnimétriques du pH18. Cette reconstitution manuelle tient compte des écarts et des dérives de cotes observés sur le pH18 et le limnigraphe mécanique considéré comme référence. Le détail des débits journaliers ainsi reconstitués figure dans le tableau 2.8.

Date	Q reconstitués m3/s	Date	Q reconstitués m3/s
22.8.91	1.61	12.12.91	2.60
23.8.91	1.12	13.12.91	2.48
24.8.91	1.03	14.12.91	2.05
25.8.91	0.98	15.12.91	2.03
26.8.91	1.78	16.12.91	1.88
27.8.91	1.57	17.12.91	1.95
28.8.91	1.4	18.12.91	1.98
29.8.91	1.82	19.12.91	1.80
		20.12.91	1.88

Tableau 2-8. Reconstitution des débits à la station BRAS DAVID en 1991

## Retenue de Letaye

Depuis la mise en eau de la retenue en octobre 1978, on dispose de données pluviométriques sur plusieurs postes placés sur le bassin versant de la retenue, ainsi que de données hydrométriques, notamment sur les apports du bassin versant, déduites du bilan hydrologique effectué chaque année.

Nous avons donc cherché à établir une relation entre la pluie et les apports du bassin versant de la retenue de Letaye-Amont.

Les résultats obtenus par simple régression au pas de temps mensuel ayant été décevants, nous avons essayé d'appliquer deux modèles globaux de relation pluie-débit ,CREC et GR3 (A. DEZETTER). Ces études sont décrites ci-après.

### Corrélation pluie - débit

#### Pluie moyenne mensuelle sur le BV (Pm)

La pluviométrie moyenne sur le BV de la retenue a été calculée à partir de 4 postes pluviographiques situés sur le bassin même de la retenue ou à proximité, selon la méthode de Thiessen avec les coefficients suivants:

- GARDEL USINE	4.5%
- MONPLAISIR	27%
- POMBIRAY	55%
- LABARTHE	13.5%

Ces postes ont été retenus pour leur situation géographique et leur longue période d'observation (de 1951 à nos jours).

#### Volumes et lames d'eau écoulés sur le BV (Vbv , Lec)

Les volumes écoulés sur le BV de la retenue ont été déterminés à partir du bilan hydrologique réalisé chaque année. Les lames écoulées en ont été déduites (Sbv = 6.8 Km2), leurs valeurs sont également fournies en annexe.

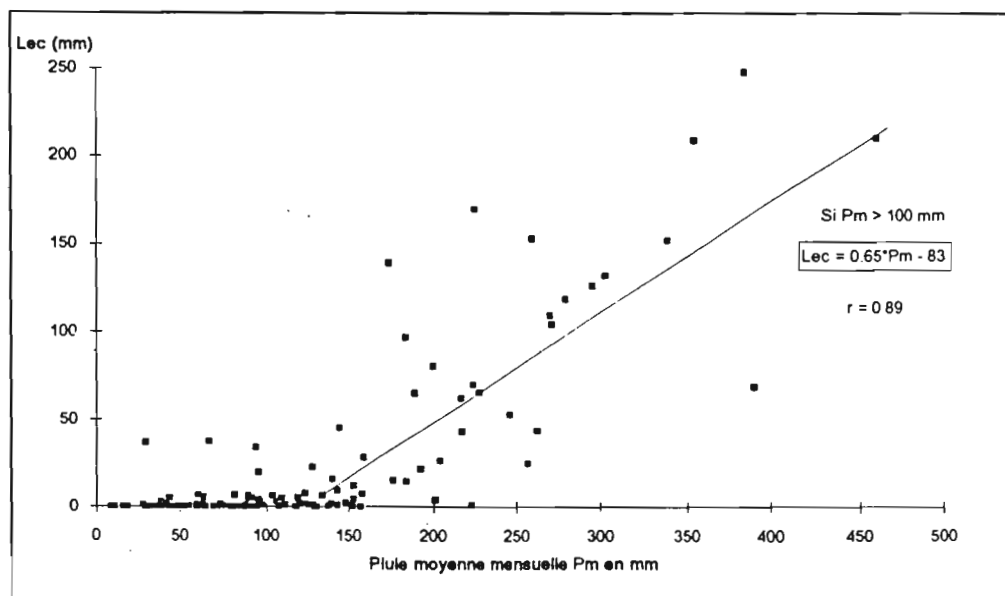


Figure 2-2. Corrélation Pluie-Débit au pas de temps mensuel sur le BV de Letaye

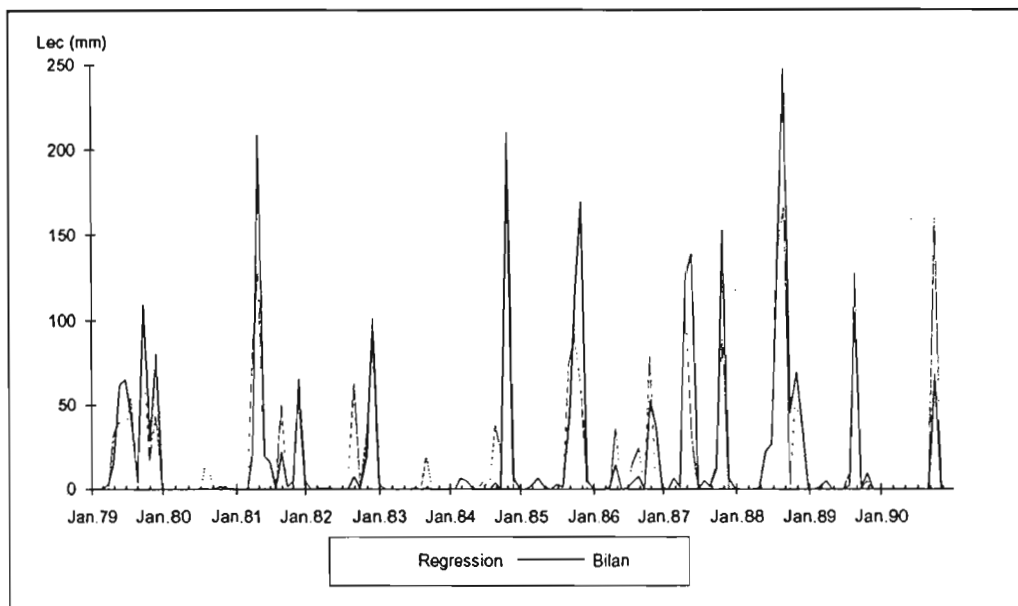


Figure 2-3. Lames écoulées déduites du bilan et calculées par la régression pluie-débit

La figure 2.2 représente la lame écoulée mensuelle sur le bassin versant en fonction de la pluie moyenne mensuelle.

On constate que le bassin versant fournit des apports dans la majorité des cas, pour une pluie mensuelle supérieure à 100 mm. Nous avons donc appliqué une régression linéaire entre les lames écoulées et les pluies supérieures à cette limite et considéré que l'écoulement était nul pour une pluie inférieure.

Nous avons obtenu l'équation suivante:

Si  $P_m \geq 128$  mm

$$Lec = 0.65 * P_m - 83 \quad r=0.89$$

où Lec : Lame écoulée en mm

$P_m$ : Pluie moyenne mensuelle en mm

Le coefficient de cette régression  $r$  est de 0.89.

La figure 2 permet de comparer les lames d'eau déduites du bilan et celles calculées par la corrélation pluie débit. Le coefficient de cette corrélation n'est que de 0.75, ce qui n'est pas très satisfaisant. En effet, ce type de régression simple ne tient compte ni de l'état du sol (saturé ou non), ni des séries pluvieuses précédentes, ni de l'évapotranspiration, d'où une forte dispersion des valeurs des lames écoulées.

Devant ce résultat peu satisfaisant, nous avons essayé d'appliquer des modèles globaux de relation pluie débit avec calage au pas de temps journalier.

## Modélisation

### Données disponibles

Les modèles dont nous disposons fonctionnent avec 3 types de séries chronologiques de données:

- les débits journaliers en l/s (apports du bassin versant);
- les pluies journalières correspondantes en 10ème mm;
- les évapotranspirations mensuelles interannuelles exprimées en mm/j.

### Données au pas de temps journalier

1 année complète de données fiables sur les écoulements du bassin versant de la retenue de Letaye-Amont (1981).

- une série chronologique de pluie moyenne sur le bassin versant de 1951 à 1991 calculée à partir des quatre postes pluviographiques décrits dans le chapitre précédent, à savoir Pombiray, Labarthe, Monplaisir, Gardel usine (confer tableau en annexe)..

### Données au pas de temps mensuel

une seule série chronologique d'apports du bassin versant de 1979 à 1990.

- des évaporations mensuelles interannuelles au Bac Ouest.

L'évapotranspiration (ETP) a été assimilée à l'évaporation mesurée sur un bac Colorado enterré au niveau de la retenue (bac Ouest). Nous disposons de 12 années d'observations de 1979 à 1991. La moyenne interannuelle figure dans le tableau ci-dessous.

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
ETP mm/j	3.9	4.7	5.3	5.6	5.5	5.8	5.8	5.4	4.8	4.1	3.4	3.4

Tableau 2-9. Moyennes mensuelles interannuelles des évaporations au bac de Letaye 1979-1991

## Calage des modèles

L'opération de calage consiste à déterminer les valeurs des paramètres du modèle qui permettent de reconstituer le plus fidèlement possible l'hydrogramme observé.

Deux types de calages sont possibles: le calage manuel où l'utilisateur modifie un à un les paramètres et observe les effets produits ; et le calage automatique où les paramètres sont modifiés selon une technique d'optimisation qui doit converger vers une solution optimale.

Dans un premier temps, nous avons calé manuellement les lames mensuelles calculées par le modèle GR3 sur les lames d'eaux mensuelles déduites du bilan hydrologique à partir de la seule série chronologique de pluies journalières sur la période observée. Le calage manuel est envisageable dans ce cas, car le modèle GR3 ne nécessite que 3 paramètres contre 10 pour CREC.

Nous avons ensuite effectué le calage automatique des modèles GR3 et CREC sur les couples pluie-débit au pas de temps journalier de l'année 1981. Cette année est d'autant plus intéressante qu'elle présente plusieurs épisodes d'écoulements.

### Le calage manuel - résultats de la modélisation avec GR3

Le calage manuel sur les lames d'eau moyennes est conduit de la manière suivante:

1. On injecte comme données d'entrées dans le modèle, les pluies journalières, les évapotranspirations, la superficie du BV et le jeu de paramètres initial.

Le modèle calcule

- des débits journaliers ;
- des lames écoulées décadaires ;
- des lames écoulées mensuelles.

2. On établit la régression linéaire existant entre les lames mensuelles ainsi calculées et celles obtenues par le bilan. Si la corrélation n'est pas optimale, on modifie le jeu de paramètres et on relance la modélisation.

Le meilleur coefficient de corrélation obtenu a une valeur de 0.84 entre les lames mensuelles écoulées obtenues par la modélisation et celles issues du bilan hydrologique sur la période d'observation de 1979 à 1990.

Le jeu de paramètres donnant la corrélation optimale est le suivant :

**Paramètres du calage manuel avec GR3**

A = 400                      Coeff corrélation = 0.84  
 B = 0.5  
 C = 0.724  
 Q0 = 0.4  
 S0 = 0.0041

**Le calage automatique - Résultats de la modélisation avec GR3 et CREC**

Les résultats du calage automatique des 2 modèles sur l'année 1981 donnent les corrélations et jeux de paramètres suivants:

Corrélation en lames mensuelles entre	Valeurs
GR3 / Bilan	0.84
CREC / Bilan	0.81
GR3 / CREC	0.94

**Paramètres du calage automatique sur 1981 avec GR3**

A = 296.6  
 B = 22.06  
 C = 1.16  
 Q0 = 0.4878  
 S0 = 0.0052

**Paramètres du calage automatique sur 1981 avec CREC**

X1 = 0.1148  
 X2 = 0.8722  
 X3 = 0.0241  
 X4 = 0.0380  
 X5 = 75.9172  
 X6 = 135.1782  
 X7 = 19.1132  
 X8 = 266.42  
 X9 = 7.1363  
 X10 = 0.5

**Paramètres retenus et simulation**

L'hydrogramme calculé donnant la reproduction la plus satisfaisante de l'hydrogramme observé, a été obtenu avec le modèle GR3. Le calage manuel et le calage automatique ont fourni des jeux différents de paramètres pour la même valeur de corrélation optimale obtenue entre les lames mensuelles qui est de 0.84.

Ces résultats nous conduisent aux conclusions suivantes :

- D'une manière générale, les résultats obtenus sont satisfaisants au regard des données des apports du BV très peu précises.
- Le calage manuel d'un modèle tel que GR3 est possible et donne même des résultats satisfaisants.

Pour la phase de simulation, le jeu de paramètres pour chaque modèle est appliqué pour la reconstitution des apports du BV à partir de la pluie moyenne sur la période d'observation de 1979 à 1990.

## Retenue de Gachet

Ne pouvant établir un bilan hydrologique complet sur le bassin versant de Gachet, les apports ont été évalués à partir d'une modélisation.

## Modélisation

Les trois modèles testés ( CREC , GR3 et MODGLO) sont des modèles globaux déterministes. Ces modèles fonctionnent au pas de temps journalier. Ils sont constitués de réservoirs plus ou moins nombreux ayant chacun leur loi de remplissage et leur loi de vidange.

Les données nécessaires aux modèles sont :

- les pluies journalières
- l'évapotranspiration potentielle
- la surface du bassin versant
- un jeu de paramètres

Comme valeur de pluie journalière, on a retenu la pluie moyenne sur le bassin versant, pluie calculée par la méthode de Thiessen pour les postes de Philipsbourg et Duvivier.

Pour l'évapotranspiration potentielle, on a considéré les valeurs moyennes mensuelles interannuelles du tableau 2.10.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
ETP mm/j	3.9	4.4	4.5	4.8	5.0	4.8	4.6	4.7	4.6	4.4	4.3	4.0

Tableau 2-10. Moyennes mensuelles interannuelles d'évapotranspirations

## Calage des modèles

Le calage des modèles vise à déterminer le jeu de paramètres fournissant la meilleure corrélation entre les lames d'eau écoulées et les lames d'eau évaluées.

Le calage a été effectué de façon automatique, pour chaque modèle, en utilisant cinq fonctions de critères :

- critère de Nash
- critère " Crec "
- critère de Fortin
- critère " Crec " + bilan
- critère SEXpER ( Somme des EXponentielles des Ecarts Relatifs)

Les années utilisées pour le calage vont de 1975 à 1982.

### Calage retenu

La meilleure reproduction de l'hydrogramme observé a été obtenue pour l'année 1976 à l'aide du modèle GR3 et du critère de Nash. Le jeu de paramètres calculés est le suivant :

$$A = 567.4$$

$$B = 6.91$$

$$C = .114$$

$$Q0 = 0.299$$

$$S0 = 0.000$$

Le critère de Nash, comparable au pourcentage de variance résiduelle par rapport à la variance totale, traduit une certaine "efficacité" ( ou rendement) du modèle. Ce critère a pour formulation :

$$\frac{\sum(Qc - Qo)^2}{\sum(Qo - Qmo)^2}$$

Qc : débit calculé

Qo : débit observé

Qmo : débit moyen observé

Cette expression tend vers 0 lorsque Qc tend vers Qo.

	Nash	r
lames journalières	0.3865	0.8062
lames décadaires	0.3623	0.8609
lames mensuelles	0.6669	0.8692

Les bilans du calage des lames décadaires pour l'année 1976 sont :

$$B1 = \left| \sum Lc - Lo \right| \quad B1 = 25.5 \text{ mm}$$

$$B2 = \sum |Lc - Lo| \quad B2 = 41.3 \text{ mm}$$

### Validation

A partir des paramètres déterminés par le calage, on a simulé sur la période de 1975 à 1982.

	Nash	r
lames journalières	0.4570	0.7456
lames décadaires	0.2444	0.8714
lames mensuelles	0.2382	0.8912

Sur la période 75 à 82 , pour les lames décadaires, les bilans sont les suivants :

- B1 = 343 mm
- B2 = 725 mm

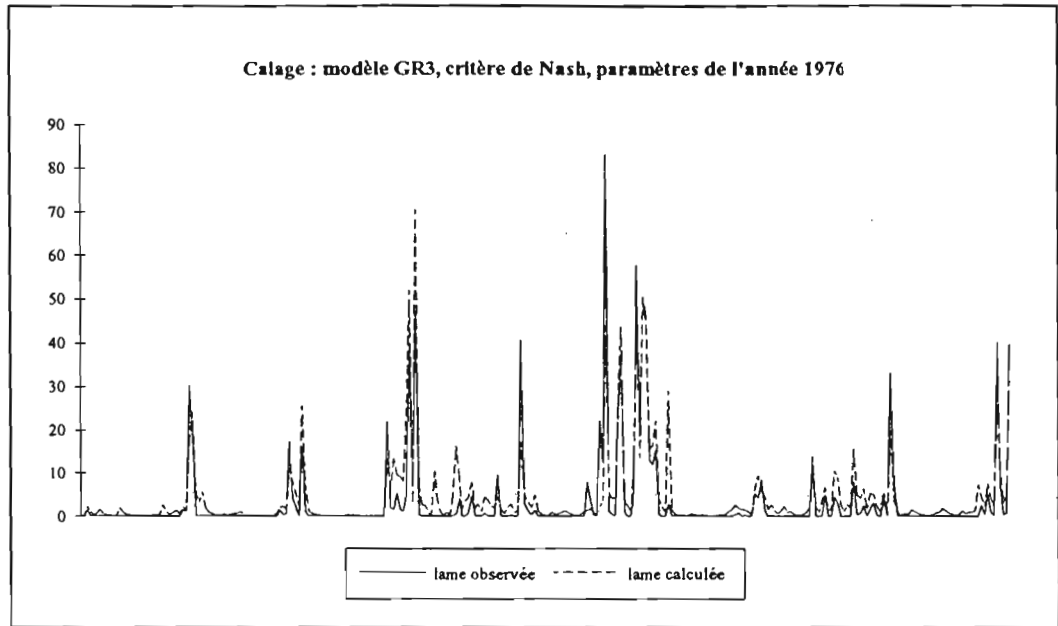


Figure 2-4. Modèle GR3 - Lames décadaires sur la période 1975-1982

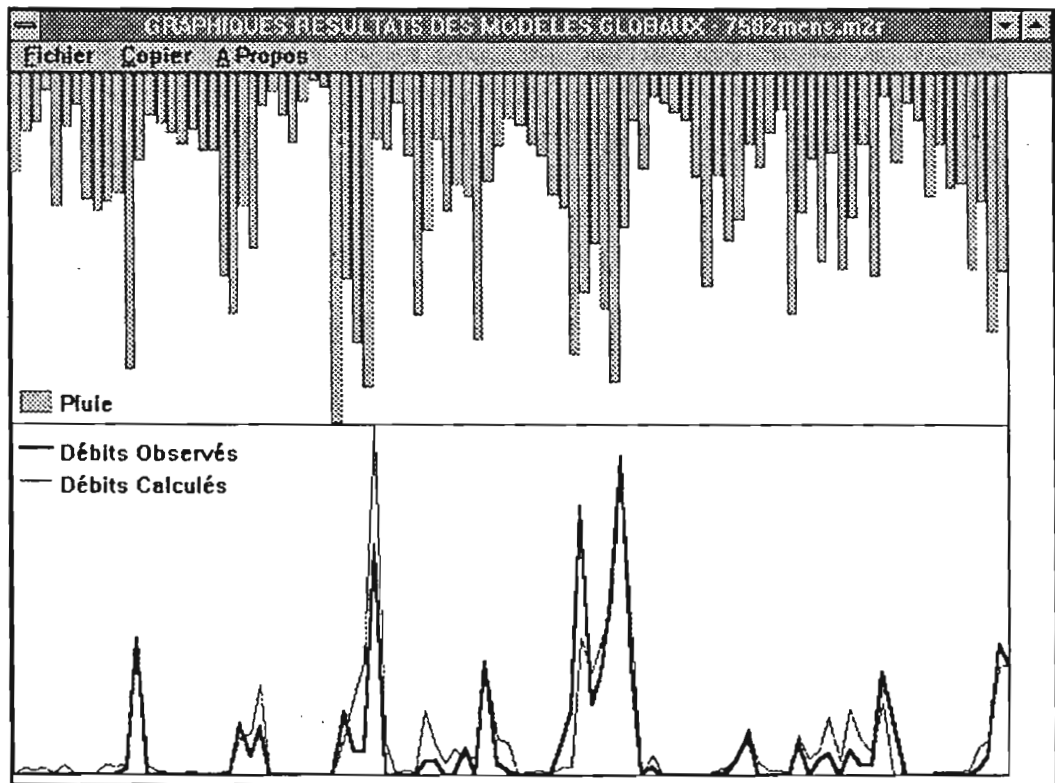


Figure 2-5. Modèle GR3 - Lames mensuelles sur la période 1975-1982

**Simulation**

Pour les années postérieures à l'arrêt du poste de Duval (1988), les données de pluies utilisées pour la simulation ont été celles du poste de Philipsbourg.

Pour l'année 1991, les résultats figurent dans le tableau 2.11.



	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	1991
Lame écoulee mm	2.2	15	1.7	2.9	0.7	0.3	0.2	0.1	0.2	3.6	9.1	3.7	39.7
Volume écoulé 103 m3	139	950	108	184	44	19	13	6	13	28	576	234	2513
Lame précipitée mm	89	162	62	57	42.5	14.5	52.5	73	83.5	160	182	62.5	1041
Rapport Lec/Lp %	2.47	9.29	2.74	5.09	1.65	2.07	0.38	0.14	0.24	2.24	4.99	5.92	3.81

*Tableau 2-11. Résultats de simulation sur Gachet pour 1991*

---

## **Annexes 3. Simulations scénario 1993 - 1996**

---

### **Présentation**

Pour chaque simulation, il est présenté :

- les résultats annuels de 1951 à 1990 avec le calcul des moyennes et écart-types ;
- les cumuls mensuels avec les totaux sur toute la période simulée ;

pour :

#### **le système d'eau**

- les apports en millions de m<sup>3</sup> ;
- les déficits d'apport en millions de m<sup>3</sup> ;
- le nombre de défaillances d'apport ;
- les déficits d'apport en millions de m<sup>3</sup> ;
- éventuellement le nombre de saturations d'une conduite particulière ;
- l'écoulement à l'aval de Prise d'Eau en millions de m<sup>3</sup> ;

#### **les retenues**

- les volumes sollicités en millions de m<sup>3</sup> ;
- les apports naturels en millions de m<sup>3</sup> ;
- les déversements en millions de m<sup>3</sup> ;
- les apports par pluie directe sur le plan d'eau en millions de m<sup>3</sup> ;
- les pertes par évaporation en millions de m<sup>3</sup> ;
- les pertes par infiltration en millions de m<sup>3</sup> ;
- le nombre de défaillances d'apport ;
- le nombre de pas de temps où la retenue a été vide ;
- le nombre de pas de temps où la retenue a été pleine ;
- les apports artificiels en millions de m<sup>3</sup>.

AMENAGEMENT 1993 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990  
- efficience d'Irrigation = 100 % -

## Résultats annuels - système d'eau

année	apports millions_m3	déficits millions_m3	défaillances	volumes prelevés millions_m3	saturations diam.800	aval Prise d'Eau millions_m3
1951	26.8	0.0	0	27.7	8	192.4
1952	26.9	0.0	0	27.4	7	144.0
1953	28.6	0.0	0	29.7	9	150.2
1954	31.2	3.6	7	31.2	19	120.0
1955	26.3	10.2	21	27.1	9	61.5
1956	26.5	0.0	0	27.3	6	142.0
1957	28.8	6.1	13	29.1	11	89.5
1958	26.5	5.4	8	27.2	5	144.3
1959	31.4	1.2	3	32.0	17	97.3
1960	32.3	3.0	8	32.5	16	77.7
1961	31.1	3.1	4	31.9	17	85.3
1962	27.2	2.1	4	27.5	9	129.0
1963	31.7	2.7	8	32.3	21	92.8
1964	30.7	2.1	3	31.1	15	151.2
1965	32.2	3.9	14	33.2	16	102.3
1966	31.2	0.1	0	31.6	19	181.0
1967	31.6	0.8	1	32.0	15	119.7
1968	31.4	2.5	7	32.5	19	106.0
1969	28.7	2.1	7	29.4	11	141.1
1970	30.0	1.9	6	30.5	13	156.5
1971	34.7	4.5	9	34.6	26	83.4
1972	30.8	0.0	0	31.8	18	180.2
1973	34.4	5.2	12	34.4	24	91.1
1974	33.1	3.2	7	34.0	23	129.4
1975	33.4	4.0	18	33.8	26	110.9
1976	33.7	5.4	13	33.7	23	144.2
1977	32.7	6.3	16	33.0	22	137.2
1978	32.3	2.1	6	32.7	18	145.3
1979	28.7	3.2	5	29.7	15	194.9
1980	33.4	2.7	11	33.6	23	145.6
1981	29.9	0.6	2	30.8	16	176.7
1982	32.4	1.6	3	32.9	19	152.1
1983	34.8	5.4	12	34.6	22	92.7
1984	32.3	4.4	7	33.2	20	123.0
1985	32.0	4.0	5	32.4	20	106.7
1986	32.8	0.5	1	33.0	21	116.5
1987	29.1	4.6	7	30.0	9	138.1
1988	28.6	1.6	4	29.3	12	148.5
1989	32.0	2.6	7	32.3	17	123.9
1990	34.1	2.3	6	34.5	25	109.1
<i>moyenne</i>	30.9	2.9	6.6	31.4	16.5	128.3
<i>écart-type</i>	2.5	2.2	5.2	2.3	5.8	32.4

## Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	apports millions_m3	déficits millions_m3	défaillances	volumes prelevés millions_m3	saturations diam.800	aval Prise d'Eau millions_m3
janvier	113.3	2.0	6	116.1	59	348.0
février	118.1	12.1	30	111.6	76	244.0
mars	123.0	26.6	62	121.2	86	213.9
avril	110.4	22.6	57	113.0	74	267.1
mai	111.5	22.0	46	115.9	74	432.7
juin	109.7	8.9	34	111.5	76	438.8
juillet	110.4	9.5	31	112.4	71	490.4
août	105.4	3.7	15	110.8	66	532.8
septembre	87.9	1.7	5	95.1	35	522.6
octobre	72.5	0.0	0	78.1	3	549.4
novembre	67.1	0.0	1	69.9	0	612.7
décembre	106.5	5.5	10	101.7	41	480.7
<i>total</i>	1235.7	114.5	297	1257.2	661	5133.1

**AMENAGEMENT 1993 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990**

- efficacité d'irrigation = 100 % -

**Résultats annuels - Retenue de Letaye**

année	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m3	evaporation millions_m3	infiltration millions_m3	vides	pleins	apports artifi millions_m3
1951	7.81	1.54	0.87	0.26	0.29	0.88	2	28	8.04
1952	7.55	0.87	0.34	0.25	0.27	0.82	2	27	7.56
1953	9.26	1.41	0.68	0.23	0.27	0.77	4	26	9.64
1954	11.27	1.24	0.91	0.18	0.19	0.51	10	16	10.92
1955	7.54	0.67	0.31	0.11	0.08	0.28	24	11	7.98
1956	7.64	1.30	0.53	0.27	0.28	0.85	1	30	7.73
1957	9.02	1.56	1.23	0.18	0.14	0.43	17	14	9.08
1958	7.23	3.01	1.90	0.24	0.21	0.66	10	23	6.75
1959	11.53	0.50	0.07	0.16	0.20	0.54	8	18	11.68
1960	12.70	0.39	0.08	0.11	0.17	0.48	13	14	12.57
1961	11.42	2.10	1.47	0.20	0.19	0.51	8	16	11.51
1962	8.04	1.70	0.73	0.22	0.25	0.70	4	23	7.38
1963	11.91	0.85	0.58	0.16	0.16	0.43	13	15	12.28
1964	10.91	1.55	0.48	0.17	0.22	0.62	10	20	10.31
1965	12.47	0.31	0.03	0.09	0.11	0.36	20	12	13.12
1966	11.58	3.99	3.05	0.28	0.26	0.64	2	16	11.09
1967	11.77	0.68	0.11	0.18	0.26	0.70	5	21	11.61
1968	11.95	0.44	0.06	0.12	0.18	0.48	11	15	12.65
1969	9.36	1.27	0.49	0.19	0.23	0.69	9	22	9.30
1970	10.67	4.67	4.09	0.30	0.20	0.60	9	19	10.59
1971	14.55	0.32	0.15	0.08	0.14	0.37	18	9	14.26
1972	11.44	1.16	0.66	0.18	0.24	0.58	2	18	11.95
1973	14.14	0.41	0.09	0.09	0.13	0.35	18	10	13.85
1974	12.91	1.48	0.78	0.13	0.16	0.44	12	13	13.16
1975	13.59	0.94	0.55	0.11	0.10	0.30	21	9	13.55
1976	13.58	1.07	0.71	0.13	0.12	0.42	20	13	13.28
1977	12.16	2.04	1.51	0.15	0.10	0.32	22	11	11.95
1978	12.88	0.67	0.35	0.16	0.21	0.54	9	18	12.93
1979	9.41	2.70	1.61	0.23	0.18	0.47	12	15	9.28
1980	13.31	0.20	0.01	0.10	0.15	0.44	16	11	13.30
1981	10.46	2.66	1.33	0.20	0.25	0.62	3	20	10.11
1982	12.36	1.75	1.26	0.16	0.17	0.51	12	15	12.39
1983	14.14	0.16	0.00	0.03	0.10	0.26	22	6	13.76
1984	12.48	2.01	1.67	0.14	0.11	0.33	20	12	12.98
1985	12.20	1.95	1.41	0.15	0.14	0.37	15	12	12.12
1986	12.78	0.83	0.30	0.12	0.20	0.56	10	15	12.52
1987	9.73	1.79	1.01	0.17	0.19	0.50	10	16	9.84
1988	9.20	3.91	3.22	0.27	0.25	0.76	5	24	9.24
1989	12.34	1.42	0.96	0.16	0.19	0.54	10	16	12.19
1990	14.56	0.99	0.68	0.12	0.17	0.37	11	10	14.70
<i>moyenne</i>	<i>11.25</i>	<i>1.46</i>	<i>0.91</i>	<i>0.17</i>	<i>0.19</i>	<i>0.53</i>	<i>11.25</i>	<i>16.48</i>	<i>11.23</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.12</i>	<i>1.06</i>	<i>0.91</i>	<i>0.06</i>	<i>0.06</i>	<i>0.16</i>	<i>6.47</i>	<i>5.67</i>	<i>2.13</i>

**Cumuls saisonniers - Retenue de Letaye**

mois	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m3	evaporation millions_m3	infiltration millions_m3	vides	pleins	apports artifi millions_m3
janvier	45.76	2.74	0.49	0.35	0.67	1.88	16	52	46.36
février	52.81	1.12	0.00	0.21	0.56	1.34	52	24	45.13
mars	51.75	0.70	0.00	0.08	0.29	0.44	86	7	49.24
avril	43.24	1.99	0.79	0.20	0.36	0.69	72	19	44.61
mai	43.91	2.97	1.22	0.34	0.43	0.77	61	28	46.55
juin	43.23	2.05	1.08	0.43	0.61	1.28	50	36	44.12
juillet	43.26	3.85	2.49	0.57	0.68	1.54	46	49	43.96
août	40.23	3.55	1.81	0.59	0.68	1.53	35	53	43.87
septembre	26.96	7.01	4.52	0.94	0.78	2.24	14	83	31.68
octobre	10.50	10.19	7.89	1.18	0.88	3.20	0	117	13.80
novembre	7.78	13.25	10.71	1.16	0.79	3.29	0	117	8.05
décembre	40.41	9.02	5.27	0.71	0.71	2.80	18	74	31.77
<i>total</i>	<i>449.84</i>	<i>58.44</i>	<i>36.27</i>	<i>6.76</i>	<i>7.44</i>	<i>21.00</i>	<i>450.00</i>	<i>659.00</i>	<i>449.14</i>

**AMENAGEMENT 1993 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990**  
**- efficience d'irrigation = 100 % - sans limite de transit -**

Résultats annuels - système d'eau

année	apports millions_m3	déficits millions_m3	défaillances	volumes prelevés millions_m3	aval Prise d'Eau millions_m3
1951	27.0	0.0	0	28.0	192.0
1952	26.9	0.0	0	27.8	143.6
1953	28.9	0.0	0	29.9	150.0
1954	32.4	0.0	0	33.2	118.1
1955	27.1	9.0	16	27.8	60.8
1956	26.5	0.0	0	27.5	141.9
1957	30.3	5.3	10	30.9	87.8
1958	27.1	5.1	8	27.9	143.3
1959	31.8	0.0	0	32.8	96.5
1960	33.2	0.6	4	34.0	76.2
1961	31.8	0.0	1	32.6	84.4
1962	28.0	0.9	2	28.5	128.1
1963	32.3	0.0	0	33.7	91.4
1964	32.2	0.0	0	33.3	148.6
1965	32.9	3.3	7	33.7	101.7
1966	31.2	0.0	1	32.2	179.9
1967	31.9	0.0	0	32.9	118.8
1968	32.4	1.3	3	33.3	105.2
1969	29.8	0.9	3	30.7	139.7
1970	30.9	0.2	2	31.6	155.3
1971	36.6	0.0	1	37.4	80.5
1972	30.6	0.0	0	31.6	180.3
1973	36.3	0.5	3	37.1	88.3
1974	35.2	0.0	1	36.2	126.9
1975	36.4	1.0	4	37.2	107.4
1976	35.7	0.0	0	36.7	141.2
1977	36.6	0.6	4	37.2	132.7
1978	33.7	0.0	0	34.5	143.4
1979	29.6	0.7	2	30.5	193.5
1980	35.7	0.0	0	36.6	142.7
1981	30.3	0.5	1	31.2	175.9
1982	33.2	0.4	1	34.3	150.6
1983	38.0	2.5	5	38.6	88.7
1984	32.7	1.5	4	33.7	122.4
1985	33.0	1.9	4	33.8	105.3
1986	33.6	0.0	0	34.6	114.9
1987	29.3	4.5	9	30.0	137.8
1988	29.2	0.0	0	30.2	147.7
1989	32.8	0.9	2	33.6	122.6
1990	35.0	0.5	1	35.8	107.7
<i>moyenne</i>	31.9	1.1	2.5	32.8	126.8
<i>écart-type</i>	3.1	1.9	3.4	3.1	32.7

Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	apports millions_m3	déficits millions_m3	défaillances	volumes prelevés millions_m3	aval Prise d'Eau millions_m3
janvier	112.1	0.7	4	114.8	349.1
février	126.1	3.8	12	123.2	232.3
mars	133.0	13.7	28	134.7	200.4
avril	116.8	12.2	28	121.4	258.2
mai	120.6	8.8	16	124.9	423.2
juin	116.0	2.7	7	121.0	429.1
juillet	113.7	0.0	3	117.5	484.9
août	102.9	0.0	0	107.5	535.6
septembre	86.6	0.0	0	89.7	527.2
octobre	72.5	0.0	0	75.9	551.6
novembre	67.1	0.0	1	69.9	612.7
décembre	110.6	0.0	0	112.4	469.4
<i>total</i>	1277.8	42.0	99	1313.0	5073.6

**AMENAGEMENT 1993 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990**  
 - efficacité d'irrigation = 100 % - sans limite de transit -

## Résultats annuels - Retenue de Letaye

année	volumes sol	apports 'nat	deverseme	pluie	evaporation	infiltration	vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3			millions_m3
1951	8.03	1.54	0.87	0.28	0.31	0.99	0	35	8.38
1952	7.64	0.87	0.34	0.28	0.31	0.95	0	32	8.02
1953	9.49	1.41	0.72	0.27	0.30	0.91	1	31	9.81
1954	12.43	1.24	0.91	0.24	0.30	0.88	0	28	12.88
1955	8.39	0.67	0.31	0.16	0.17	0.49	15	17	8.68
1956	7.66	1.30	0.53	0.28	0.31	1.00	0	34	7.91
1957	10.59	1.56	1.23	0.22	0.19	0.60	12	21	10.83
1958	7.80	3.01	2.22	0.28	0.24	0.78	8	27	7.76
1959	11.90	0.50	0.07	0.21	0.31	0.94	0	32	12.51
1960	13.59	0.39	0.08	0.16	0.27	0.80	2	23	14.10
1961	12.09	2.10	1.52	0.25	0.29	0.81	1	24	12.32
1962	8.86	1.70	0.73	0.24	0.28	0.83	3	27	8.34
1963	12.54	0.85	0.58	0.22	0.29	0.87	1	28	13.62
1964	12.39	1.55	1.04	0.25	0.31	0.93	0	32	12.98
1965	13.17	0.31	0.13	0.17	0.23	0.73	8	25	13.78
1966	11.61	3.99	3.61	0.34	0.31	0.96	0	33	12.17
1967	12.09	0.68	0.11	0.22	0.31	0.98	0	33	12.57
1968	12.98	0.44	0.06	0.18	0.26	0.79	4	27	13.49
1969	10.48	1.27	0.60	0.22	0.27	0.81	3	28	10.67
1970	11.58	4.67	4.20	0.35	0.27	0.75	3	26	11.78
1971	16.44	0.32	0.15	0.12	0.27	0.72	1	24	17.14
1972	11.22	1.16	0.67	0.24	0.31	1.01	0	35	11.81
1973	16.06	0.41	0.11	0.15	0.26	0.76	2	25	16.63
1974	15.07	1.48	1.09	0.22	0.30	0.88	0	28	15.65
1975	16.52	0.94	0.61	0.18	0.27	0.78	3	23	17.07
1976	15.61	1.07	0.71	0.19	0.29	0.89	0	29	16.24
1977	16.06	2.04	1.73	0.22	0.23	0.66	7	19	16.42
1978	14.29	0.67	0.35	0.21	0.30	0.92	0	30	14.79
1979	10.37	2.70	2.09	0.27	0.24	0.70	5	25	10.62
1980	15.61	0.20	0.01	0.14	0.26	0.73	0	25	16.25
1981	10.89	2.66	1.85	0.26	0.29	0.86	2	29	10.97
1982	13.21	1.75	1.32	0.22	0.30	0.95	1	33	13.80
1983	17.36	0.16	0.00	0.10	0.24	0.68	6	20	17.83
1984	12.84	2.01	1.67	0.22	0.27	0.78	2	27	13.51
1985	13.17	1.85	1.41	0.22	0.26	0.73	3	22	13.50
1986	13.61	0.83	0.30	0.18	0.30	0.90	0	30	14.10
1987	9.94	1.79	1.21	0.20	0.23	0.71	9	23	10.10
1988	9.80	3.91	3.22	0.29	0.31	0.94	0	31	10.05
1989	13.12	1.42	0.96	0.21	0.27	0.78	3	26	13.50
1990	15.46	0.99	0.71	0.16	0.26	0.78	5	27	16.05
<i>moyenne</i>	<i>12.30</i>	<i>1.46</i>	<i>1.00</i>	<i>0.22</i>	<i>0.27</i>	<i>0.82</i>	<i>2.8</i>	<i>27.4</i>	<i>12.72</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.69</i>	<i>1.06</i>	<i>0.98</i>	<i>0.05</i>	<i>0.03</i>	<i>0.12</i>	<i>3.6</i>	<i>4.5</i>	<i>2.85</i>

## Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	volumes sol	apports 'nat	deverseme	pluie	evaporation	infiltration	vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3			millions_m3
janvier	44.55	2.74	0.65	0.46	0.86	2.95	2	92	45.24
février	60.81	1.12	0.00	0.28	0.77	2.24	19	60	56.80
mars	61.75	0.70	0.04	0.29	0.76	1.73	34	49	62.76
avril	49.56	1.99	1.34	0.42	0.77	1.82	29	60	53.58
mai	52.99	2.97	1.64	0.63	0.95	2.30	17	77	56.01
juin	49.57	2.05	1.21	0.60	1.08	2.73	6	95	53.78
juillet	46.54	3.85	2.93	0.85	1.17	3.01	0	102	49.45
août	37.70	3.55	2.37	0.95	1.14	3.16	0	108	41.17
septembre	25.68	7.01	5.31	1.17	1.00	3.15	0	113	27.09
octobre	10.50	10.19	7.97	1.22	0.91	3.39	0	120	11.64
novembre	7.78	13.25	10.71	1.16	0.79	3.29	0	117	8.05
décembre	44.51	9.02	5.84	0.79	0.78	3.19	3	101	43.08
<i>total</i>	<i>491.94</i>	<i>58.44</i>	<i>40.01</i>	<i>8.82</i>	<i>10.98</i>	<i>32.96</i>	<i>110</i>	<i>1094</i>	<i>508.64</i>

## AMENAGEMENT 1994 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990

- efficience d'irrigation = 100 % -

## Résultats annuels - système d'eau

année	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations		aval Prise d'Eau millions_m3
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	
1951	33.7	0.0	0	34.7	2	16	185.4
1952	34.3	0.5	1	35.0	3	18	136.4
1953	36.1	1.4	4	37.1	0	18	142.8
1954	41.5	1.3	2	41.6	7	21	109.5
1955	30.0	17.8	22	30.9	6	14	57.7
1956	32.2	0.0	0	33.2	2	18	136.2
1957	35.0	12.2	15	35.5	3	23	83.2
1958	31.4	9.3	8	32.1	3	20	139.4
1959	41.8	0.0	0	42.8	6	25	86.6
1960	40.1	6.4	14	40.2	6	18	69.9
1961	40.0	5.6	9	40.8	8	23	76.2
1962	33.3	4.5	5	33.8	3	19	122.8
1963	41.6	1.7	10	42.7	8	25	82.4
1964	40.7	0.9	1	41.1	6	17	140.9
1965	38.7	9.8	16	39.7	7	22	95.7
1966	40.3	0.9	1	40.8	6	18	171.2
1967	41.4	0.0	0	42.0	4	23	109.7
1968	38.8	5.6	7	39.9	9	18	98.5
1969	36.0	4.9	8	36.7	3	21	133.5
1970	36.5	3.6	7	37.1	4	16	149.6
1971	46.9	2.1	4	46.9	10	27	71.0
1972	38.9	0.0	0	40.3	5	16	171.6
1973	44.7	9.4	15	44.7	6	26	80.7
1974	44.7	3.1	5	45.8	8	23	117.5
1975	43.1	6.5	16	43.5	9	18	101.2
1976	45.7	1.2	2	46.3	12	22	131.6
1977	41.9	10.8	18	42.3	6	22	127.8
1978	41.3	1.8	4	41.5	6	17	136.4
1979	34.7	5.9	9	35.8	5	17	188.2
1980	43.3	4.7	11	43.9	7	22	135.3
1981	37.5	1.6	2	38.4	2	18	169.1
1982	43.0	1.4	1	43.7	7	21	141.2
1983	45.9	10.6	13	45.9	9	28	81.3
1984	42.4	6.7	11	43.4	9	24	112.7
1985	41.2	8.2	11	41.6	7	23	97.3
1986	43.8	0.0	0	44.3	6	25	105.2
1987	34.7	9.1	9	35.5	1	22	132.3
1988	36.4	1.7	2	37.2	3	18	140.6
1989	40.7	5.7	9	41.2	6	22	114.9
1990	42.1	4.8	7	42.8	8	20	100.6
<i>moyenne</i>	<i>39.4</i>	<i>4.5</i>	<i>7.0</i>	<i>40.1</i>	<i>5.7</i>	<i>20.6</i>	<i>119.6</i>
<i>écart-type</i>	<i>4.3</i>	<i>4.2</i>	<i>5.9</i>	<i>4.2</i>	<i>2.7</i>	<i>3.4</i>	<i>32.7</i>

## Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations		aval Prise d'Eau millions_m3
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	
janvier	146.5	3.5	9	149.9	12	92	314.0
février	153.8	27.3	39	147.5	16	107	207.7
mars	159.7	46.9	61	159.7	25	98	174.9
avril	141.4	39.5	55	142.9	27	90	236.4
mai	143.4	33.4	41	149.2	36	76	399.1
juin	145.2	12.3	33	148.0	26	80	402.0
juillet	147.1	9.5	24	150.6	29	73	451.8
août	136.0	2.0	9	142.4	31	58	501.0
septembre	105.6	0.6	1	111.1	11	48	506.2
octobre	83.4	0.0	0	87.3	0	22	540.2
novembre	76.3	0.0	1	79.0	0	13	603.7
décembre	137.9	6.4	6	135.1	15	67	447.3
<i>total</i>	<i>1576.1</i>	<i>181.4</i>	<i>279</i>	<i>1602.4</i>	<i>228</i>	<i>824</i>	<i>4784.4</i>

**AMENAGEMENT 1994 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990**

- efficience d'irrigation = 100 % -

**Résultats annuels - Retenue de Letaye**

année	volumes sol	apports 'nat	deverseme	pluie	evaporation	infiltration	vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3			millions_m3
1951	7.81	1.54	0.87	0.27	0.30	0.93	1	32	8.10
1952	7.56	0.87	0.34	0.27	0.29	0.90	1	29	7.74
1953	8.78	1.41	0.68	0.23	0.27	0.81	4	29	9.10
1954	12.11	1.24	0.91	0.21	0.24	0.68	6	22	11.94
1955	5.43	0.67	0.31	0.12	0.10	0.33	22	12	5.92
1956	7.66	1.30	0.53	0.28	0.31	0.94	0	31	7.84
1957	6.25	1.56	1.23	0.19	0.16	0.54	16	19	6.42
1958	6.32	3.01	1.90	0.26	0.22	0.69	8	23	5.86
1959	11.90	0.50	0.06	0.21	0.29	0.87	0	26	12.41
1960	11.79	0.39	0.08	0.11	0.15	0.48	16	15	11.55
1961	10.83	2.10	1.47	0.20	0.19	0.54	11	17	11.01
1962	7.11	1.70	0.73	0.24	0.27	0.80	5	27	6.59
1963	12.30	0.85	0.58	0.18	0.20	0.63	11	21	13.14
1964	11.85	1.55	0.80	0.22	0.27	0.80	6	27	11.49
1965	9.95	0.31	0.03	0.11	0.14	0.45	17	16	10.67
1966	11.55	3.99	3.61	0.31	0.27	0.78	2	23	11.66
1967	11.44	0.68	0.11	0.19	0.28	0.79	4	26	11.50
1968	11.09	0.44	0.06	0.14	0.20	0.56	8	18	11.86
1969	8.39	1.27	0.60	0.20	0.23	0.72	8	24	8.47
1970	10.14	4.67	4.20	0.31	0.21	0.67	10	24	10.25
1971	15.83	0.32	0.15	0.08	0.17	0.46	12	14	15.67
1972	11.38	1.16	0.66	0.22	0.29	0.86	0	29	12.36
1973	12.98	0.41	0.10	0.09	0.13	0.43	19	14	12.60
1974	13.26	1.48	0.82	0.15	0.19	0.56	9	20	13.76
1975	13.56	0.94	0.55	0.12	0.12	0.35	18	10	13.52
1976	15.48	1.07	0.71	0.16	0.23	0.64	5	18	15.72
1977	9.88	2.04	1.51	0.17	0.12	0.38	19	13	9.78
1978	12.99	0.67	0.35	0.18	0.24	0.68	7	21	12.87
1979	7.79	2.70	2.06	0.25	0.19	0.59	12	21	8.24
1980	12.47	0.20	0.01	0.11	0.17	0.55	14	17	12.86
1981	9.87	2.66	1.38	0.23	0.28	0.78	3	24	9.45
1982	12.91	1.75	1.32	0.19	0.22	0.61	5	21	13.12
1983	12.94	0.16	0.00	0.07	0.16	0.42	14	11	12.74
1984	12.36	2.01	1.67	0.15	0.14	0.40	16	15	12.95
1985	10.94	1.85	1.41	0.14	0.12	0.40	20	14	10.87
1986	13.36	0.83	0.30	0.14	0.24	0.67	5	20	13.41
1987	7.78	1.79	1.01	0.18	0.21	0.60	10	19	7.82
1988	8.79	3.91	3.22	0.27	0.24	0.79	6	27	8.86
1989	11.51	1.42	0.96	0.17	0.20	0.59	10	19	11.59
1990	13.92	0.99	0.71	0.14	0.21	0.58	8	18	14.37
<i>moyenne</i>	<i>10.76</i>	<i>1.46</i>	<i>0.95</i>	<i>0.19</i>	<i>0.21</i>	<i>0.63</i>	<i>9.20</i>	<i>20.65</i>	<i>10.90</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.57</i>	<i>1.06</i>	<i>0.96</i>	<i>0.06</i>	<i>0.06</i>	<i>0.17</i>	<i>6.13</i>	<i>5.74</i>	<i>2.61</i>

**Cumuls saisonniers - Retenue de Letaye**

mois	volumes sol	apports 'nat	deverseme	pluie	evaporation	infiltration	vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3			millions_m3
janvier	44.29	2.74	0.49	0.37	0.71	2.33	15	72	45.43
février	45.72	1.12	0.00	0.21	0.59	1.70	53	43	38.28
mars	44.55	0.70	0.00	0.10	0.37	0.73	75	14	43.80
avril	37.63	1.99	1.11	0.28	0.46	0.94	66	28	38.29
mai	41.75	2.97	1.31	0.43	0.55	1.16	51	46	45.93
juin	42.97	2.05	1.21	0.48	0.75	1.86	40	62	44.94
juillet	45.37	3.85	2.88	0.66	0.81	2.06	35	69	47.91
août	43.29	3.55	2.13	0.74	0.88	2.19	13	75	48.28
septembre	26.32	7.01	4.93	1.10	0.94	2.75	2	101	29.75
octobre	10.50	10.19	7.97	1.22	0.90	3.34	0	119	12.11
novembre	7.78	13.25	10.71	1.16	0.79	3.30	0	117	7.85
décembre	40.09	9.02	5.26	0.72	0.72	2.88	18	80	33.51
<i>total</i>	<i>430.26</i>	<i>58.44</i>	<i>38.00</i>	<i>7.47</i>	<i>8.47</i>	<i>25.24</i>	<i>368</i>	<i>826</i>	<i>436.08</i>



AMENAGEMENT 1994 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990  
- besoins 1993 - efficience d'irrigation = 100 % -

Résultats annuels - système d'eau

année	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations		aval Prise d'Eau millions_m3
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	
1951	27.0	0.0	0	28.0	2	1	192.1
1952	26.9	0.0	0	27.7	3	0	143.7
1953	28.8	0.0	0	29.9	2	0	150.0
1954	32.4	0.0	0	32.9	8	0	118.3
1955	26.6	9.8	19	27.3	5	1	61.1
1956	26.5	0.0	0	27.5	2	0	141.9
1957	29.7	6.2	13	30.2	5	0	88.3
1958	26.9	5.2	8	27.6	2	0	143.7
1959	31.8	0.0	0	32.8	3	0	96.6
1960	33.1	1.8	7	33.7	7	0	76.5
1961	31.8	0.0	1	32.5	4	0	84.5
1962	27.8	0.9	2	28.2	2	0	128.4
1963	32.6	0.0	0	33.8	7	0	91.2
1964	32.0	0.0	0	32.4	8	1	149.4
1965	32.6	4.9	11	33.7	7	0	101.7
1966	31.2	0.0	1	32.1	4	0	180.0
1967	31.9	0.0	0	32.8	5	0	118.9
1968	32.1	1.4	3	32.9	7	0	105.5
1969	29.6	1.2	3	30.4	5	0	139.9
1970	30.8	0.3	2	31.4	5	0	155.5
1971	36.6	0.0	1	37.2	9	0	80.8
1972	30.6	0.0	0	31.8	5	0	180.2
1973	35.8	1.5	3	36.5	9	0	89.0
1974	34.8	0.0	0	35.7	8	0	127.6
1975	36.3	4.4	10	36.8	13	0	107.9
1976	35.7	0.0	0	36.5	12	0	141.4
1977	35.9	3.2	9	36.3	11	0	133.6
1978	33.6	0.0	0	33.9	9	0	144.0
1979	29.7	1.3	3	30.8	5	0	193.2
1980	35.7	0.6	1	36.3	8	0	142.9
1981	30.3	0.5	1	31.1	3	0	176.2
1982	33.2	0.4	1	34.1	10	0	150.8
1983	37.2	3.2	6	37.3	9	1	89.9
1984	32.7	1.7	4	34.0	6	0	122.0
1985	32.8	2.6	5	33.4	10	0	105.6
1986	33.6	0.0	0	34.5	9	0	115.0
1987	29.1	4.8	9	29.8	3	0	138.1
1988	29.1	0.0	0	30.0	2	0	147.9
1989	32.7	1.1	2	33.5	6	0	122.8
1990	34.8	1.7	5	35.6	7	0	108.0
<i>moyenne</i>	<i>31.8</i>	<i>1.5</i>	<i>3.3</i>	<i>32.6</i>	<i>6.2</i>	<i>0.1</i>	<i>127.1</i>
<i>écart-type</i>	<i>3.0</i>	<i>2.2</i>	<i>4.4</i>	<i>2.9</i>	<i>3.0</i>	<i>0.3</i>	<i>32.6</i>

Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations		aval Prise d'Eau millions_m3
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	
janvier	112.3	1.0	4	116.7	4	0	347.3
février	125.8	4.6	13	121.2	27	0	234.2
mars	131.8	15.2	30	132.8	35	0	202.0
avril	114.7	14.6	32	117.9	29	1	261.3
mai	117.1	13.6	26	120.4	31	1	427.8
juin	115.0	4.9	14	118.1	31	0	431.9
juillet	114.7	4.2	9	119.5	31	0	482.9
août	104.5	0.4	1	110.1	23	0	533.0
septembre	86.8	0.0	0	90.8	10	0	526.2
octobre	72.5	0.0	0	76.1	0	0	551.4
novembre	67.1	0.0	1	69.9	0	0	612.7
décembre	109.8	0.0	0	109.3	26	2	472.9
<i>total</i>	<i>1272.0</i>	<i>58.4</i>	<i>130</i>	<i>1302.8</i>	<i>247</i>	<i>4</i>	<i>5083.6</i>

**AMENAGEMENT 1994 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990**  
 - besoins 1993 - efficience d'irrigation = 100 % -

## Résultats annuels - Retenue de Letaye

année	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m3	evaporation millions_m3	infiltration millions_m3	vides	pleins	apports artifi millions_m3
1951	8.03	1.54	0.87	0.28	0.31	0.95	0	34	8.34
1952	7.64	0.87	0.34	0.28	0.30	0.92	0	31	7.91
1953	9.48	1.41	0.73	0.26	0.29	0.88	1	30	9.87
1954	12.43	1.24	0.91	0.22	0.28	0.81	2	23	12.61
1955	7.92	0.67	0.31	0.13	0.11	0.37	20	14	8.26
1956	7.66	1.30	0.53	0.28	0.31	0.96	0	32	7.87
1957	10.01	1.56	1.23	0.19	0.16	0.51	15	17	10.15
1958	7.76	3.01	1.90	0.26	0.23	0.72	8	25	7.35
1959	11.90	0.50	0.07	0.21	0.30	0.89	0	30	12.45
1960	13.55	0.39	0.08	0.14	0.21	0.62	7	18	13.80
1961	12.07	2.10	1.52	0.25	0.28	0.74	1	22	12.25
1962	8.60	1.70	0.73	0.24	0.28	0.80	4	26	8.04
1963	12.79	0.85	0.58	0.21	0.27	0.78	1	25	13.78
1964	12.22	1.55	1.04	0.23	0.28	0.82	4	27	12.14
1965	12.88	0.31	0.03	0.12	0.16	0.53	15	19	13.72
1966	11.61	3.99	3.61	0.33	0.30	0.91	0	29	12.11
1967	12.09	0.68	0.11	0.21	0.30	0.90	0	29	12.45
1968	12.65	0.44	0.06	0.16	0.24	0.72	6	24	13.13
1969	10.28	1.27	0.60	0.21	0.25	0.76	6	26	10.41
1970	11.52	4.67	4.20	0.34	0.25	0.69	3	23	11.65
1971	16.44	0.32	0.15	0.12	0.25	0.66	1	20	16.85
1972	11.22	1.16	0.66	0.23	0.30	0.93	0	31	11.93
1973	15.63	0.41	0.11	0.14	0.23	0.63	6	19	15.95
1974	14.31	1.48	0.97	0.19	0.26	0.69	2	23	14.97
1975	16.43	0.94	0.61	0.14	0.15	0.47	14	14	16.58
1976	15.60	1.07	0.71	0.18	0.28	0.78	1	21	16.06
1977	15.36	2.04	1.73	0.19	0.15	0.44	15	14	15.50
1978	14.17	0.67	0.35	0.20	0.28	0.80	2	24	14.18
1979	10.38	2.70	2.09	0.26	0.22	0.65	8	22	10.93
1980	15.52	0.20	0.01	0.12	0.20	0.60	9	20	16.00
1981	10.87	2.66	1.63	0.25	0.28	0.82	2	27	10.69
1982	13.21	1.75	1.32	0.22	0.29	0.81	1	23	13.66
1983	16.59	0.16	0.00	0.08	0.20	0.53	10	14	16.54
1984	12.93	2.01	1.67	0.20	0.25	0.69	3	21	13.87
1985	12.96	1.85	1.41	0.20	0.23	0.59	4	16	13.14
1986	13.61	0.83	0.30	0.17	0.29	0.80	0	25	14.00
1987	9.86	1.79	1.01	0.19	0.22	0.66	9	21	9.76
1988	9.71	3.91	3.22	0.28	0.28	0.86	1	29	9.87
1989	13.11	1.42	0.96	0.19	0.23	0.69	6	22	13.36
1990	15.29	0.99	0.71	0.16	0.24	0.67	6	22	15.79
<i>moyenne</i>	<i>12.16</i>	<i>1.46</i>	<i>0.98</i>	<i>0.21</i>	<i>0.25</i>	<i>0.73</i>	<i>4.8</i>	<i>23.3</i>	<i>12.45</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.64</i>	<i>1.06</i>	<i>0.97</i>	<i>0.06</i>	<i>0.05</i>	<i>0.15</i>	<i>5.2</i>	<i>5.3</i>	<i>2.74</i>

## Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m3	evaporation millions_m3	infiltration millions_m3	vides	pleins	apports artifi millions_m3
janvier	44.83	2.74	0.56	0.42	0.82	2.79	4	90	47.08
février	60.53	1.12	0.00	0.26	0.73	2.04	24	47	54.78
mars	60.77	0.70	0.05	0.22	0.62	1.16	39	30	61.06
avril	47.67	1.99	1.34	0.38	0.67	1.46	38	44	50.23
mai	49.71	2.97	1.33	0.55	0.79	1.69	31	53	51.41
juin	48.40	2.05	1.21	0.54	0.90	2.19	26	71	50.72
juillet	47.53	3.85	2.93	0.76	0.97	2.36	14	78	51.39
août	39.33	3.55	2.35	0.87	1.04	2.77	5	92	43.75
septembre	25.88	7.01	5.22	1.15	0.98	2.95	0	105	28.05
octobre	10.50	10.19	7.97	1.22	0.91	3.37	0	120	11.87
novembre	7.78	13.25	10.71	1.16	0.79	3.28	0	117	8.01
décembre	43.64	9.02	5.37	0.75	0.74	2.97	12	85	39.55
<i>total</i>	<i>486.57</i>	<i>58.44</i>	<i>39.04</i>	<i>8.28</i>	<i>9.96</i>	<i>29.03</i>	<i>193</i>	<i>932</i>	<i>497.91</i>

**AMENAGEMENT 1995 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990****- efficience d'Irrigation = 100 % -**

## Résultats annuels - système d'eau

année	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations		aval
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	Prise d'Eau millions_m3
1951	42.6	0.0	0	46.7	1	28	175.5
1952	43.6	0.0	0	46.6	1	17	130.5
1953	46.1	1.0	1	50.7	1	25	134.7
1954	52.9	1.1	2	53.7	9	26	101.2
1955	35.8	24.6	22	38.9	5	22	52.6
1956	39.7	0.0	0	44.4	2	22	131.4
1957	43.6	16.3	16	45.5	3	20	76.3
1958	39.9	11.7	8	43.2	2	17	133.7
1959	53.7	0.0	0	57.6	4	35	74.6
1960	50.3	10.4	13	51.5	4	27	61.6
1961	50.5	8.9	10	53.3	4	29	67.2
1962	43.5	2.3	2	44.0	2	16	118.4
1963	49.6	6.2	10	54.7	7	29	72.8
1964	51.8	1.1	1	53.9	6	22	134.9
1965	48.8	13.0	15	52.9	8	27	86.6
1966	51.2	0.3	1	53.9	6	23	162.0
1967	54.0	0.0	0	56.2	4	31	100.0
1968	46.5	8.4	7	51.8	7	31	89.7
1969	45.9	5.7	7	49.3	5	25	124.5
1970	44.8	5.5	6	47.1	4	18	144.3
1971	60.2	0.4	2	61.8	7	28	63.3
1972	48.7	0.0	0	54.6	5	27	160.9
1973	55.7	13.7	14	56.3	7	32	71.4
1974	55.6	5.4	4	59.0	5	34	107.2
1975	51.8	13.1	15	53.9	7	31	93.4
1976	57.8	0.3	1	59.7	9	30	120.5
1977	48.3	20.2	18	50.0	4	30	122.8
1978	53.2	1.1	1	55.3	5	25	127.8
1979	41.4	8.5	8	45.3	2	19	182.3
1980	52.6	11.7	13	54.7	7	30	127.8
1981	49.0	0.8	2	53.5	4	24	160.4
1982	54.7	2.2	1	57.3	9	31	130.0
1983	59.1	12.4	9	57.5	11	30	70.1
1984	52.2	13.1	11	56.8	8	31	102.7
1985	51.4	12.0	13	52.9	6	25	91.3
1986	56.2	0.3	1	58.9	7	32	93.0
1987	44.5	10.8	9	47.4	2	19	126.9
1988	46.2	2.7	2	49.0	2	25	131.7
1989	52.5	7.5	9	55.0	6	27	107.0
1990	52.0	5.7	5	55.5	7	26	92.6
<i>moyenne</i>	<i>49.4</i>	<i>6.5</i>	<i>6.5</i>	<i>52.3</i>	<i>5.1</i>	<i>26.2</i>	<i>111.4</i>
<i>écart-type</i>	<i>5.6</i>	<i>6.3</i>	<i>6.1</i>	<i>5.2</i>	<i>2.5</i>	<i>5.0</i>	<i>33.0</i>

## Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations		aval
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	Prise d'Eau millions_m3
janvier	186.1	4.2	6	194.6	5	105	279.6
février	208.1	19.7	24	170.6	17	90	190.9
mars	201.4	61.4	52	182.8	18	88	159.8
avril	172.4	63.1	55	183.5	23	100	210.2
mai	174.1	55.6	44	200.8	30	97	368.0
juin	174.7	27.8	36	186.7	20	104	371.8
juillet	183.9	20.4	28	200.0	29	98	414.4
août	175.2	5.5	12	202.8	30	94	456.8
septembre	130.7	0.5	1	172.3	11	83	466.5
octobre	100.0	0.0	0	122.0	0	58	518.7
novembre	91.0	0.0	1	103.6	0	47	591.2
décembre	180.2	0.0	0	170.5	22	82	427.2
<i>total</i>	<i>1977.8</i>	<i>258.1</i>	<i>259</i>	<i>2090.1</i>	<i>205</i>	<i>1046</i>	<i>4455.2</i>

**AMENAGEMENT 1995 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990**

- efficience d'irrigation = 100 % -

Résultats annuels - Retenue de Letaye

année	volumes sol apports 'nat			pluie millions_m3	evaporation millions_m3	infiltration millions_m3	vides	pleins	apports artifi millions_m3
	millions_m3	millions_m3	millions_m3						
1951	8.03	1.54	0.87	0.27	0.30	0.94	0	32	8.33
1952	7.64	0.87	0.34	0.27	0.29	0.88	0	30	7.73
1953	9.19	1.41	0.68	0.23	0.28	0.85	4	30	9.63
1954	12.38	1.24	0.91	0.20	0.24	0.63	4	19	12.37
1955	6.29	0.67	0.29	0.11	0.09	0.28	23	9	6.51
1956	7.66	1.30	0.53	0.28	0.31	0.96	0	33	7.86
1957	7.79	1.56	1.23	0.19	0.15	0.50	16	17	7.92
1958	6.85	3.01	1.90	0.26	0.23	0.70	8	24	6.41
1959	11.90	0.50	0.07	0.21	0.30	0.87	0	29	12.43
1960	12.06	0.39	0.08	0.11	0.16	0.50	14	16	11.91
1961	11.15	2.10	1.47	0.20	0.18	0.50	10	16	11.24
1962	8.12	1.70	0.73	0.24	0.26	0.78	5	25	7.54
1963	11.82	0.85	0.58	0.18	0.20	0.62	11	21	12.62
1964	12.11	1.55	0.77	0.22	0.27	0.77	4	25	11.72
1965	10.96	0.31	0.03	0.11	0.14	0.45	17	15	11.62
1966	11.60	3.99	3.61	0.31	0.27	0.75	1	25	12.01
1967	12.09	0.68	0.11	0.20	0.29	0.86	1	28	11.93
1968	10.99	0.44	0.06	0.14	0.19	0.55	9	19	11.74
1969	9.16	1.27	0.60	0.20	0.23	0.73	8	25	9.25
1970	10.57	4.67	4.18	0.31	0.21	0.63	9	21	10.61
1971	16.22	0.32	0.15	0.09	0.20	0.45	6	13	16.31
1972	11.20	1.16	0.66	0.23	0.30	0.90	1	30	11.98
1973	13.70	0.41	0.10	0.09	0.14	0.39	16	12	13.72
1974	13.46	1.48	0.82	0.16	0.20	0.60	8	22	13.56
1975	13.34	0.94	0.55	0.12	0.13	0.35	18	11	13.30
1976	15.60	1.07	0.71	0.16	0.21	0.59	3	19	15.79
1977	11.11	2.04	1.51	0.17	0.12	0.36	19	13	11.00
1978	14.26	0.67	0.35	0.18	0.25	0.69	4	22	14.28
1979	7.88	2.70	2.06	0.26	0.20	0.59	10	21	8.20
1980	13.10	0.20	0.01	0.11	0.17	0.56	12	17	13.47
1981	10.64	2.66	1.45	0.24	0.28	0.81	2	26	10.34
1982	12.87	1.75	1.32	0.18	0.21	0.59	6	20	13.05
1983	14.81	0.16	0.00	0.07	0.17	0.42	14	11	14.62
1984	12.29	2.01	1.67	0.15	0.15	0.40	13	14	12.88
1985	11.44	1.85	1.41	0.15	0.13	0.38	15	13	11.37
1986	13.56	0.83	0.30	0.15	0.24	0.69	2	22	13.82
1987	8.54	1.79	1.01	0.19	0.21	0.62	9	19	8.39
1988	9.09	3.91	3.22	0.27	0.25	0.78	6	27	9.16
1989	12.46	1.42	0.96	0.17	0.21	0.62	9	19	12.54
1990	14.51	0.99	0.71	0.15	0.22	0.62	7	21	15.05
<i>moyenne</i>	<i>11.21</i>	<i>1.46</i>	<i>0.95</i>	<i>0.19</i>	<i>0.21</i>	<i>0.63</i>	<i>8.10</i>	<i>20.78</i>	<i>11.36</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.50</i>	<i>1.06</i>	<i>0.96</i>	<i>0.06</i>	<i>0.06</i>	<i>0.18</i>	<i>6.04</i>	<i>6.33</i>	<i>2.56</i>

Cumuls saisonniers - Retenue de Letaye

mois	volumes sol apports 'nat			pluie millions_m3	evaporation millions_m3	infiltration millions_m3	vides	pleins	apports artifi millions_m3
	millions_m3	millions_m3	millions_m3						
janvier	43.92	2.74	0.49	0.40	0.76	2.50	8	77	44.11
février	53.70	1.12	0.00	0.22	0.62	1.61	44	38	46.67
mars	49.41	0.70	0.00	0.11	0.41	0.77	61	19	48.16
avril	39.35	1.99	1.07	0.28	0.47	0.92	62	32	40.19
mai	42.41	2.97	1.31	0.43	0.56	1.20	50	45	46.52
juin	42.71	2.05	1.21	0.49	0.75	1.87	42	64	43.62
juillet	45.63	3.85	2.86	0.65	0.80	1.97	33	68	48.78
août	42.65	3.55	2.13	0.74	0.87	2.21	13	74	46.53
septembre	26.74	7.01	5.00	1.07	0.91	2.66	2	98	31.12
octobre	10.50	10.19	7.95	1.21	0.90	3.30	0	118	12.29
novembre	7.78	13.25	10.71	1.16	0.79	3.28	0	116	7.71
décembre	43.61	9.02	5.27	0.73	0.73	2.88	9	82	38.55
<i>total</i>	<i>448.41</i>	<i>58.44</i>	<i>38.00</i>	<i>7.49</i>	<i>8.57</i>	<i>25.17</i>	<i>324</i>	<i>831</i>	<i>454.23</i>

**AMENAGEMENT 1995 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990**  
**- efficience d'irrigation = 100 % -**

**Résultats annuels - Retenue de Gachet**

année	volumes sol	apports 'nat	deverseme	pluie	evaporation	infiltration	vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3			millions_m3
1951	12.34	5.48	3.40	1.60	1.71	3.05	0	22	13.36
1952	13.38	15.73	10.09	1.76	1.67	3.08	0	27	10.06
1953	14.49	10.58	5.02	1.34	1.53	2.58	2	21	12.42
1954	17.35	6.46	2.83	0.98	1.20	1.90	5	13	14.19
1955	7.92	4.97	2.08	0.63	0.55	0.91	21	9	7.51
1956	10.00	15.36	8.99	1.85	1.82	3.64	0	35	7.24
1957	12.58	8.21	5.11	0.89	0.83	1.47	16	11	10.88
1958	10.72	16.89	11.48	1.47	1.39	2.68	7	22	7.93
1959	18.99	2.95	0.05	0.89	1.55	2.30	0	14	19.05
1960	15.05	3.82	0.91	0.68	0.95	1.64	12	10	13.20
1961	16.35	8.18	4.80	1.05	0.99	1.46	9	10	15.05
1962	12.68	15.37	9.60	1.57	1.57	2.83	3	25	7.03
1963	14.44	5.46	3.01	1.10	0.96	1.73	14	14	16.03
1964	16.33	13.97	7.23	1.46	1.60	2.84	1	22	11.23
1965	14.48	4.45	0.40	0.68	0.84	1.48	14	12	13.59
1966	16.86	10.51	6.74	1.37	1.39	1.99	0	16	14.92
1967	18.67	6.08	1.56	0.85	1.62	2.67	0	19	15.89
1968	12.54	3.94	0.95	0.96	1.18	1.86	7	15	13.77
1969	14.16	6.25	2.79	1.16	1.35	2.43	6	18	13.32
1970	11.30	31.68	27.26	1.97	1.30	2.34	6	20	8.56
1971	20.27	7.17	0.00	0.79	1.32	1.75	0	12	14.42
1972	14.85	6.15	2.58	1.36	1.77	3.32	0	24	15.94
1973	18.23	2.31	0.07	0.45	0.81	1.27	14	9	16.26
1974	18.59	4.39	1.58	0.88	1.11	1.64	8	10	18.46
1975	15.30	4.25	1.70	0.71	0.74	1.07	16	7	14.45
1976	18.47	3.93	1.69	0.93	1.13	1.68	2	11	17.60
1977	13.04	7.51	4.91	0.81	0.68	1.19	20	10	11.71
1978	15.84	7.65	2.51	1.45	1.58	2.77	1	20	12.41
1979	10.75	17.24	13.73	1.44	1.09	1.79	10	16	10.18
1980	15.73	5.96	2.70	0.75	0.95	1.76	14	13	14.05
1981	15.58	8.26	1.76	1.21	1.59	2.80	1	20	12.65
1982	17.74	6.77	4.41	0.94	1.12	1.73	4	10	17.27
1983	19.94	0.28	0.00	0.27	0.68	0.96	16	3	18.14
1984	16.26	12.36	9.02	0.68	0.59	0.79	15	7	16.52
1985	16.20	20.15	15.02	0.64	0.69	1.13	15	9	12.25
1986	18.91	5.23	2.84	1.06	1.28	1.73	1	10	18.48
1987	13.10	15.13	8.95	1.31	1.29	2.35	8	16	9.12
1988	13.97	22.39	19.60	1.61	1.29	2.20	5	17	13.19
1989	16.80	14.67	8.84	0.93	1.17	2.09	9	15	12.91
1990	14.45	10.50	5.91	0.91	1.25	2.03	5	15	12.60
<i>moyenne</i>	<i>15.12</i>	<i>9.47</i>	<i>5.55</i>	<i>1.08</i>	<i>1.20</i>	<i>2.02</i>	<i>7.2</i>	<i>15.2</i>	<i>13.35</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.87</i>	<i>6.38</i>	<i>5.75</i>	<i>0.40</i>	<i>0.35</i>	<i>0.70</i>	<i>6.4</i>	<i>6.4</i>	<i>3.24</i>

**Cumuls saisonniers - Retenue de Gachet**

mois	volumes sol	apports 'nat	deverseme	pluie	evaporation	infiltration	vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3			millions_m3
janvier	62.72	12.56	2.48	2.49	4.69	8.69	5	41	58.64
février	77.58	7.49	1.49	1.72	3.83	6.03	20	22	39.94
mars	68.22	7.76	0.26	0.93	2.44	2.53	53	7	42.63
avril	53.99	17.32	3.48	1.29	2.08	1.95	58	12	49.50
mai	52.21	22.30	2.05	2.06	2.61	2.97	49	27	52.83
juin	53.40	16.01	7.60	2.40	3.23	4.71	43	36	55.24
juillet	59.70	23.50	11.51	3.35	3.52	5.56	36	42	59.62
août	56.12	28.52	12.19	3.77	3.96	6.40	20	48	62.15
septembre	32.37	55.13	33.48	5.95	4.91	7.76	1	70	45.93
octobre	15.86	65.46	52.38	7.53	5.88	11.39	0	111	20.59
novembre	12.84	83.01	70.99	7.10	5.68	11.91	0	116	10.81
décembre	59.65	39.56	24.22	4.79	5.29	11.03	2	77	35.94
<i>total</i>	<i>604.65</i>	<i>378.62</i>	<i>222.13</i>	<i>43.38</i>	<i>48.12</i>	<i>80.93</i>	<i>287</i>	<i>609</i>	<i>533.82</i>

**AMENAGEMENT 1995 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990**

- besoins 1994 - efficience d'irrigation = 100 % -

**Résultats annuels - système d'eau**

année	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations	saturations	aval Prise d'Eau millions_m3
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	
1951	33.9	0.0	0	38.6	1	20	183.4
1952	34.4	0.0	0	38.5	2	14	137.7
1953	36.7	0.0	0	41.6	1	18	143.2
1954	41.8	0.0	0	45.7	7	19	109.0
1955	33.3	14.7	20	35.7	4	13	55.4
1956	32.2	0.0	0	36.9	2	12	138.1
1957	38.0	9.1	13	40.3	3	18	81.0
1958	34.4	7.0	8	37.9	2	14	138.3
1959	41.8	0.0	0	47.2	5	28	84.7
1960	41.8	3.4	8	44.8	6	22	67.7
1961	41.3	1.1	3	45.6	5	22	73.9
1962	35.4	1.1	2	37.3	3	13	123.4
1963	41.6	0.4	1	47.0	7	24	80.2
1964	41.4	0.0	0	44.9	4	15	140.5
1965	41.9	7.6	13	45.5	8	16	93.0
1966	40.3	0.1	1	44.9	4	19	169.4
1967	41.8	0.0	0	46.0	3	22	109.6
1968	40.5	3.0	6	45.3	6	17	96.1
1969	37.9	1.2	3	41.8	5	18	131.9
1970	37.8	1.0	3	40.8	4	13	149.6
1971	47.5	0.0	1	52.2	9	24	71.1
1972	38.7	0.0	0	43.9	5	21	171.4
1973	47.3	2.8	5	50.0	7	23	77.4
1974	45.9	0.0	0	50.4	7	26	115.0
1975	45.9	5.1	12	48.7	12	18	98.3
1976	45.8	0.0	0	50.5	12	23	129.5
1977	45.1	9.2	14	47.1	5	20	125.1
1978	42.2	0.0	0	45.6	7	16	136.5
1979	37.3	2.6	8	41.1	2	13	186.5
1980	45.5	4.2	7	48.6	6	19	133.4
1981	38.7	0.2	1	43.4	5	17	168.7
1982	43.6	0.5	1	48.2	9	25	138.8
1983	50.3	4.9	8	51.5	11	28	76.0
1984	43.0	2.3	5	48.7	7	23	110.7
1985	43.1	2.3	5	46.2	8	20	95.8
1986	43.9	0.0	0	48.5	6	26	103.3
1987	37.9	5.8	9	41.3	3	14	132.3
1988	37.1	0.6	1	41.0	2	18	139.4
1989	42.2	0.7	1	46.1	2	18	113.5
1990	43.6	1.3	4	47.7	5	16	99.7
<i>moyenne</i>	<i>40.8</i>	<i>2.3</i>	<i>4.1</i>	<i>44.7</i>	<i>5.3</i>	<i>19.1</i>	<i>118.2</i>
<i>écart-type</i>	<i>4.3</i>	<i>3.3</i>	<i>5.0</i>	<i>4.3</i>	<i>2.8</i>	<i>4.3</i>	<i>33.3</i>

**Cumuls saisonniers - système d'eau**

mois	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations	saturations	aval Prise d'Eau millions_m3
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	
janvier	147.0	0.9	4	163.9	2	96	308.9
février	169.4	7.0	17	156.3	16	80	204.7
mars	179.4	19.9	36	173.6	23	70	168.7
avril	149.5	24.8	38	160.9	26	70	228.4
mai	149.6	22.7	31	174.6	29	70	389.4
juin	149.6	9.1	23	162.1	27	71	396.0
juillet	147.1	7.2	11	168.8	27	78	443.4
août	134.1	0.2	2	166.2	28	70	490.3
septembre	105.3	0.0	0	125.3	12	47	505.0
octobre	83.4	0.0	0	98.0	0	31	541.1
novembre	76.3	0.0	1	89.6	0	25	604.7
décembre	142.1	0.0	0	147.9	22	55	448.0
<i>total</i>	<i>1632.8</i>	<i>91.9</i>	<i>163</i>	<i>1787.1</i>	<i>212</i>	<i>763</i>	<i>4728.6</i>

## AMENAGEMENT 1995 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990

- besoins 1994 - efficience d'irrigation = 100 % -

## Résultats annuels - Retenue de Letaye

année	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m3	evaporation millions_m3	infiltration millions_m3	vides	pleins	apports artifi millions_m3
1951	8.03	1.54	0.87	0.27	0.30	0.95	0	34	8.34
1952	7.64	0.87	0.34	0.27	0.30	0.91	0	30	7.88
1953	9.39	1.41	0.68	0.24	0.28	0.87	3	31	9.74
1954	12.43	1.24	0.91	0.23	0.29	0.83	0	25	12.81
1955	7.81	0.67	0.31	0.13	0.11	0.37	21	13	7.98
1956	7.66	1.30	0.53	0.28	0.31	0.97	0	34	7.88
1957	9.26	1.56	1.23	0.19	0.16	0.55	16	19	9.44
1958	7.65	3.01	1.90	0.26	0.23	0.70	8	25	7.22
1959	11.90	0.50	0.07	0.21	0.30	0.89	0	28	12.45
1960	13.19	0.39	0.08	0.13	0.18	0.55	13	18	13.14
1961	11.93	2.10	1.52	0.22	0.22	0.63	8	21	12.31
1962	8.78	1.70	0.83	0.24	0.28	0.84	3	27	8.29
1963	12.50	0.85	0.58	0.20	0.25	0.69	2	23	13.37
1964	12.39	1.55	1.04	0.24	0.28	0.82	0	28	12.83
1965	12.78	0.31	0.13	0.14	0.16	0.54	16	18	13.16
1966	11.60	3.99	3.61	0.33	0.30	0.89	1	30	12.08
1967	11.84	0.68	0.11	0.20	0.29	0.87	2	28	11.69
1968	12.68	0.44	0.06	0.15	0.22	0.64	7	22	13.56
1969	10.20	1.27	0.60	0.22	0.25	0.75	6	26	10.32
1970	11.33	4.67	4.20	0.34	0.24	0.70	6	24	11.47
1971	16.43	0.32	0.15	0.10	0.23	0.65	5	19	17.00
1972	11.22	1.16	0.66	0.23	0.30	0.94	0	31	11.78
1973	15.42	0.41	0.10	0.10	0.17	0.50	11	15	15.58
1974	14.38	1.48	0.97	0.18	0.22	0.65	7	23	14.66
1975	16.05	0.94	0.61	0.12	0.14	0.45	17	15	16.18
1976	15.60	1.07	0.71	0.18	0.26	0.70	2	19	15.95
1977	13.73	2.04	1.56	0.18	0.13	0.39	18	14	13.67
1978	13.84	0.67	0.35	0.19	0.26	0.74	4	23	13.77
1979	9.87	2.70	2.08	0.25	0.20	0.61	12	21	10.35
1980	14.67	0.20	0.01	0.11	0.18	0.59	14	19	15.10
1981	10.68	2.66	1.71	0.26	0.29	0.86	2	28	10.65
1982	13.20	1.75	1.32	0.20	0.25	0.64	1	21	13.46
1983	16.46	0.16	0.00	0.07	0.19	0.51	11	14	16.37
1984	12.63	2.01	1.67	0.18	0.20	0.53	8	18	13.38
1985	12.71	1.85	1.41	0.16	0.14	0.43	14	15	12.69
1986	13.49	0.83	0.30	0.15	0.26	0.74	3	24	13.80
1987	9.72	1.79	1.01	0.19	0.22	0.67	9	22	9.63
1988	9.41	3.91	3.22	0.27	0.26	0.81	5	28	9.51
1989	13.05	1.42	0.96	0.18	0.23	0.72	8	25	13.37
1990	15.31	0.99	0.71	0.16	0.24	0.67	6	22	15.79
<i>moyenne</i>	<i>11.97</i>	<i>1.46</i>	<i>0.98</i>	<i>0.20</i>	<i>0.23</i>	<i>0.69</i>	<i>6.7</i>	<i>23.0</i>	<i>12.22</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.57</i>	<i>1.06</i>	<i>0.97</i>	<i>0.06</i>	<i>0.05</i>	<i>0.16</i>	<i>5.9</i>	<i>5.6</i>	<i>2.65</i>

## Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m3	evaporation millions_m3	infiltration millions_m3	vides	pleins	apports artifi millions_m3
janvier	44.58	2.74	0.74	0.43	0.80	2.79	8	94	45.35
février	58.37	1.12	0.00	0.25	0.68	1.94	34	48	51.65
mars	59.81	0.70	0.00	0.14	0.48	0.93	57	25	59.55
avril	45.29	1.99	1.34	0.34	0.57	1.26	52	41	48.17
mai	48.15	2.97	1.33	0.51	0.69	1.58	43	54	50.22
juin	47.45	2.05	1.21	0.52	0.83	2.01	31	67	49.32
juillet	47.15	3.85	2.93	0.71	0.87	2.18	25	75	50.49
août	40.11	3.55	2.18	0.80	0.97	2.50	9	85	45.29
septembre	26.12	7.01	5.18	1.13	0.97	2.93	1	103	28.78
octobre	10.50	10.19	7.97	1.22	0.91	3.38	0	120	11.83
novembre	7.78	13.25	10.71	1.16	0.79	3.30	0	118	8.03
décembre	43.56	9.02	5.48	0.76	0.75	2.97	9	90	39.98
<i>total</i>	<i>478.87</i>	<i>58.44</i>	<i>39.07</i>	<i>7.97</i>	<i>9.31</i>	<i>27.77</i>	<i>269</i>	<i>920</i>	<i>488.66</i>

**AMENAGEMENT 1995 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990**  
 - besoins 1994 - efficience d'irrigation = 100 % -

**Résultats annuels - Retenue de Gachet**

année	volumes sol	apports 'nat	deverseme	pluie	evaporation	infiltration	vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3			millions_m3
1951	7.31	5.48	3.52	1.68	1.81	3.58	0	34	9.07
1952	7.90	15.73	10.97	1.81	1.80	3.51	0	30	6.45
1953	8.59	10.58	5.74	1.51	1.78	3.37	0	32	7.59
1954	10.17	6.46	2.99	1.28	1.77	3.35	0	26	9.87
1955	7.22	4.97	2.40	0.78	0.77	1.28	15	11	6.58
1956	6.06	15.36	9.81	1.85	1.82	3.65	0	36	4.13
1957	9.52	8.21	5.49	1.08	1.06	1.88	11	17	8.66
1958	7.92	16.89	12.14	1.48	1.48	2.83	5	26	5.99
1959	10.91	2.95	0.41	1.01	1.82	3.62	0	32	12.79
1960	9.38	3.82	1.47	1.03	1.53	2.41	0	17	9.76
1961	10.26	8.18	5.72	1.46	1.69	2.95	0	20	11.17
1962	7.77	15.37	11.15	1.72	1.76	3.31	0	27	5.04
1963	9.75	5.46	3.27	1.45	1.53	2.39	0	22	11.88
1964	9.62	13.97	10.41	1.68	1.77	3.33	0	27	8.58
1965	9.83	4.45	1.29	0.89	1.12	1.90	6	17	9.69
1966	9.76	10.51	8.32	1.65	1.80	3.49	0	29	11.21
1967	10.67	6.08	2.15	0.96	1.81	3.55	0	31	10.52
1968	8.71	3.94	1.03	1.12	1.47	2.62	3	24	9.40
1969	8.91	6.25	2.86	1.30	1.58	2.84	0	26	8.64
1970	7.45	31.68	28.27	2.29	1.67	2.91	0	24	6.33
1971	11.55	7.17	1.76	1.13	1.77	3.29	0	24	10.06
1972	8.66	6.15	2.82	1.40	1.82	3.63	0	35	9.39
1973	12.23	2.31	0.39	0.71	1.30	1.90	2	12	12.54
1974	12.05	4.39	2.23	1.25	1.68	3.03	0	23	13.60
1975	10.54	4.25	1.89	1.05	1.30	2.10	4	15	10.52
1976	10.63	3.93	1.85	1.34	1.80	3.49	0	28	12.51
1977	11.49	7.51	5.41	1.00	0.95	1.59	11	13	10.92
1978	9.21	7.65	3.52	1.63	1.75	3.28	0	28	8.21
1979	8.48	17.24	13.78	1.60	1.49	2.47	1	19	7.66
1980	11.21	5.96	3.13	0.97	1.28	2.20	5	19	10.88
1981	9.07	8.26	3.39	1.45	1.78	3.38	0	31	7.91
1982	10.56	6.77	4.68	1.28	1.78	3.37	0	25	12.32
1983	13.91	0.28	0.00	0.54	1.30	1.99	4	13	14.80
1984	10.87	12.36	9.17	1.28	1.61	2.59	0	18	12.16
1985	10.78	20.15	17.27	1.17	1.51	2.34	0	14	10.58
1986	10.81	5.23	2.90	1.47	1.80	3.49	0	29	12.31
1987	9.16	15.13	9.48	1.42	1.47	2.65	3	24	6.22
1988	8.45	22.39	19.85	1.90	1.75	3.26	0	27	9.03
1989	9.92	14.67	11.32	1.29	1.60	2.73	0	23	9.60
1990	9.17	10.50	6.57	1.15	1.63	2.89	0	24	8.61
<i>moyenne</i>	<i>9.66</i>	<i>9.47</i>	<i>6.27</i>	<i>1.33</i>	<i>1.58</i>	<i>2.86</i>	<i>1.75</i>	<i>23.80</i>	<i>9.58</i>
<i>écart-type</i>	<i>1.57</i>	<i>6.38</i>	<i>5.96</i>	<i>0.35</i>	<i>0.26</i>	<i>0.64</i>	<i>3.53</i>	<i>6.68</i>	<i>2.43</i>

**Cumuls saisonniers - Retenue de Gachet**

mois	volumes sol	apports 'nat	deverseme	pluie	evaporation	infiltration	vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m3			millions_m3
janvier	36.68	12.56	3.64	2.84	5.33	11.19	0	94	41.86
février	48.14	7.49	2.02	2.07	4.91	9.02	2	52	35.21
mars	50.88	7.76	0.48	1.97	4.78	6.64	10	29	37.32
avril	38.95	17.32	7.62	2.57	4.29	6.22	19	36	37.03
mai	35.69	22.30	6.69	3.57	4.88	6.98	16	53	41.36
juin	37.45	16.01	8.10	3.12	5.00	8.14	14	72	39.27
juillet	34.67	23.50	13.84	4.51	5.14	8.85	8	78	42.30
août	30.17	28.52	15.33	5.28	5.65	9.90	1	91	42.55
septembre	19.10	55.13	41.89	7.38	5.98	11.47	0	110	21.29
octobre	11.00	65.46	53.96	7.71	6.08	12.34	0	120	10.40
novembre	9.27	83.01	71.43	7.10	5.69	11.96	0	118	8.07
décembre	34.47	39.56	25.78	4.95	5.45	11.70	0	99	26.51
<i>total</i>	<i>386.47</i>	<i>378.62</i>	<i>250.78</i>	<i>53.07</i>	<i>63.18</i>	<i>114.41</i>	<i>70</i>	<i>952</i>	<i>383.17</i>



**AMENAGEMENT 1996 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990**  
**- efficience d'irrigation = 100 % -**

Résultats annuels - système d'eau

année	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations		aval Prise d'Eau
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	millions_m3
1951	56.6	3.4	5	58.1	2	36	165.3
1952	57.4	5.2	6	58.9	3	36	119.7
1953	60.8	7.7	8	64.5	1	36	122.2
1954	65.1	9.6	16	63.3	9	36	93.2
1955	42.8	35.6	22	46.4	5	29	45.3
1956	54.7	0.0	0	59.0	2	36	118.6
1957	51.8	27.6	21	53.1	6	36	70.1
1958	51.1	18.0	8	53.2	2	32	124.9
1959	65.5	12.5	20	64.7	7	36	67.5
1960	58.3	17.9	18	59.1	5	36	54.6
1961	60.7	18.3	17	62.7	6	36	59.6
1962	57.1	5.5	3	56.4	3	36	107.2
1963	59.0	18.5	18	63.4	7	36	64.8
1964	66.5	4.2	4	67.3	8	36	124.6
1965	58.7	23.3	20	62.1	10	36	77.8
1966	60.6	9.7	15	62.6	5	36	155.3
1967	68.9	5.4	6	67.3	7	36	90.3
1968	57.6	14.7	9	63.2	8	36	78.8
1969	59.4	8.4	6	60.4	5	36	115.1
1970	54.9	12.3	10	57.5	5	36	135.5
1971	74.4	9.8	11	73.5	14	36	51.8
1972	61.8	9.9	13	64.6	5	36	151.8
1973	65.2	22.3	20	63.6	12	36	63.8
1974	62.3	21.6	20	65.3	11	36	101.0
1975	61.1	22.6	21	63.6	12	36	84.2
1976	67.3	12.3	19	67.4	17	36	113.5
1977	55.8	31.0	20	57.0	8	36	115.4
1978	68.0	5.2	5	68.0	8	36	117.4
1979	50.7	17.0	11	55.0	4	36	174.8
1980	64.8	18.3	14	65.1	9	36	119.5
1981	63.1	4.9	5	65.7	7	36	149.4
1982	63.8	15.0	22	65.4	12	36	123.4
1983	64.8	32.3	25	60.3	14	36	67.2
1984	60.0	26.1	25	64.8	12	36	96.2
1985	62.2	25.6	21	63.4	11	36	82.1
1986	68.0	11.5	13	69.6	10	36	84.5
1987	56.8	16.3	9	58.7	5	34	118.2
1988	57.4	10.0	12	59.4	6	36	123.1
1989	64.4	12.9	12	65.3	6	36	98.0
1990	63.1	15.3	13	66.2	10	36	84.2
<i>moyenne</i>	<i>60.6</i>	<i>14.9</i>	<i>13.6</i>	<i>62.1</i>	<i>7.5</i>	<i>35.7</i>	<i>102.7</i>
<i>écart-type</i>	<i>5.9</i>	<i>8.6</i>	<i>6.8</i>	<i>5.1</i>	<i>3.7</i>	<i>1.3</i>	<i>32.4</i>

Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations		aval Prise d'Eau
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	millions_m3
janvier	244.4	9.5	10	218.7	12	120	256.0
février	237.7	67.8	57	183.8	33	120	179.1
mars	211.2	138.4	95	196.4	31	116	145.4
avril	190.1	120.3	93	207.4	30	114	187.5
mai	206.6	100.6	75	243.0	41	117	327.7
juin	205.8	57.9	66	213.4	36	120	346.7
juillet	218.2	50.8	62	231.7	37	120	387.4
août	219.2	34.4	54	235.9	35	120	429.6
septembre	181.1	13.6	28	212.9	17	120	436.0
octobre	141.6	0.0	0	191.8	0	120	464.1
novembre	129.9	0.0	1	151.0	0	120	549.4
décembre	236.4	4.2	2	199.4	27	120	400.8
<i>total</i>	<i>2422.2</i>	<i>597.5</i>	<i>543</i>	<i>2485.2</i>	<i>299</i>	<i>1427</i>	<i>4109.6</i>

**AMENAGEMENT 1996 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990**

- efficience d'irrigation = 100 % -

**Résultats annuels - Retenue de Letaye**

année	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m	évaporation millions_m	infiltration millions_m	vides	pleins	apports artifi millions_m3
1951	8.03	1.54	0.87	0.27	0.30	0.95	0	34	8.34
1952	7.64	0.87	0.34	0.28	0.31	0.94	0	32	8.02
1953	8.63	1.41	0.68	0.23	0.28	0.86	4	30	8.86
1954	12.41	1.24	0.91	0.22	0.28	0.84	2	26	12.59
1955	6.07	0.67	0.20	0.11	0.09	0.25	22	9	6.21
1956	7.66	1.30	0.53	0.28	0.31	0.97	0	34	7.88
1957	7.01	1.56	1.23	0.19	0.16	0.54	16	19	7.19
1958	7.11	3.01	1.90	0.26	0.23	0.73	8	26	6.70
1959	11.90	0.50	0.07	0.21	0.30	0.90	0	29	12.46
1960	10.94	0.39	0.08	0.11	0.16	0.55	15	18	11.15
1961	10.53	2.10	1.47	0.20	0.18	0.56	13	19	10.51
1962	8.45	1.70	0.83	0.24	0.28	0.87	5	30	7.93
1963	11.08	0.85	0.58	0.18	0.20	0.61	11	21	11.87
1964	12.05	1.55	0.62	0.21	0.28	0.79	3	26	11.56
1965	11.13	0.31	0.03	0.11	0.14	0.48	16	17	11.90
1966	11.61	3.99	3.61	0.33	0.30	0.92	0	30	12.12
1967	12.09	0.68	0.11	0.20	0.29	0.88	0	28	12.41
1968	10.88	0.44	0.06	0.14	0.21	0.63	11	21	11.27
1969	8.87	1.27	0.52	0.20	0.23	0.73	8	25	8.89
1970	9.67	4.67	4.18	0.32	0.22	0.70	8	24	9.78
1971	16.06	0.32	0.15	0.09	0.20	0.51	10	14	16.25
1972	11.20	1.16	0.66	0.23	0.30	0.91	1	31	11.95
1973	14.19	0.41	0.10	0.10	0.17	0.51	13	16	14.30
1974	13.27	1.48	0.82	0.17	0.23	0.63	6	21	13.47
1975	13.96	0.94	0.61	0.12	0.14	0.41	16	14	14.05
1976	15.60	1.07	0.71	0.18	0.27	0.73	2	19	15.96
1977	10.51	2.04	1.51	0.17	0.12	0.39	19	13	10.44
1978	13.57	0.67	0.35	0.18	0.25	0.72	7	22	13.48
1979	7.15	2.70	2.06	0.25	0.20	0.60	12	21	7.61
1980	13.04	0.20	0.01	0.11	0.17	0.55	11	17	13.40
1981	10.66	2.66	1.50	0.25	0.29	0.85	2	28	10.44
1982	13.17	1.75	1.32	0.21	0.26	0.72	2	23	13.51
1983	14.85	0.16	0.00	0.07	0.17	0.45	13	12	14.71
1984	12.02	2.01	1.67	0.17	0.18	0.48	12	15	12.70
1985	11.79	1.85	1.41	0.15	0.14	0.42	17	13	11.77
1986	13.61	0.83	0.30	0.17	0.28	0.76	0	24	13.95
1987	8.50	1.79	1.01	0.19	0.23	0.70	9	22	8.44
1988	9.57	3.91	3.22	0.28	0.27	0.83	3	29	9.71
1989	12.16	1.42	0.96	0.18	0.22	0.70	9	25	12.44
1990	14.16	0.99	0.71	0.15	0.22	0.64	8	21	14.59
<i>moyenne</i>	<i>11.07</i>	<i>1.46</i>	<i>0.95</i>	<i>0.19</i>	<i>0.23</i>	<i>0.68</i>	<i>7.9</i>	<i>22.5</i>	<i>11.27</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.56</i>	<i>1.06</i>	<i>0.97</i>	<i>0.06</i>	<i>0.06</i>	<i>0.18</i>	<i>6.2</i>	<i>6.5</i>	<i>2.62</i>

**Cumuls saisonniers - Retenue de Letaye**

mois	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m	évaporation millions_m	infiltration millions_m	vides	pleins	apports artifi millions_m3
janvier	43.85	2.74	0.65	0.42	0.81	2.90	9	95	45.31
février	54.17	1.12	0.00	0.25	0.69	2.09	36	53	47.53
mars	44.63	0.70	0.00	0.15	0.49	1.07	61	30	43.71
avril	37.03	1.99	0.93	0.29	0.53	1.18	64	40	37.46
mai	42.90	2.97	1.22	0.45	0.59	1.29	51	45	46.56
juin	44.02	2.05	1.21	0.50	0.79	1.93	36	64	45.88
juillet	46.14	3.85	2.86	0.67	0.85	2.06	30	69	48.71
août	42.06	3.55	2.13	0.75	0.91	2.34	13	78	47.16
septembre	26.68	7.01	5.00	1.10	0.94	2.78	2	99	29.40
octobre	10.50	10.19	7.86	1.21	0.90	3.31	0	118	12.17
novembre	7.78	13.25	10.71	1.16	0.79	3.28	0	118	7.78
décembre	43.03	9.02	5.31	0.74	0.74	2.97	12	89	39.17
<i>total</i>	<i>442.80</i>	<i>58.44</i>	<i>37.88</i>	<i>7.69</i>	<i>9.03</i>	<i>27.20</i>	<i>314</i>	<i>898.0</i>	<i>450.82</i>

## AMENAGEMENT 1996 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990

- efficience d'irrigation = 100 % -

## Résultats annuels - Retenue de Gachet

année	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m	évaporation millions_m	infiltration millions_m	vides	pleins	apports artifi millions_m3
1951	15.35	5.48	2.14	0.89	0.93	1.43	9	8	12.73
1952	16.15	15.73	8.59	1.42	1.25	2.01	7	12	11.28
1953	18.87	10.58	3.79	0.72	0.74	1.04	14	6	13.45
1954	18.56	6.46	1.21	0.53	0.68	1.12	18	8	12.43
1955	7.49	4.97	1.63	0.54	0.47	0.73	22	6	6.29
1956	13.98	15.36	7.16	1.75	1.74	3.12	0	20	9.45
1957	11.63	8.21	3.48	0.55	0.54	0.91	22	7	7.86
1958	12.57	16.89	10.10	1.39	1.27	2.16	8	12	7.44
1959	19.80	2.95	0.00	0.16	0.30	0.16	23	0	15.22
1960	13.36	3.82	0.10	0.29	0.35	0.27	20	1	11.92
1961	16.27	8.18	2.95	0.63	0.62	0.95	19	7	11.15
1962	15.09	15.37	8.25	1.38	1.35	2.34	6	15	8.58
1963	13.64	5.46	1.88	0.54	0.44	0.67	23	5	11.96
1964	20.10	13.97	4.34	1.13	1.25	1.81	6	11	11.07
1965	13.72	4.45	0.00	0.31	0.41	0.42	21	1	11.89
1966	15.22	10.51	4.79	0.99	0.90	1.63	16	14	10.65
1967	22.62	6.08	0.30	0.25	0.55	0.60	15	2	16.12
1968	12.90	3.94	0.22	0.51	0.56	0.46	15	3	12.51
1969	17.07	6.25	1.39	0.95	1.10	1.47	8	8	12.74
1970	11.37	31.68	25.57	1.77	1.08	1.89	10	16	7.56
1971	23.70	7.17	0.00	0.36	0.68	0.98	18	3	15.28
1972	16.98	6.15	1.65	0.45	0.47	0.62	20	4	14.40
1973	16.33	2.31	0.00	0.14	0.29	0.13	25	0	12.69
1974	14.62	4.39	1.27	0.51	0.45	0.72	24	4	13.09
1975	13.07	4.25	0.97	0.43	0.33	0.32	23	3	11.97
1976	16.99	3.93	0.99	0.53	0.56	0.93	20	6	13.64
1977	10.28	7.51	4.76	0.76	0.59	0.99	21	7	8.52
1978	20.39	7.65	0.41	1.05	1.16	1.34	5	7	13.88
1979	10.42	17.24	11.07	1.20	0.83	1.32	15	11	7.10
1980	17.09	5.96	0.34	0.46	0.66	0.90	16	5	11.34
1981	18.71	8.26	0.39	0.72	1.01	1.14	7	7	12.85
1982	15.58	6.77	2.82	0.46	0.37	0.51	23	5	12.69
1983	15.48	0.28	0.00	0.09	0.24	0.21	26	0	12.66
1984	13.62	12.36	7.46	0.41	0.29	0.49	27	4	11.68
1985	15.86	20.15	13.63	0.54	0.54	0.92	21	8	9.58
1986	19.78	5.23	1.06	0.48	0.53	0.62	18	3	16.71
1987	16.29	15.13	6.11	1.01	1.01	1.43	9	10	8.47
1988	13.68	22.39	17.71	1.19	0.78	1.31	17	12	10.51
1989	18.08	14.67	7.57	0.78	0.99	1.66	12	11	11.48
1990	14.97	10.50	3.59	0.43	0.51	0.85	21	9	10.55
<i>moyenne</i>	<i>15.69</i>	<i>9.47</i>	<i>4.24</i>	<i>0.72</i>	<i>0.72</i>	<i>1.06</i>	<i>16.3</i>	<i>7.0</i>	<i>11.53</i>
<i>écart-type</i>	<i>3.36</i>	<i>6.38</i>	<i>5.42</i>	<i>0.43</i>	<i>0.36</i>	<i>0.65</i>	<i>6.8</i>	<i>4.7</i>	<i>2.49</i>

## Cumuls saisonniers - Retenue de Gachet

mois	volumes sol millions_m3	apports 'nat millions_m3	deverseme millions_m3	pluie millions_m	évaporation millions_m	infiltration millions_m	vides	pleins	apports artifi millions_m3
janvier	84.16	12.56	1.60	1.73	3.31	4.32	22	9	48.74
février	73.58	7.49	0.13	0.91	1.80	1.83	73	6	41.45
mars	49.97	7.76	0.00	0.26	0.57	0.61	105	1	33.65
avril	41.85	17.32	1.42	0.43	0.53	0.53	101	4	31.74
mai	49.29	22.30	0.20	0.83	0.95	0.72	80	4	44.07
juin	47.18	16.01	5.56	1.52	1.68	1.86	77	10	38.89
juillet	56.07	23.50	6.34	1.80	1.78	2.40	77	12	43.96
août	63.50	28.52	6.32	1.84	1.86	2.50	70	13	46.63
septembre	46.81	55.13	23.46	3.05	2.34	2.81	36	23	42.93
octobre	20.23	65.46	37.36	5.54	4.00	5.81	0	55	33.13
novembre	15.80	83.01	65.44	6.43	5.11	9.44	0	87	20.65
décembre	79.26	39.56	21.82	4.36	4.88	9.75	9	57	35.56
<i>total</i>	<i>627.70</i>	<i>378.62</i>	<i>169.65</i>	<i>28.70</i>	<i>28.70</i>	<i>28.81</i>	<i>43</i>	<i>650.0</i>	<i>281.00</i>

**AMENAGEMENT 1996 - simulation 1 - pas de temps décadaire 1951-1990**

- efficacité d'irrigation = 100 % -

**Résultats annuels - Retenue de Bras David**

année	volumes sol apports 'nat		deverseme pluie	évaporation vides		pleins	
	millions_m3	millions_m3		millions_m	millions_m3		
1951	41.91	147.42	105.65	0.39	0.26	0	32
1952	41.51	114.83	74.96	0.39	0.25	0	28
1953	43.23	120.41	75.83	0.36	0.20	5	25
1954	47.44	101.40	55.35	0.57	0.24	0	22
1955	31.42	59.29	27.01	0.27	0.07	22	7
1956	39.34	113.28	74.33	0.64	0.26	0	33
1957	37.28	79.52	42.49	0.40	0.16	11	17
1958	34.85	114.47	79.92	0.50	0.20	8	25
1959	50.07	86.61	36.64	0.35	0.25	0	21
1960	44.89	73.81	30.88	0.30	0.15	13	17
1961	43.11	78.27	33.92	0.29	0.14	10	15
1962	38.64	104.55	67.56	0.49	0.22	3	24
1963	45.97	83.87	36.46	0.36	0.19	8	23
1964	44.78	121.57	77.05	0.50	0.23	2	29
1965	45.46	90.86	45.69	0.33	0.17	9	20
1966	44.20	142.24	98.10	0.62	0.25	1	30
1967	50.79	101.55	52.53	0.33	0.25	1	27
1968	45.60	92.81	45.69	0.34	0.19	7	22
1969	42.63	114.02	71.64	0.44	0.20	6	25
1970	39.43	125.26	86.21	0.57	0.20	7	25
1971	53.11	79.05	25.98	0.18	0.15	7	10
1972	47.05	142.08	95.32	0.55	0.26	0	34
1973	48.92	80.18	31.97	0.22	0.16	8	16
1974	48.08	105.60	56.99	0.32	0.20	4	22
1975	46.84	96.76	50.05	0.26	0.13	10	11
1976	51.88	120.53	68.84	0.43	0.24	0	26
1977	40.42	105.49	65.32	0.38	0.12	15	14
1978	48.19	110.78	63.53	0.34	0.20	6	19
1979	35.00	141.32	105.90	0.54	0.16	11	22
1980	45.66	106.46	60.98	0.35	0.17	10	20
1981	44.96	138.58	94.00	0.61	0.24	1	24
1982	48.97	123.95	75.19	0.44	0.23	1	28
1983	49.68	85.43	37.68	0.30	0.17	9	16
1984	46.54	104.67	57.30	0.41	0.17	9	18
1985	43.62	93.16	48.96	0.28	0.14	12	14
1986	53.19	100.11	47.35	0.45	0.21	2	19
1987	38.20	112.39	74.27	0.45	0.18	9	19
1988	42.74	119.04	76.59	0.52	0.23	1	28
1989	46.07	104.66	58.93	0.40	0.19	5	19
1990	47.28	96.26	49.03	0.39	0.20	5	21
<i>moyenne</i>	<i>44.47</i>	<i>105.81</i>	<i>61.55</i>	<i>0.41</i>	<i>0.20</i>	<i>6.0</i>	<i>21.7</i>
<i>écart-type</i>	<i>5.03</i>	<i>20.69</i>	<i>21.78</i>	<i>0.11</i>	<i>0.04</i>	<i>5.1</i>	<i>6.2</i>

**Cumuls saisonniers - Retenue de Bras David**

mois	volumes sol apports 'nat		deverseme pluie	évaporation vides		pleins	
	millions_m3	millions_m3		millions_m	millions_m		
janvier	169.96	307.26	142.07	0.82	0.59	12	66
février	161.31	234.11	96.49	0.55	0.51	33	38
mars	151.90	220.57	74.75	0.43	0.40	59	22
avril	139.30	249.21	99.86	0.58	0.38	50	33
mai	161.01	360.52	185.41	1.17	0.60	34	58
juin	157.41	363.29	203.15	1.22	0.77	20	68
juillet	164.84	400.40	230.71	1.54	0.79	14	84
août	164.39	429.29	260.06	1.81	0.79	7	93
septembre	140.76	410.03	270.02	2.23	0.82	4	98
octobre	117.82	416.09	293.12	2.31	0.84	1	107
novembre	99.74	456.55	360.79	2.27	0.70	1	110
décembre	150.49	385.21	245.64	1.34	0.62	3	90
<i>total</i>	<i>1 778.93</i>	<i>4 232.53</i>	<i>2 462.07</i>	<i>16.27</i>	<i>7.81</i>	<i>238</i>	<i>867.0</i>

## AMENAGEMENT 1996 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990

- Besoins 1995 - efficience d'irrigation = 100 % -

## Résultats annuels - système d'eau

année	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations	saturations	aval Prise d'Eau millions_m3
	millions_m	millions_m		millions_m3	diam.800	David 500	
1951	42.6	0.0	0	46.8	2	16	175.4
1952	43.6	0.0	0	46.6	3	14	130.6
1953	46.5	0.0	0	51.6	3	17	133.7
1954	53.1	0.0	0	54.8	9	22	100.2
1955	38.1	23.1	21	41.4	6	17	49.5
1956	39.7	0.0	0	44.2	2	9	131.8
1957	45.4	14.2	14	47.3	7	24	74.3
1958	41.5	10.4	7	44.8	3	12	132.1
1959	53.7	0.0	0	58.0	7	29	74.0
1960	51.8	7.4	13	53.3	6	24	59.4
1961	52.1	6.2	7	55.5	7	26	64.6
1962	44.7	0.5	1	44.9	3	12	117.1
1963	50.6	5.7	7	56.1	7	26	71.1
1964	52.1	0.0	0	54.3	9	16	133.1
1965	51.7	13.0	13	55.7	10	22	83.6
1966	51.2	0.0	1	54.5	5	21	161.2
1967	54.0	0.0	0	56.4	7	21	99.8
1968	48.9	6.0	5	54.6	9	21	86.7
1969	47.3	3.3	5	50.7	5	19	123.1
1970	46.3	2.1	3	49.0	7	15	142.5
1971	60.4	0.0	1	64.2	13	27	59.5
1972	48.7	0.0	0	53.7	5	16	162.1
1973	59.6	8.3	9	61.1	11	29	66.5
1974	57.1	3.1	3	60.7	12	27	105.3
1975	56.4	9.2	14	58.9	14	27	88.0
1976	57.8	0.0	0	60.6	17	25	119.6
1977	52.4	17.0	18	54.2	9	25	118.2
1978	53.2	0.0	0	55.6	11	17	127.4
1979	43.4	8.3	6	47.3	4	15	180.2
1980	55.5	7.9	10	57.7	10	22	124.5
1981	49.4	0.0	0	53.9	7	17	160.1
1982	55.8	0.0	0	59.1	11	27	128.3
1983	61.5	9.3	7	60.0	17	32	67.3
1984	54.7	4.2	5	59.9	9	28	99.5
1985	55.2	7.3	8	57.3	11	24	85.9
1986	56.2	0.0	0	59.6	11	29	92.4
1987	46.2	9.4	9	49.2	6	12	125.0
1988	47.3	0.0	0	50.8	4	18	129.9
1989	53.1	4.5	4	56.0	5	21	104.9
1990	53.2	3.2	3	57.0	10	20	91.1
<i>moyenne</i>	<i>50.8</i>	<i>4.6</i>	<i>4.9</i>	<i>53.9</i>	<i>7.9</i>	<i>21.0</i>	<i>109.5</i>
<i>écart-type</i>	<i>5.7</i>	<i>5.6</i>	<i>5.6</i>	<i>5.5</i>	<i>3.8</i>	<i>5.7</i>	<i>33.7</i>

## Cumuls saisonniers - système d'eau

mois	apports	déficits	défaillances	volumes prelevés	saturations	saturations	aval Prise d'Eau millions_m3
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	diam.800	David 500	
janvier	188.5	0.8	4	199.2	11	90	274.5
février	221.0	7.8	13	176.1	43	97	184.9
mars	218.3	37.5	33	192.6	37	93	148.5
avril	182.5	48.5	47	196.7	31	90	193.6
mai	181.0	41.8	34	220.3	42	84	346.5
juin	181.8	20.3	29	196.2	34	85	361.8
juillet	186.6	20.7	24	207.5	37	82	406.3
août	171.1	5.1	7	206.4	32	76	453.0
septembre	130.0	0.6	1	166.5	17	53	471.3
octobre	100.0	0.0	0	120.3	0	21	520.4
novembre	91.0	0.0	1	102.9	0	14	592.8
décembre	180.2	0.6	1	172.6	30	56	425.4
<i>total</i>	<i>2031.9</i>	<i>183.7</i>	<i>194</i>	<i>2157.1</i>	<i>314</i>	<i>841</i>	<i>4379.1</i>

**AMENAGEMENT 1996 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990**

- Besoins 1995 - efficience d'irrigation = 100 % -

Résultats annuels - Retenue de Letaye

année	volumes sol apports 'nat deverseme pluie				évaporation infiltration		vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m	millions_m	millions_m			
1951	8.03	1.54	0.87	0.27	0.30	0.95	0	34	8.34
1952	7.64	0.87	0.34	0.28	0.31	0.94	0	33	8.08
1953	9.50	1.41	0.68	0.25	0.29	0.89	0	31	9.69
1954	12.41	1.24	0.91	0.23	0.28	0.86	2	27	12.61
1955	6.94	0.67	0.31	0.13	0.11	0.37	21	14	7.33
1956	7.66	1.30	0.53	0.28	0.31	0.97	0	34	7.88
1957	8.44	1.56	1.23	0.19	0.16	0.56	15	19	8.63
1958	7.57	3.01	1.90	0.26	0.23	0.73	8	26	7.17
1959	11.90	0.50	0.07	0.21	0.30	0.90	0	29	12.46
1960	12.78	0.39	0.08	0.12	0.17	0.57	12	19	13.05
1961	11.78	2.10	1.52	0.22	0.22	0.69	8	22	11.94
1962	8.87	1.70	0.83	0.25	0.29	0.90	4	31	8.39
1963	11.93	0.85	0.58	0.18	0.22	0.63	6	21	12.76
1964	12.07	1.55	1.04	0.23	0.28	0.82	3	27	12.00
1965	12.26	0.31	0.03	0.12	0.15	0.50	15	18	13.06
1966	11.61	3.99	3.61	0.33	0.31	0.93	0	30	12.13
1967	12.09	0.68	0.11	0.20	0.29	0.89	0	29	12.42
1968	11.97	0.44	0.06	0.15	0.21	0.63	8	21	12.37
1969	9.71	1.27	0.60	0.20	0.24	0.76	7	26	9.83
1970	11.17	4.67	4.18	0.33	0.24	0.71	6	24	11.30
1971	16.43	0.32	0.15	0.12	0.26	0.71	2	20	16.85
1972	11.20	1.16	0.66	0.23	0.30	0.91	1	31	11.95
1973	15.10	0.41	0.10	0.11	0.20	0.55	8	17	15.27
1974	13.78	1.48	0.94	0.19	0.24	0.66	5	21	14.10
1975	15.54	0.94	0.61	0.12	0.14	0.45	16	15	15.67
1976	15.60	1.07	0.71	0.18	0.27	0.73	2	19	15.96
1977	12.56	2.04	1.51	0.18	0.13	0.42	18	14	12.52
1978	14.12	0.67	0.35	0.20	0.27	0.77	4	24	14.09
1979	8.55	2.70	2.06	0.25	0.20	0.62	11	21	9.03
1980	14.39	0.20	0.01	0.11	0.19	0.59	10	18	14.80
1981	11.03	2.66	1.50	0.25	0.29	0.85	1	28	10.81
1982	13.25	1.75	1.32	0.21	0.28	0.80	1	25	13.68
1983	15.77	0.16	0.00	0.07	0.19	0.52	11	14	15.70
1984	12.84	2.01	1.67	0.20	0.22	0.68	8	22	13.75
1985	12.93	1.85	1.41	0.17	0.18	0.50	10	16	13.00
1986	13.61	0.83	0.30	0.17	0.28	0.78	0	25	13.98
1987	9.58	1.79	1.01	0.19	0.23	0.70	9	22	9.52
1988	9.76	3.91	3.22	0.28	0.28	0.87	3	31	9.92
1989	12.69	1.42	0.96	0.19	0.24	0.73	6	26	13.01
1990	15.12	0.99	0.71	0.16	0.24	0.70	6	22	15.62
<i>moyenne</i>	<i>11.75</i>	<i>1.46</i>	<i>0.97</i>	<i>0.20</i>	<i>0.24</i>	<i>0.72</i>	<i>6.2</i>	<i>23.7</i>	<i>12.02</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.56</i>	<i>1.06</i>	<i>0.96</i>	<i>0.06</i>	<i>0.06</i>	<i>0.16</i>	<i>5.6</i>	<i>5.8</i>	<i>2.63</i>

Cumuls saisonniers - Retenue de Letaye

mois	volumes sol apports 'nat deverseme pluie				évaporation infiltration		vides	pleins	apports artifi
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m	millions_m	millions_m			
janvier	44.94	2.74	0.65	0.43	0.83	2.96	4	101	48.23
février	60.43	1.12	0.00	0.27	0.74	2.27	23	60	54.70
mars	54.80	0.70	0.00	0.19	0.60	1.27	49	34	53.24
avril	43.03	1.99	1.34	0.35	0.61	1.35	50	43	43.71
mai	45.83	2.97	1.31	0.49	0.65	1.49	43	52	49.99
juin	45.75	2.05	1.21	0.52	0.84	2.08	32	68	47.52
juillet	47.15	3.85	2.92	0.71	0.92	2.20	23	71	49.29
août	40.08	3.55	2.13	0.79	0.96	2.47	9	84	45.80
septembre	26.46	7.01	5.11	1.13	0.96	2.93	2	103	29.18
octobre	10.50	10.19	7.97	1.22	0.91	3.39	0	120	11.59
novembre	7.78	13.25	10.71	1.16	0.79	3.31	0	120	8.18
décembre	43.41	9.02	5.31	0.74	0.74	3.00	12	90	39.27
<i>total</i>	<i>470.16</i>	<i>58.44</i>	<i>38.66</i>	<i>8.00</i>	<i>9.55</i>	<i>28.72</i>	<i>247</i>	<i>946</i>	<i>480.69</i>

**AMENAGEMENT 1996 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990**  
**- Besoins 1995 - efficience d'irrigation = 100 % -**

Résultats annuels - Retenue de Gachet

année	volumes sol apports 'nat deverseme pluie			évaporation infiltration vides			pleins	apports artifi	
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m	millions_m	millions_m		millions_m3	millions_m3
1951	12.34	5.48	3.40	1.64	1.76	3.27	0	23	13.59
1952	13.38	15.73	9.93	1.76	1.71	3.10	0	26	10.18
1953	14.63	10.58	5.18	1.44	1.69	2.98	0	24	12.97
1954	17.46	6.46	2.90	1.14	1.53	2.44	0	16	16.07
1955	9.66	4.97	2.37	0.75	0.72	1.24	19	11	8.94
1956	10.00	15.36	8.99	1.85	1.82	3.65	0	36	7.24
1957	13.65	8.21	5.11	0.89	0.87	1.54	15	14	12.07
1958	11.66	16.89	11.48	1.47	1.43	2.73	6	22	8.94
1959	18.99	2.95	0.32	0.93	1.64	2.65	0	15	19.71
1960	15.89	3.82	0.92	0.75	1.11	1.84	8	11	15.11
1961	17.25	8.18	4.96	1.16	1.17	1.90	7	14	16.02
1962	13.17	15.37	9.92	1.61	1.65	2.98	0	26	8.96
1963	15.34	5.46	3.02	1.15	1.07	1.76	10	15	15.91
1964	16.63	13.97	8.43	1.58	1.69	2.99	0	22	13.04
1965	16.04	4.45	0.40	0.76	0.95	1.60	13	12	15.26
1966	16.86	10.51	7.15	1.49	1.60	2.49	0	16	15.76
1967	18.67	6.08	1.61	0.88	1.68	2.84	0	20	17.34
1968	13.92	3.94	0.95	1.03	1.35	2.24	5	17	14.44
1969	14.95	6.25	2.79	1.18	1.44	2.54	3	19	14.28
1970	12.15	31.68	27.26	2.07	1.50	2.68	2	23	9.85
1971	20.27	7.17	1.34	1.08	1.71	2.97	0	17	17.76
1972	14.85	6.15	2.32	1.36	1.78	3.35	0	25	15.03
1973	20.75	2.31	0.07	0.53	1.02	1.51	10	9	19.80
1974	19.73	4.39	1.58	1.03	1.32	2.01	3	14	19.46
1975	17.64	4.25	1.70	0.79	0.93	1.46	10	9	17.20
1976	18.50	3.93	1.71	1.22	1.57	2.36	0	13	18.48
1977	15.68	7.51	4.91	0.83	0.74	1.29	18	10	14.49
1978	16.03	7.65	2.54	1.56	1.70	2.99	0	22	13.81
1979	12.13	17.24	13.73	1.45	1.19	1.98	9	16	10.87
1980	17.36	5.96	2.70	0.77	1.03	1.85	12	14	15.83
1981	15.59	8.26	1.81	1.37	1.70	3.01	0	23	12.87
1982	18.41	6.77	4.41	1.13	1.50	2.15	0	11	18.56
1983	21.46	0.28	0.00	0.26	0.74	0.93	11	4	20.59
1984	18.17	12.36	9.02	0.89	0.96	1.04	4	8	17.94
1985	18.53	20.15	15.73	0.87	1.05	1.50	8	10	15.77
1986	18.92	5.23	2.84	1.30	1.57	2.38	0	13	19.18
1987	13.79	15.13	8.95	1.35	1.36	2.50	6	17	9.99
1988	14.42	22.39	19.73	1.81	1.60	2.69	0	19	14.39
1989	17.10	14.67	9.99	1.07	1.31	2.24	5	16	14.63
1990	15.11	10.50	5.91	1.02	1.44	2.45	3	17	13.66
<i>moyenne</i>	<i>15.93</i>	<i>9.47</i>	<i>5.70</i>	<i>1.18</i>	<i>1.37</i>	<i>2.30</i>	<i>4.7</i>	<i>16.7</i>	<i>14.65</i>
<i>écart-type</i>	<i>2.86</i>	<i>6.38</i>	<i>5.78</i>	<i>0.39</i>	<i>0.33</i>	<i>0.68</i>	<i>5.5</i>	<i>6.2</i>	<i>3.42</i>

Cumuls saisonniers - Retenue de Gachet

mois	volumes sol apports 'nat deverseme pluie			évaporation infiltration vides			pleins	apports artifi	
	millions_m3	millions_m3	millions_m3	millions_m	millions_m	millions_m		millions_m3	millions_m3
janvier	64.04	12.56	2.65	2.72	5.12	9.93	0	52	66.06
février	83.65	7.49	1.49	1.94	4.52	7.59	9	27	60.15
mars	79.64	7.76	0.00	1.49	3.76	4.20	29	8	54.53
avril	60.55	17.32	5.03	1.92	3.13	3.60	41	21	49.85
mai	55.76	22.30	3.05	2.57	3.40	3.98	33	29	56.21
juin	57.40	16.01	7.60	2.63	3.80	5.44	33	40	58.91
juillet	60.88	23.50	11.93	3.73	4.07	6.43	29	46	63.12
août	54.59	28.52	12.66	4.13	4.46	7.07	13	51	60.78
septembre	31.93	55.13	35.26	6.49	5.30	8.91	0	80	42.49
octobre	15.86	65.46	53.21	7.64	5.97	11.77	0	114	18.13
novembre	12.84	83.01	70.99	7.10	5.69	11.91	0	119	11.74
décembre	59.91	39.56	24.22	4.87	5.37	11.27	0	82	43.99
<i>total</i>	<i>637.04</i>	<i>378.62</i>	<i>228.09</i>	<i>47.23</i>	<i>54.59</i>	<i>92.10</i>	<i>187</i>	<i>669</i>	<i>585.96</i>

**AMENAGEMENT 1996 - simulation 2 - pas de temps décadaire 1951-1990**

- Besoins 1995 - efficience d'irrigation = 100 % -

**Résultats annuels - Retenue de Bras David**

année	volumes sol apports 'nat		deverseme pluie millions_m	évaporation vides		pleins	
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	millions_m3		
1951	20.25	147.42	127.30	0.39	0.26	0	33
1952	20.81	114.83	94.60	0.40	0.25	0	31
1953	24.77	120.41	95.34	0.37	0.23	2	28
1954	31.81	101.40	70.72	0.59	0.25	0	25
1955	24.26	59.29	34.50	0.37	0.11	16	10
1956	15.97	113.28	97.70	0.65	0.26	0	35
1957	27.01	79.52	52.76	0.41	0.17	11	19
1958	19.32	114.47	95.45	0.50	0.20	8	26
1959	34.80	86.61	51.92	0.36	0.26	0	32
1960	33.79	73.81	41.24	0.31	0.15	11	19
1961	32.89	78.27	44.73	0.32	0.16	7	17
1962	20.19	104.55	85.93	0.50	0.23	2	26
1963	32.89	83.87	49.60	0.37	0.19	8	24
1964	26.81	121.57	95.03	0.51	0.24	0	30
1965	32.33	90.86	58.86	0.34	0.17	8	21
1966	27.48	142.24	114.97	0.63	0.25	1	31
1967	31.44	101.55	71.76	0.35	0.26	0	31
1968	30.24	92.81	61.17	0.35	0.20	7	25
1969	25.65	114.02	88.67	0.51	0.21	5	26
1970	24.57	125.26	101.07	0.57	0.20	6	25
1971	40.11	79.05	39.02	0.26	0.18	3	14
1972	24.77	142.08	117.60	0.56	0.26	0	35
1973	39.04	80.18	41.46	0.22	0.17	8	17
1974	34.38	105.60	71.07	0.34	0.22	3	25
1975	36.93	96.76	59.97	0.29	0.15	9	12
1976	36.00	120.53	84.73	0.44	0.25	0	28
1977	31.75	105.49	73.99	0.40	0.14	13	14
1978	29.85	110.78	81.77	0.40	0.23	2	25
1979	22.17	141.32	118.85	0.54	0.17	11	22
1980	32.04	106.46	74.60	0.36	0.17	9	22
1981	25.14	138.58	113.83	0.63	0.25	1	30
1982	34.36	123.95	89.80	0.45	0.24	1	28
1983	41.53	85.43	44.94	0.33	0.19	6	20
1984	36.45	104.67	67.57	0.42	0.18	7	21
1985	34.52	93.16	58.79	0.30	0.15	10	16
1986	37.20	100.11	63.16	0.49	0.25	0	26
1987	24.86	112.39	87.81	0.46	0.18	9	21
1988	26.27	119.04	93.06	0.52	0.24	1	29
1989	31.40	104.66	73.48	0.42	0.20	5	22
1990	33.27	96.26	63.19	0.40	0.21	4	26
<i>moyenne</i>	29.73	105.81	76.30	0.43	0.21	4.9	24.2
<i>écart-type</i>	6.22	20.69	24.54	0.11	0.04	4.4	6.2

**Cumuls saisonniers - Retenue de Bras David**

mois	volumes sol apports 'nat		deverseme pluie millions_m	évaporation vides		pleins	
	millions_m3	millions_m3		millions_m3	millions_m3		
janvier	126.22	307.26	187.69	0.88	0.64	9	82
février	137.03	234.11	119.81	0.60	0.56	21	46
mars	137.34	220.57	90.67	0.49	0.45	53	29
avril	115.64	249.21	122.36	0.64	0.43	47	40
mai	116.08	360.52	230.77	1.34	0.67	28	65
juin	114.52	363.29	247.11	1.26	0.81	19	80
juillet	114.93	400.40	281.77	1.58	0.82	13	89
août	106.40	429.29	317.10	1.86	0.82	4	98
septembre	73.34	410.03	336.07	2.28	0.85	0	108
octobre	32.70	416.09	381.95	2.45	0.89	0	117
novembre	23.37	456.55	436.22	2.28	0.71	0	116
décembre	91.69	385.21	300.49	1.39	0.64	0	97
<i>total</i>	<i>1 189.28</i>	<i>4 232.53</i>	<i>3 052.01</i>	<i>17.05</i>	<i>8.29</i>	<i>194</i>	<i>967</i>





---

---

## Table des annexes

Annexes 1. Les fichiers dans Hydrum .....	1
Fichiers d'entrée .....	1
Fichiers de sauvegarde .....	3
Les fichiers d'exportation .....	5
Annexes 2. Les données d'écoulement .....	7
Grande Rivière à Goyaves .....	7
Retenue de Letaye .....	13
Retenue de Gachet .....	17
Annexes 3. Simulations scénario 1993-1996 .....	21
Présentation .....	21
Aménagement 1993 .....	22
Aménagement 1994 .....	25
Aménagement 1995 .....	30
Aménagement 1996 .....	36

---

---

## Liste des tableaux

2-1.Stations sur la Grande Rivière à Goyaves .....	7
2-2.Prélèvements moyens du canal d'Arnouville de 1951 à 1973 en l/s .....	8
2-3.Prélèvements en amont de la station TRAVERSEE de 1951 à 1980 en l/s .....	9
2-4.Reconstitution des débits à la station PRISE D'EAU .....	10
2-5.Reconstitution des débits à la station TRAVERSEE .....	11
2-6.Reconstitution des débits à la station DUCLOS.....	11
2-7.Reconstitution des débits à la station BRAS DAVID .....	12
2-8.Reconstitution des débits à la station BRAS DAVID en 1991 .....	12
2-9.Moyennes mensuelles interannuelles des évaporations au bac de Letaye 1979-1991 .....	15
2-10.Moyennes mensuelles interannuelles d'évapotranspirations.....	17
2-11.Résultats de simulation sur Gachet pour 1991 .....	20

---

## Liste des figures

2-1.Prélèvements sur la Grande rivière à Goyaves.....	7
2-2.Corrélation Pluie-Débit au pas de temps mensuel sur le BV de Letaye .....	13
2-3.Lames écoulées déduites du bilan et calculées par la régression pluie-débit.....	14
2-4.Modèle GR3 -Lames décadaires sur la période 1975-1982 .....	19
2-5.Modèle GR3 - Lames mensuelles sur la période 1975-1982 .....	19