

GROUPEMENT D'INTERET ECONOMIQUE
ORSTOM - EDF
B.P. 4122 - 34091 MONTPELLIER CEDEX 05
FRANCE

**COMPTE-RENDU D'EXPERTISE HYDROLOGIQUE
A L'ILE DE LA "GRENADE"**

**ETUDE DES RESSOURCES ADDITIONNELLES
POUVANT ALIMENTER EN EAU POTABLE LES PAROISSES DE
"ST GEORGE" ET "ST DAVID"**

SOMMAIRE

I. PRESENTATION GENERALE

1.1. SITUATION	1
1.2. APERCU TOPOGRAPHIQUE	1
1.3. RESEAU HYDROGRAPHIQUE	2
1.4. APERCU CLIMATIQUE	3
1.4.1. Facteurs Généraux du Climat	3
1.4.2. Eléments du Climat	4

II. DONNEES ET MESURES OBTENUES

2.1. REFERENCES REGIONALES	7
2.2. DONNEES ET MESURES OBTENUES LOCALEMENT	8
2.2.1. Pluviométrie	8
2.2.2. Hydrométrie	9
2.2.3. Cartes Thématiques	10

III. LES RESSOURCES ACTUELLEMENT EXPLOITEES

3.1. LES PRISES D'EAU	11
3.1.1. Consistance du Réseau	11
3.1.2. Conception des Ouvrages de Captage	12
3.2. MESURES DE DEBIT	13
3.2.1. Points de Mesures et Mode Opérateur	13
3.2.2. Résultats des Mesures	14

3.3. INTERPRETATION DES MESURES	15
3.3.1. Annandale 1 (Prise Principale)	15
3.3.2. Annandale 2 (Penny Dam)	22
3.3.3. Vendôme 1	23
3.3.3. Vendôme 2	25
3.3.4. Les Avocats	26
3.3.5. Mardigras	27
3.3.6. Mamma Cannes	30

IV. LES RESSOURCES ADDITIONNELLES

4.1. BASSIN DE LA "BEAUSEJOUR RIVER"	33
4.1.1. Mesures Complémentaires de Débit	33
4.1.2. Interprétation des Mesures	33
4.1.3. Propositions	34
4.2. BASSIN DE LA "SAINT JOHN'S RIVER"	35
4.2.1. Mesures Complémentaires de Débit	35
4.2.2. Interprétation des Mesures	36
4.2.3. Propositions	36
4.3. BASSIN DE LA "SAINT FRANCIS RIVER"	37
4.4. BASSIN DE LA "GREAT RIVER"	38
4.4.1. Mesures de Débit	39
4.4.2. Interprétation des Données	40
4.4.3. Propositions	43
4.5. BASSIN DE LA "BLACK BAY RIVER"	44
4.5.1. Mesures de Débit	44
4.5.2. Interprétation des Données	45
4.5.3. Propositions	47

I. PRESENTATION GENERALE

1.1. SITUATION

La GRENADE est située dans l'archipel des Petites Antilles, chapelet d'îles de superficies très restreintes, entre l'Atlantique tropical et la Mer des Caraïbes, puisque à part Trinidad, les plus vastes d'entre elles atteignent tout au plus le millier de km².

La disposition de ce semis fait intervenir deux arcs où les différences géologiques et les types de reliefs corrélatifs expliquent des conditions climatiques très diverses. Alors que l'arc externe est essentiellement calcaire, peu accidenté et même de forme très surbaissée dans certains cas, l'arc interne quant à lui constitue un alignement volcanique avec des reliefs postiches offrant des formes hachées.

Ce contraste dans la structure et le relief entraîne une opposition entre l'arc calcaire, relativement peu arrosé bien qu'étant à une latitude tropicale assez propice, et l'arc volcanique "qui accroche les nuages", très pluvieux. Ces îles volcaniques offrent en outre de nombreuses nuances climatiques sur de courtes distances du fait des contrastes de relief et d'exposition.

La GRENADE, positionnée à l'extrémité sud de l'arc interne, est comprise entre :

11° 59' et 12° 14' de latitude nord
61° 36' et 61° 48' de longitude ouest

et ne faut pas à cette règle.

1.2. APERCU TOPOGRAPHIQUE

D'une superficie de 300 km² environ, la GRENADE a la forme d'un fuseau allongé qui s'incline du nord - nord-est au sud - sud-ouest, et dont la plus grande longueur ne dépasse guère 30 km et la plus grande largeur 15 km. Elle est souvent bordée d'une côte accore, particulièrement à l'ouest. Au nord et au nord-ouest cette côte est plus basse et offre de larges baies, ouvertes en partie à la houle de l'Atlantique qui vient toutefois buter sur un liseré de récifs frangeants d'origine corallienne. Les côtes sud-est et sud sont, à l'inverse, extrêmement déchiquetées avec des baies profondes et étroites. Enfin l'extrémité sud-ouest de l'île est constituée par un étonnant appendice effilé, mais toujours dentelé, qui offre les plus belles plages.

Les unités du relief s'organisent en massifs disposés approximativement suivant le grand axe de l'île. Du nord au sud, nous trouvons en premier lieu, à 7 km des côtes nord et est, 6 km de la côte caraïbe, et culminant à 2757 pieds (840 mètres) le Mont Sainte Catherine, le plus haut sommet du pays. Environ 5 km plus au sud-ouest, et séparé de celui-ci par le col de "Clozier" et "Belvidere", se trouve le Mont Granby qui ne dépasse pas les 2240 pieds (683 mètres).

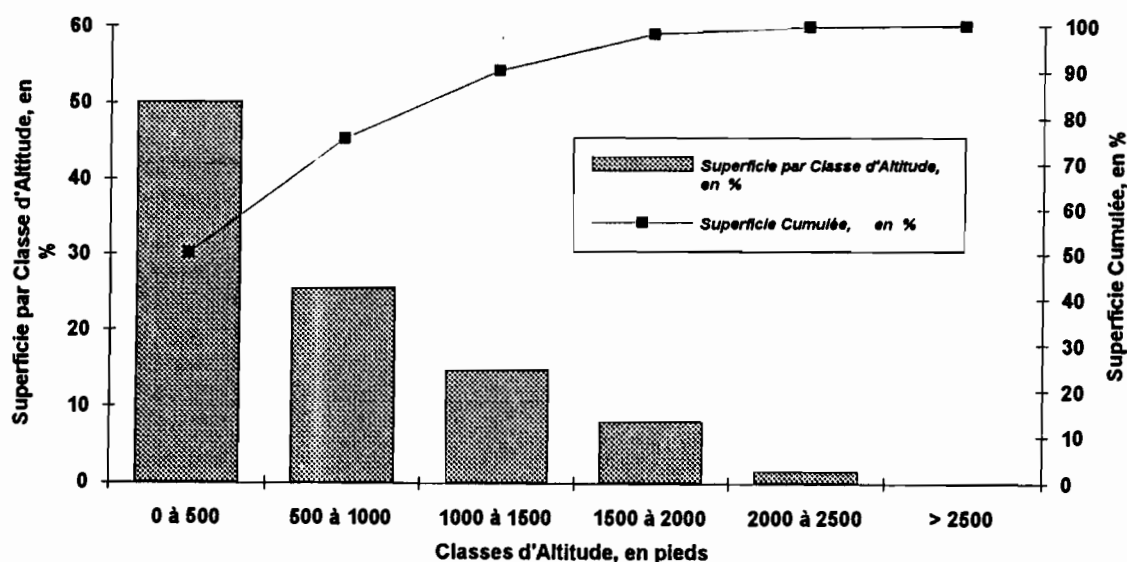
La ligne de crête principale, qui jusqu'alors était orientée nord - nord-est / sud - sud-ouest, prend alors et sur une distance de 7 km, une direction quasiment nord sud avec, successivement, Fedons Camp (2509 pieds soit 765 mètres), Mont Qua Qua (2300 pieds soit 701 mètres) et Mont Sinaï (2308 pieds soit 703 mètres), ces deux derniers étant séparés par le col de "Grand Etang" à 1790 pieds d'altitude soit 545 mètres.

Une troisième ligne de crête enfin, elle aussi orientée nord - nord-est / sud - sud-ouest, et donc parallèle au premier alignement Mont Ste Catherine / Mont Granby, s'étire sur 5.5 km et relie les Monts Lebanon et du Sud - Est (2348 pieds soit 716 mètres) au NE au Mont Maitland au SE (1712 pieds soit 522 mètres) via le Mont Sinaï précité.

Le squelette montagneux de la GRENADÉ prend ainsi la forme d'un U déformé voire même celle d'un parallélogramme ouvert vers le nord-est. Entre les branches de ce U s'étend le réseau hydrographique le plus important et aussi le mieux organisé de l'île, celui de la "Great River".

La distribution hypsométrique du territoire, illustrée par le graphique qui suit, montre que la moitié de la GRENADÉ se situe au-dessous de 500 pieds (environ 150 m) et que les trois quarts du pays se trouvent à moins de 1000 pieds (305 m). La courbe de niveau 1500 pieds (soit 457 m), coïncide grosso modo avec les isohyètes interannuelles 3400 mm sur la façade au vent, et 3800 mm sous le vent. Elle délimite un massif montagneux qui représente quelques 9.6 % de la superficie totale de l'île.

Répartition Hypsométrique - GRENADÉ

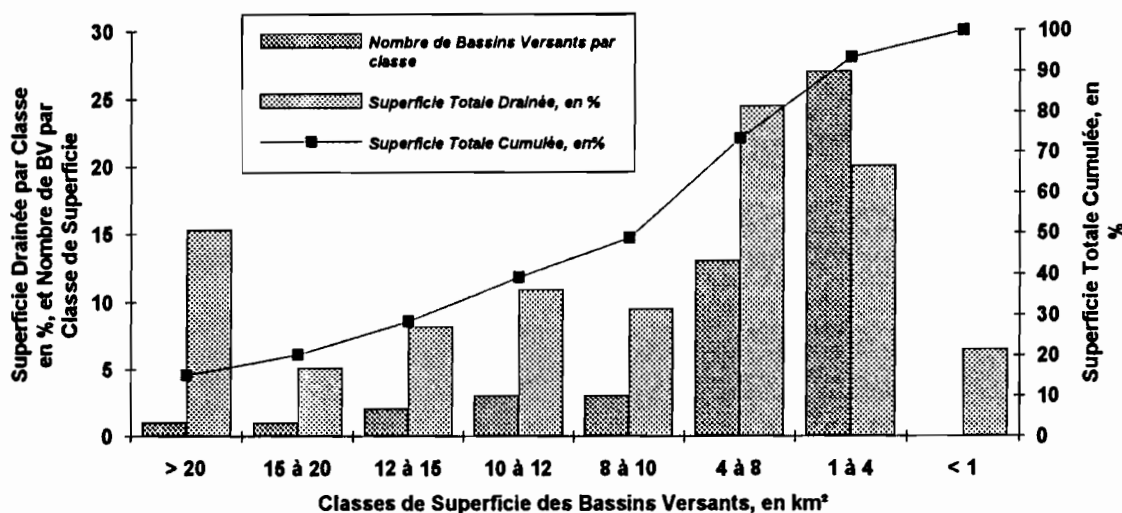


1.3. RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Dans cette île de 300 km² on ne dénombre pas moins de 50 cours d'eau indépendants dont le bassin versant s'étend sur une superficie supérieure au km² soit encore 250 acres. Ces 50 bassins représentent 93.5% du territoire et pourtant moins de la moitié d'entre eux sont pérennes. Un seul bassin dépasse les 20 km² (>5000 acres), celui de la "Great River" ; mais avec ses 45.8 km² (11450 acres) il ne représente malgré tout que 15.3% de la superficie totale. En y ajoutant les 9 bassins

versants de 8 à 20 km² (2000 à 5000 acres) nous n'en sommes encore qu'à 49% ! Ce n'est qu'avec l'appoint des 13 autres BV de la tranche 4 à 8 km² soit 1000 à 2000 acres, que nous atteignons 73.5% . Plus de la moitié de la GRENADE se trouve donc drainée par de très petites rivières, ou par des ravines filant directement à la mer toujours proche (cf. histogramme ci - après). Dans ces conditions, trouver en seulement quelques points limités du territoire, toute l'eau dont on pourrait avoir besoin sera une tâche ardue sinon impossible.

Bassins Versants et Surfaces Drainées à la GRENADE



Les rivières de la GRENADE, toutes issues du massif montagneux central, ont le plus souvent des cours dont la longueur n'excède pas 6 km, aussi leur pente moyenne est-elle très élevée, de l'ordre de 10%, avec des maxima à 25% et plus, en tête. Les bassins ont donc une forme allongée et présentent à peu près tous le même dispositif de réseau de drainage : début en très forte pente et collecte des eaux par des rigoles dans des bassins de réception en forme d'entonnoir régulier (centripetal - dendritic pattern) puis canal d'écoulement avec de rares affluents de 1er ordre (yazoo pattern) et enfin cône de déjection sur le littoral.

Seule la "Great River" possède un réseau palmé, mieux organisé, avec ses 2 branches principales amont d'importance comparable, et ses 2 affluents majeurs de rive gauche, la "Windsor River" et la "Grand Bras River" (tree - like pattern).

1.4. APERCU CLIMATIQUE

1.4.1. Facteurs Généraux du Climat

Comme les autres îles des Petites Antilles, la GRENADE est soumise à deux centres d'action principaux qui commandent la circulation atmosphérique :

- l'anticyclone des Açores,
- la Zone Intertropicale de Convergence dite ZIC.

L'anticyclone des Açores qui s'étale sur l'Atlantique nord entre les parallèles 20° et 50°, évolue au cours de l'année : l'hiver, il descend vers le sud et s'amincit en latitude tandis qu'en été il s'étend et remonte vers le nord. En toute saison il dirige un courant de nord-est, les alizés, qui convergent vers la ZIC avec les vents de sud-

est de l'Atlantique sud. Ces vents sont chargés d'humidité par un trajet exclusivement maritime et leur rencontre entraîne une forte ascendance au niveau de la ZIC et, par conséquent, la formation de nuages convectifs où dominent des cumulo-nimbus à grand développement vertical donnant des averses orageuses. La position de la ZIC "oscille" donc en latitude, suivant ainsi le balancement du soleil avec un retard de un mois ou deux. A hauteur de l'Amazonie en avril, elle remonte en juillet aux environs de Trinidad et de la GRENADÉ et parfois même jusqu'en Guadeloupe au cours de l'automne.

Les migrations, les renforcements ou les affaiblissements des 2 centres d'action météorologiques permanents déterminent alors les différentes saisons aux Antilles.

En février - mars, c'est l'hiver boréal. L'anticyclone des Açores, est peu développé et dans sa position la plus sud tout comme la ZIC. L'alizé est alors rapide, régulier et stable en direction. Du fait d'un parcours maritime raccourci il est également moins humide. La couche d'alizé peu épaisse est surmontée d'une couche d'inversion très stable qui stoppe les mouvements verticaux. Le développement vertical des nuages est limité à environ 2000 mètres et on n'observe donc que de rares et brèves averses.

De juillet à octobre, l'anticyclone des Açores se renforce et se décale vers les latitudes tempérées tandis que la ZIC remonte vers le nord. L'alizé prend une direction sud-est et est très humide. La structure verticale de l'atmosphère présente une couche d'alizé instable et plus épaisse (5000 mètres), surmontée d'une couche d'inversion peu marquée. Les conditions sont favorables à des mouvements verticaux importants générateurs de précipitations nombreuses et abondantes. Ces pluies peuvent être liées à des cellules nuageuses isolées très actives ou à des perturbations de grande échelle (ondes d'est, tempêtes ou cyclones tropicaux).

Entre les deux saisons que nous venons de résumer, le "carême" et "l'hivernage", on observe deux intersaisons aux caractéristiques pluviométriques moins marquées.

1.4.2. Eléments du Climat

La GRENADÉ a un climat tropical humide avec une forte influence maritime. Cela se traduit notamment par une tendance à l'égalisation thermique avec minimisation des fluctuations des éléments climatiques majeurs tels la température et l'humidité de l'air, l'évaporation quotidienne et l'insolation, mais hormis la pluviométrie.

En pratique, l'île est soumise à :

- une température moyenne annuelle élevée d'environ 26° Celsius,
- des variations des moyennes mensuelles de 2 à 3° C, au cours de l'année, que ce soit pour les températures moyennes, maximales ou minimales,
- des écarts diurnes faibles, qui ne dépassent pas 6 ou 7° C en général,
- un degré hygrométrique élevé toute l'année, en moyenne 75%,
- des humidités relatives maximales moyennes proches de 100% et des minimales descendant rarement au-dessous de 60%,
- une évaporation continue de 1100 à 1200 mm par an en moyenne, au niveau de la mer, et qui diminue avec l'altitude,

- une insolation moyenne de 2500 à 3000 heures par an avec un maximum de février à mars et un minimum entre septembre et novembre.

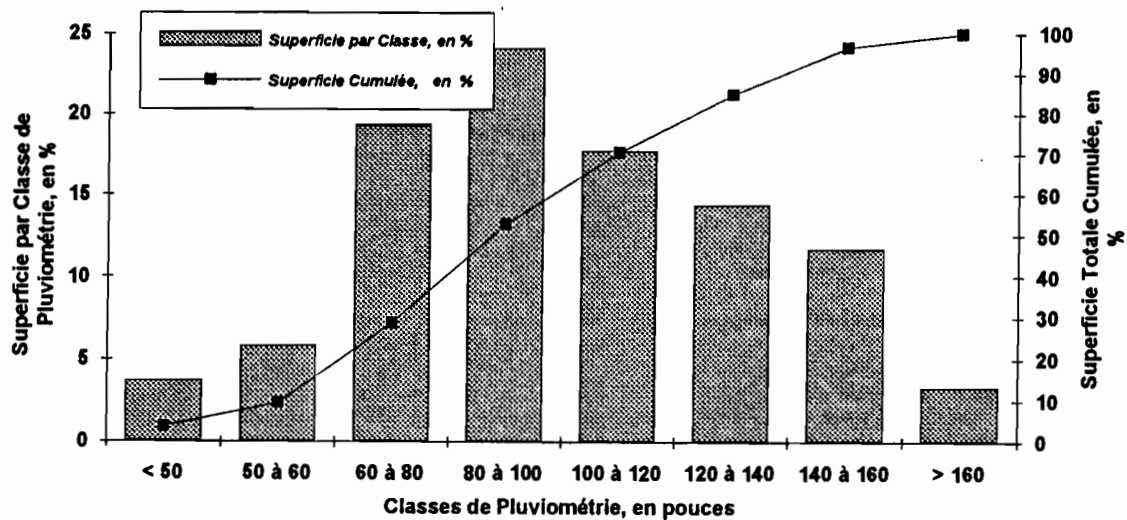
Même le régime du vent varie assez peu en cours d'année, en direction (quadrant nord - nord-est / est - sud-est) comme en force (4 à 5 m/s soit environ 8 noeuds).

A l'inverse, la pluviométrie est le seul élément du climat à présenter une variabilité saisonnière et spatiale considérable, en liaison avec le relief et l'exposition aux vents dominants.

La hauteur de pluie moyenne interannuelle, calculée sur la période 1926 - 1960, est pour l'ensemble de la GRENADe de 96.97 pouces soit 2463 millimètres. Cette valeur moyenne cache en fait des disparités spatiales considérables : alors que cette hauteur atteint à peine 50 pouces soit 1270 mm aux extrémités sud-ouest (Point Salines) et nord-est (Levera), elle dépasse 160 pouces (> 4064 mm) au coeur du massif montagneux.

Nous présentons ci-après la distribution spatiale des hauteurs de pluie annuelles à la GRENADe. Ce diagramme montre que seulement 10 % du pays reçoivent des lames d'eau inférieures à 60 pouces par an (1524 mm), alors que 30 % en reçoivent plus de 3000 mm : on ne peut donc dire que dans ce domaine la GRENADe soit une île particulièrement déséquilibrée.

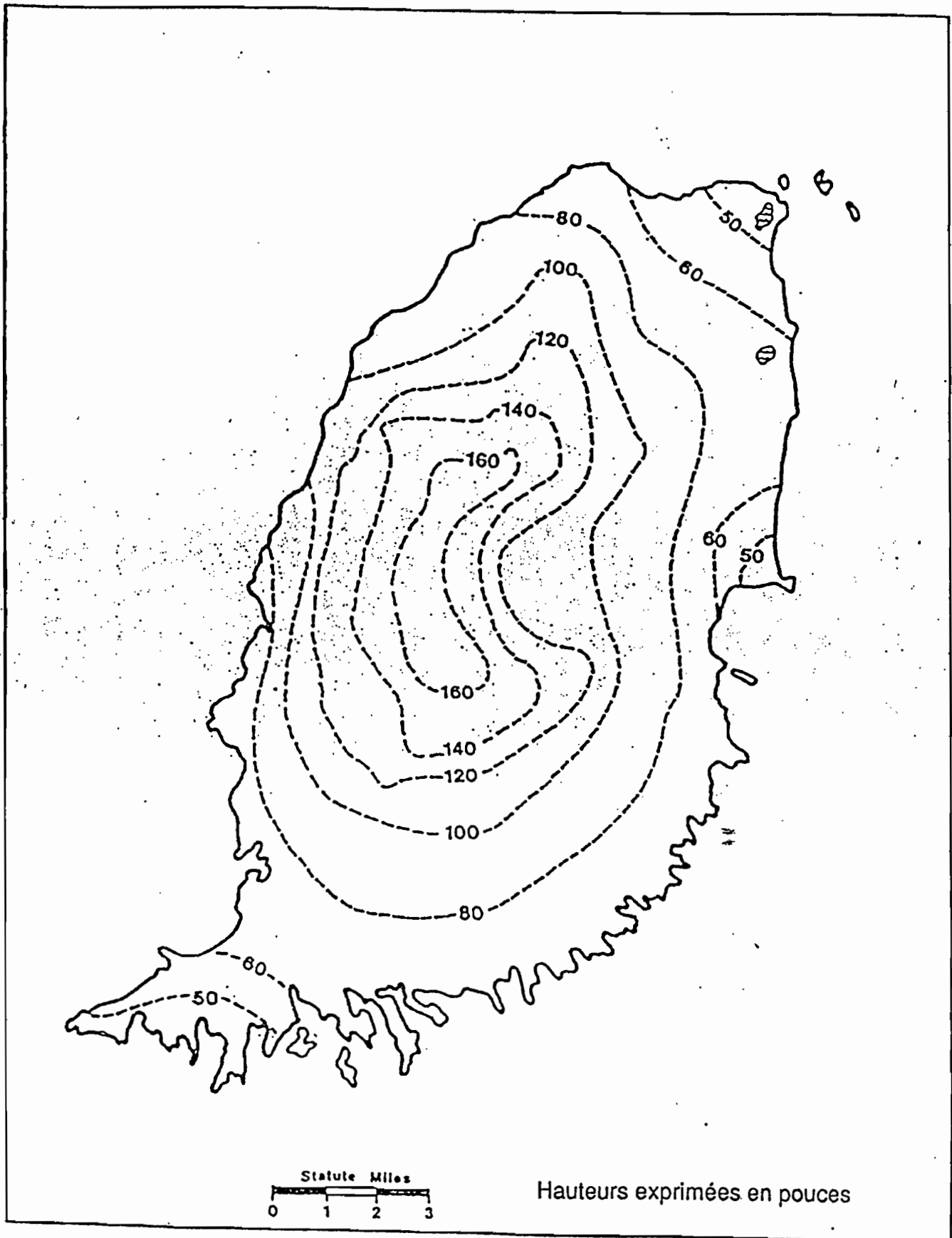
Répartition Spatiale de la Pluviométrie Annuelle à la GRENADe



Les isohyètes (cf. carte page suivante) dessinent un réseau de courbes plus ou mois concentriques, étirées en latitude suivant l'axe principal du relief, et centrées autour des Monts Sainte Catherine, Fedons Camp et Qua Qua. Ce réseau est déporté vers l'ouest, surtout dans sa partie médiane, traduisant ainsi que le gradient pluviométrique est plus accentué sur le versant sous le vent, plus abrupt, que sur celui au vent. Cela laisse augurer une décroissance rapide du débit spécifique des rivières de la côte centre-caraïbe. De plus ces dernières ne devraient avoir de débits soutenus, en basses eaux, que si leurs bassins remontent suffisamment haut.

ISOHYETES INTERANNUELLES DE LA GRENADE

(D'après Evans 1973)



II. DONNEES ET MESURES OBTENUES

2.1. REFERENCES REGIONALES

Les ouvrages généraux et de synthèse suivants ont été utilisés dans le présent rapport :

- (1) *"Hydrological Yearbook 1989 - Grenada"*, publié par la Section Hydrologique du Caribbean Meteorological Institute (C.M.I.) / Caribbean Operational Hydrological Institute (C.O.H.I.), Barbade - Septembre 1990.
- (2) *"Hydrological Yearbook 1991 - Eastern Caribbean States"*, publié par la Section Hydrologique du C.M.I. / C.O.H.I., Barbade - Décembre 1992.
- (3) *"Feasability Study and Preliminary Design of 4 Hydropower Schemes" - Caisse Française de Développement - Grenlec*, par Coyne & Bellier, Paris - Août 1993.
- (4) *"Les Ressources en Eau de Surface de la Martinique"*, Monographie Hydrologique n° 4, ORSTOM, Paris - 1976.
- (5) *"Les Ressources en Eau de Surface de la Guadeloupe"*, Monographie Hydrologique n° 7, ORSTOM, Paris - 1985.

L'ouvrage (1) est le 1er annuaire hydrologique grenadien qui ait été publié après la mise en service de 4 limnigraphes à flotteur durant l'année 89 :

Castaigne Bridge et Nianganfoix sur la "Great River" en avril et juillet,
Union sur la "Duquesne River" en septembre,
Diamond Estate sur la "St Marks River" en décembre.

Cette publication ne présente malheureusement que des tableaux de cotes moyennes journalières, le nombre de jaugeages étant notoirement insuffisant pour établir une quelconque courbe de tarage. Des tableaux de pluies journalières pour 41 postes, comprenant des données non publiées dans le "Résumé Mensuel du Temps" édité par le "Land and Water Resource Unit" du Ministère de l'Agriculture, sont également inclus dans le document.

L'annuaire de 1990 n'a pu être retrouvé..., quant à celui de 1991 (2) il est à l'image de celui de 1989, sans données pluviométriques cette fois, avec 2 limnigraphes de plus certes (Hermitage sur la "Antoine River" et "Walker Bridge sur la "Marquis River"), mais toujours sans le moindre étalonnage... !

En 1992 et 1993 il n'y a pas eu d'annuaires, et pour cause puisque nous avons retrouvé à la "National Water and Sewerage Authority" (N.A.W.A.S.A.) les limnigrammes bruts des 6 stations de,

Castaigné Bridge : du 30/01/92 au 15/03/93
Nianganfoix : du 11/05/92 au 07/12/92 et du 06/01/93 au 31/05/93
Union : du 26/05/92 au 06/09/93
Diamond Estate : du 04/06/92 au 20/05/93
Hermitage : du 09/01/92 au 23/02/93
Walker Bridge : du 07/04/92 au 22/03/93

L'étude de faisabilité d'aménagements hydroélectriques (3) fournit pour chacun des 4 sites projetés, en utilisant largement les résultats dégagés dans la monographie de la Martinique (4), une courbe moyenne de débits classés, obtenue à partir de :

- un unique jaugeage entre le 15 et le 22/03/93, en période de basses eaux certes, et censé représenter le débit non dépassé 330 jours par an,
- une estimation du débit médian, en adoptant pour le ratio Q183 / Q330 une valeur de 2.7 à 3.5 selon le cas,
- une estimation à 50 du nombre de jours de fortes crues, et à 70 de celui des crues significatives, après examen des limnigrammes de Nianganfoix et Castaigne Bridge entre 1989 et 1991,
- une estimation de l'écoulement moyen annuel à 1995 mm, d'après une information pluviométrique limitée à la seule période 1986 - 1992,

Les ouvrages (4) et (5) sont beaucoup plus riches en données de base, ce qui a permis à leurs auteurs d'étudier l'influence des facteurs du milieu sur le régime hydro-pluviométrique. Des régions homogènes ont ainsi été délimitées, pour lesquelles des caractéristiques régionales du régime ont pu être dégagées. Nous aussi, avons largement puisé dans ces publications.

2.2. DONNEES ET MESURES OBTENUES LOCALEMENT

2.2.1. Pluviométrie

Le réseau pluviométrique de la GRENADÉ comprend 47 stations ce qui donne pour l'île une densité d'ensemble de 0.16 poste / km² soit encore 1 poste pour 6.4 km², valeurs moyennes satisfaisantes et comparables à celles de la Martinique et de la Guadeloupe. Peu nombreuses hélas sont les stations d'altitude et d'avantage encore celles où les chroniques sont suffisamment longues ! Les données journalières saisies (en millimètres) sur support informatique dans la banque HYDATA de la N.A.W.A.S.A. ne remontent au mieux qu'à 1982, plus généralement 1986, avec de multiples lacunes. Seules les hauteurs mensuelles sont publiées (en pouces et centièmes) par le Ministère de l'Agriculture dans son bulletin climatologique mensuel, comme nous l'avons mentionné au § 2.1.

Dans ce service, nous avons eu la chance de découvrir pour trois stations, dont deux particulièrement intéressantes pour l'objet de notre étude, des tableaux de valeurs mensuelles de 1927 à 1967 et de 1985 à 1993, quasiment sans "trous". Il s'agit des postes de "Grand Etang" (altitude 530 m) et "Annandale" (altitude 198 m).

Ces séries ne sont pas parfaitement homogènes bien sûr et chaque appareil a été déplacé au moins une ou deux fois (avec modification notable de l'altitude : 530, 546, 580 m pour l'un, 198 et 229 m pour l'autre), ce qui a d'ailleurs été confirmé par une rapide analyse avec la méthode des doubles cumuls (double mass curve). Les années fausses sont presque toujours fortement surestimées, peut-être lors de la transformation en millimètres des relevés effectués en pouces.

Cette analyse nous a conduit, pour "Grand Etang", à éliminer les millésimes 1933 (6514 mm), 1938 (6260 mm) et 1940 (2169 mm), réduisant ainsi notre échantillon à 33 valeurs observées.

Pour "Annandale" nous avons écarté 1927 (5257 mm), 1928 (5639 mm) et 1959 (2138 mm). Nous avons cependant conservé 1938, douteux (5156 mm) et avons corrigé février 1947 (243 au lieu de 53 mm). Nous disposons encore pour ce poste, après cette rapide critique, d'un échantillon consistant de 42 valeurs.

Ces données nous seront grandement utiles par la suite pour une approche statistique des ressources en eau.

2.2.2. Hydrométrie

Le C.M.I. / C.O.H.I. de Barbade effectue pour le compte de la GRENADE le traitement des limnigrammes bruts que la N.A.W.A.S.A. lui adresse, et assure la publication des données élaborées. Ces dernières, déjà peu consistantes (cf. § 2.1.), ne sont malheureusement pas disponibles sur la banque HYDATA grenadienne où nous n'avons trouvé ni limnimétrie, ni courbes de tarage, ni débits..., mais seulement quelques tableaux de jaugeages, limités en général à la période 1989-1990. La consistance de ces listes de mesures, sous HYDATA, pour les stations pourvues d'un limnigraphe, est la suivante :

Castaigne Bridge : 13 jaugeages entre le 31/05/89 et le 17/01/90,
Nianganfoix : 13 mesures de débit entre le 23/10/89 et le 17/05/90,
Union : 22 jaugeages entre le 26/10/89 et le 31/05/90,
Diamond Estate : 73 mesures entre le 06/10/88 et le 31/05/90,
Hermitage : 33 jaugeages entre le 16/01/90 et le 15/03/91,
Walker Bridge : 40 mesures entre le 05/12/85 et le 18/08/89.

Des mesures de débits sont également disponibles en d'autres points non équipés d'enregistreurs, c'est notamment le cas pour :

Grand Etang : 51 jaugeages entre le 21/11/85 et le 22/09/88,
Concord Falls : 64 mesures entre le 29/01/86 et le 21/05/90,
Paradise Bridge : 11 jaugeages entre le 03/11/89 et le 23/03/90,
St Francis River : 19 mesures entre le 06/04/89 et le 30/05/90.

Nous avons également retrouvé, pour les périodes antérieures à celles énumérées ci-dessus, plusieurs minutes de dépouillement manuel de jaugeages et quelques listes récapitulatives manuscrites.

Pour les périodes les plus récentes, soit à compter de mi 1990, il n'y a rien sous HYDATA. Les jaugeages récents en effet ne sont plus calculés sous HYDATA mais avec UNIKA, logiciel plus frustré qui ne possède qu'un module de dépouillement et d'édition sans fonction d'archivage des résultats. Nous avons retrouvé un certain nombre de résultats de mesures pour 1990, 91, 92, plus rarement 93, mais rien pour 94.

Nota Bene : Le logiciel UNIKA ne possède pas de fonction graphique permettant l'affichage des paraboles de vitesse, du profil en travers de la section de mesure et de la courbe de répartition des débits unitaires. Une erreur lors de la saisie du nombre de tours d'hélice N, de la profondeur h, ou de la distance d, peut facilement passée inaperçue. Nous en avons détecté quelques unes se rapportant aux distances, seul paramètre "à saisir" et figurant aussi sur le listing "résultat du jaugeage". Il est probable que des erreurs relatives aux 2 autres paramètres N et h existent également.

Quoiqu'il en soit ces listes de mesures ne nous apportent qu'assez peu de renseignements directement exploitables, et ce pour les raisons suivantes :

- aux stations limnigraphiques :

- la section de contrôle est très peu sensible, spécialement en basses-eaux ($\Delta H / \Delta Q$ très petit),
- le lit est souvent encombré de rochers et le fond, constitué de sables et de graviers, est très mobile,
- les détarages sont fréquents et le nombre de jaugeages est insuffisant pour étalonner correctement la station.
- en période de basses-eaux, le débit n'est finalement connu avec précision que lorsque l'on en fait la mesure directe.

- aux stations dépourvues d'enregistreur :

- il n'y a généralement pas d'échelle limnimétrique en ces points,
- lorsqu'elles existent, ces échelles ne sont lues que lors de l'exécution du jaugeage,
- seules des lectures quotidiennes d'échelle, pour autant que les mesures de débit soient suffisamment nombreuses, permettraient d'estimer avec une relative sûreté le débit d'étiage absolu et sa date d'apparition, même s'il n'existe pas d'information pluviométrique en amont du point de mesure.

2.2.3. Cartes Thématiques

Nous avons pu obtenir auprès de l'atelier de dessin de la N.A.W.A.S.A. un jeu à peu près complet des cartes dont nous souhaitons disposer, à savoir :

- carte générale de la GRENADE, au 1/100 000
- esquisse géologique au 1/50 000, d'après Dr Martin Kaye
- esquisse morphométrique au 1/50 000
- réseau pluviométrique au 1/50 000
- isohyètes interannuelles au 1/50 000, d'après Evans (1973)
- réseau hydrométrique au 1/100 000
- réseau hydrographique au 1/50 000
- découpage complet de l'île en 92 bassins et zones de drainage, au 1/50 000

L'acquisition de la carte en couleurs en deux feuilles au 1/25 000 nous a permis par ailleurs de localiser précisément nos points de mesure de débit et de tracer les contours des bassins correspondants. Ces contours ont été numérisés sous TOPOLOG, logiciel développé par l'ORSTOM et qui permet la curvimétrie et le planimétrie. Les cartes de ces bassins figurent en annexe au présent compte-rendu.

III. LES RESSOURCES ACTUELLEMENT EXPLOITEES

3.1. LES PRISES D'EAU

3.1.1. Consistance du Réseau

L'alimentation en eau potable du sud de la GRENADÉ est conjointement réalisée à partir d'eaux souterraines (forages) et d'eaux de surface (prises en rivière). La capacité de production journalière de ce réseau est de 25000 m³ soit 5.5 millions de gallons (1UK gallon = 4.546 litres), pour une production réelle de 18000 m³ soit 4.0 MGD environ.

Les approvisionnements à partir des eaux de surface sont assurés par :

- "ANNANDALE"	2 prises sur la "Beauséjour River"	
	2.00 MGD soit	9090 m ³
- "VENDOME"	2 prises sur la "Beauséjour River"	
	0.55 MGD soit	2500 m ³
- "BON ACCORD"	1 prise sur la "Bon Accord River"	
	0.03 MGD soit	135 m ³
- "RADIX"	1 prise sur la "Bon Accord River"	
	0.03 MGD soit	135 m ³
- "MARDIGRAS"	1 prise sur la "St Louis River"	
	0.20 MGD soit	910 m ³
- "LES AVOCATS"	1 prise sur la "Little Bacolet River", Ouest	
	0.19 MGD soit	870 m ³
- "PETIT ETANG"	2 prises sur la "Little Marquis River"	
	1 prise sur la "Little Bacolet River", Est	
	0.21 MGD soit	950 m ³
- "POMME ROSE"	1 prise sur la "Crochu River"	
	0.10 MGD soit	450 m ³
- "MAMMA CANNES"	1 prise sur la "St Francis River"	
	0.45 MGD soit	2050 m ³
Total "eaux de surface"	3.76 MGD soit	17090 m³

La contribution des eaux souterraines est limitée aux forages de :

- "CHEMIN"	0.20 MGD soit	910 m ³
- "BACOLET"	0.25 MGD soit	1130 m ³
- "WOODLANDS"	0.00 MGD car pollué	0 m ³
Total "eaux souterraines"	0.45 MGD soit	2050 m³

Les eaux de surface prédominent très largement avec près de 90% des approvisionnements, aussi la production globale de ce réseau sera-t-elle très sensible aux fluctuations de débit des rivières. En saison sèche le fléchissement de leurs débits est tel que les aménagements "au fil de l'eau" voient leur production totale chuter de 3.7 à 2.5 MGD soit de 1/3. Le réseau ne distribue plus alors que 3.0 MGD contre 4.0 MGD habituellement, soit un manque de 25%.

Dans ce contexte la contribution des eaux de surface reste toujours majoritaire et représente encore plus de 80% des volumes distribués.

Cette situation de pénurie globale est encore accentuée par le fait que le réseau est peu maillé : les zones desservies par les stations de traitement les plus affectées subissent alors des baisses de pression et des coupures. Ces désagréments sont d'autant plus nombreux et longs que la zone desservie est plus éloignée de la station. A cet égard l'extrémité sud de la paroisse de St George, de Grande Anse à Lance aux Epines, est particulièrement touchée. Cette situation constitue une entrave évidente au développement de cette zone qui est en passe de devenir pourtant, avec son aéroport de Point Salines, ses infrastructures industrielles, universitaires et touristiques, le pôle économique majeur du pays.

3.1.2. Conception des Ouvrages de Captage

Toutes les prises pour l'alimentation en eau potable des paroisses de St George et St David sont du même type, à savoir une simple digue en béton armé barrant la totalité du cours d'eau, mais non la vallée, et créant une petite retenue dont la capacité, suivant la topographie du site et la saison, varie de quelques mètres cubes à quelques centaines de mètres cubes. A ces digues sont parfois adjoints des bajoyers latéraux lorsque la vallée est trop large (cf. "Vendome 1") ou lorsque le lit mineur est insuffisamment encaissé (cf. "Concord Falls").

Ces barrages sont des aménagements simplifiés au maximum, qui comportent un évacuateur de crue (en saut de ski généralement, tel qu'à "Annandale" et "Concord Falls"...) et une vanne de fond permettant la vidange de la retenue pour son curage et l'entretien du parement amont de l'ouvrage.

Le captage proprement dit s'effectue dans une chambre dont l'entrée est pourvue de barbacanes, et dans laquelle sont disposés l'un au-dessus de l'autre, et donc à des cotes différentes, des tuyaux en fonte conduisant gravitairement l'eau à la station de traitement. Fait exception à cette règle "Mardigras" où l'eau est captée à 850 pieds et relevée jusqu'à 1175 pieds. Ces tuyaux ont un diamètre compris entre 5 et 8 pouces et leur nombre varie de 1 (cf. "Penny Dam", "Vendome 1 et 2", "Mardigras", "Mamma Cannes"...) à 3 comme à "Annandale". Le débit de chaque tuyau dépend directement de la hauteur d'eau au-dessus de son orifice, celle-ci étant elle-même liée au débit entrant dans la retenue, déduction faite de la perte de charge au passage des barbacanes. Il s'établit ainsi un "équilibre hydraulique général" car, hormis quelques petites fuites sous l'ouvrage et au niveau de la vanne de vidange, le débit entrant dans la retenue est intégralement prélevé, en période de basses eaux du moins.

Les aménagements ne comportent pas de dessableur bien sûr, la retenue en faisant office plus ou moins efficacement. Enfin, seules les prises de "Annandale" et "Mardigras" sont équipées d'une clôture de protection. Pour le premier site l'efficacité du dispositif est réelle, pour le second tout à fait illusoire puisque des riverains ont couché le grillage en maints endroits pour venir ... laver leur linge dans la retenue elle-même !

La distance entre le point de prélèvement et la station de traitement est extrêmement variable : supérieure au kilomètre pour "Annandale" et "Mamma

Cannes", de quelques hectomètres pour "Mardigras" et "Vendome 1 et 2", nulle pour "Les Avocats" dont les bassins de décantation jouxtent le barrage.

3.2. MESURES DE DEBIT

Les stations de traitement sont pourvues de volucompteurs (en UK gallons) au départ des conduites de distribution. Leurs chroniques de relevés journaliers, en basses eaux, reflètent assez fidèlement l'évolution des débits naturels disponibles en amont des prises. Elles sont cependant insuffisantes pour connaître précisément les valeurs du débit disponible et ce pour les motifs suivants :

- lorsqu'une station est alimentée à partir de plusieurs barrages nous ignorons la contribution de chacune des prises,
- même lorsqu'il n'y a qu'une prise nous ne savons pas s'il y a déversement ou non sur l'ouvrage,
- nous ne pouvons pas connaître, à priori, "le rendement" de l'aménagement, car nous ignorons l'importance des pertes au niveau de la prise (fuites sous la digue et au niveau de la vanne de fond), au niveau des conduites d'amenée à la station et à l'intérieur même de celle-ci (lavage de filtres et eau de service).

3.2.1. Points de Mesure et Mode Opérateur

Nous avons donc entrepris d'examiner tous les captages des stations essentielles et d'y effectuer des mesures de débit complètes :

- Annandale 1 (2 rivières à la prise principale),
- Annandale 2 (prise accessoire = Penny Dam) située en aval de Vendome 1 et 2 et utilisée en basses eaux seulement,
- Vendome 1 (prise principale au confluent de 2 tributaires),
- Vendome 2 (1 ruisseau + le captage de fortune d'une ravine adjacente),
- Mamma Cannes (prise unique),
- Mardigras (une seule prise alimentée par une rivière et un petit ru),
- Les Avocats (une prise au confluent de 3 ravines + un captage "bricolé" se déversant directement dans l'un des bassins de décantation).

Ces jaugeages ont été réalisés avec le concours de la N.A.W.A.S.A., qui a bien voulu mettre à notre disposition deux hydrométristes, Mr H. Merryman et Mr G. Chedick, ainsi que les matériels suivants :

- un micro moulinet "SEBA" type M1, monté sur perche de diamètre 9 mm,
- des hélices de diamètres 30 ou 50 mm possédant des pas nominaux de 50, 100 ou 250 mm,
- un compteur d'impulsions à chiffres sauteurs, de marque "SEBA",
- un chronomètre de précision au 1/20 de seconde.

La méthode utilisée a été d'explorer point par point le champ des vitesses. Les mesures ont ensuite été dépouillées par la méthode de la double intégration (paraboles des vitesses puis courbe des débits unitaires) :

- une première fois à la N.A.W.A.S.A., avec le logiciel UNIKA (cf. § 2.2.),
- une seconde fois à l'ORSTOM en Guadeloupe, avec le logiciel HYDROM.

Lorsque la mesure au moulinet se révélait impossible nous avons procédé à des estimations "de visu".

3.2.2. Résultats des Mesures

Les résultats détaillés de ces jaugeages constituent un ensemble volumineux que nous avons reporté en annexe. Nous ne présentons donc ci-après que les résultats globaux comparés des 2 dépouillements :

Stations de Traitement (Water Treatment Plant : W.T.P.)	Points de Mesure (Measurement Points)	Date (Date)	Débits, en litres par seconde d'après (Yield, in thousandth cubic meters per second according to)			
			"UNIKA"	"HYDROM"	Estimations (Estimates)	Observations (Comments)
ANNANDALE 1 prise principale (main dam)	Ru droit, amont prise Right tributary, above dam	09-Mar-94	21.	24.6		en amont du déversoir et du pont, cote # 260 m above weir and bridge, about 850 feet elevation
	Ru gauche, amont prise Left tributary, above the dam	09-Mar-94	41.	44.9		en amont du radier déversant, cote # 250 m above little fall, about 820 feet elevation
	En aval de la prise Below the dam	09-Mar-94			# 1.	fuites à la vanne de fond et sous le bajoyer droit leakage at the high pressure gate and under the dam on right bank
ANNANDALE 2 prise secondaire (Penny dam)	En amont de la prise Above the dam	09-Mar-94	7.	8.28		cote # 290 m about 950 feet elevation
	En aval de la prise Below the dam	09-Mar-94			# 0.2 / 0.3	fuite à la vanne de fond (NB : + déversement # 0.1 / 0.2 le 07/03) leakage at the H.P. gate (NB : + overflow # 0.1/ 0.2 on 07 March)
VENDOME 1 prise principale (main dam)	Ru droit, amont prise Right tributary, above dam	08-Mar-94	8.	8.01		cote # 363 m about 1190 feet elevation
	Ru gauche, amont prise Left tributary, above dam	08-Mar-94	9.	10.2		cote # 363 m about 1190 feet elevation
	En aval de la prise Below the dam	08-Mar-94			# 1. / 1.5	lame déversante de 1.95 m x 1.5 cm + fuites minimes à la vanne overflow on 1.95m x 1.5cm section + tiny leakage at H.P. gate
VENDOME 2 2ème prise (second dam)	En amont de la prise Above the dam	09-Mar-94	15.	15.5		débit tuyau de captage de la petite ravine droite = 0 (lit sec) yield = 0 in additional pipe from right brook (dry bottom)
	En aval de la prise Below the dam	09-Mar-94			# 0.05 / 0.1	fuite insignifiante au niveau de la vanne de fond tiny leakage at the high pressure gate
	Aval prise et confluent Below dam and confluence	09-Mar-94	((7.)) *	6.77		* erreur de saisie sur les distances lors du dépouillement * mistake in processing of data (wrong widths)
MAMMA CANNES	En amont de la prise Above the dam	09-Mar-94	17.	18.4		cote # 340 m about 1115 feet elevation
	En aval de la prise Below the dam	09-Mar-94			# 1. / 1.5	fuite importante sous la digue en RD (# 1.) et à la vanne fond major leakage under the dam on right bank (# 1.) + at the H.P. gate
MARDIGRAS	Ru droit, amont prise Right tributary, above dam	08-Mar-94	8.	7.86		cote # 265 m (NB : multiples rochers avec traces de savon) about 870 feet elevation (NB : many boulders spotted with soap)
	Ru gauche, amont prise Left tributary, above dam	08-Mar-94			0.	pas d'écoulement, flaques d'eau bleutée dans le lit (savon) no flow in the channel but very little puddles of bluish water (soap)
	En aval de la prise Below the dam	08-Mar-94			# 0.1	fuites insignifiantes au niveau de la vanne de fond tiny leakage at the high pressure gate
LES AVOCATS	Ru droit, amont prise Right tributary, above dam	08-Mar-94	((16.)) *	8.37		* erreur de saisie sur les distances lors du dépouillement * mistake in processing of data (wrong widths)
	Ru median, amont prise Median tributary, above dam	08-Mar-94	11.	11.5		en aval de l'échelle et du 2ème ponceau, cote # 360 m below staff and second bridge (on the path from WTP to forest)
	Ru gauche, amont prise Left tributary, above dam	08-Mar-94			# 0.2 / 0.3	en aval du 1er pont, sur le chemin allant de la station vers la forêt below the first bridge on the path from W.T.P. to forest
	Ruisseau capté directement Direct water-catchment	08-Mar-94			0.45	mesure par capacité du déversement direct dans l'un des décanteurs measurement with a bucket of water leading directly into tank
	Ru non capté No-diverted brook	08-Mar-94			# 0.3 / 0.5	près des bassins de décantation et du captage ci-dessus near tanks and additional water-catchment (see above)
	En aval de la prise Below the dam	08-Mar-94			# 0.5	fuite au niveau de la vanne de vidange de la retenue leakage at the high pressure gate
	En aval de la station Below the W.T.P.	08-Mar-94			# 1.	inclut le débit du ru non capté et les fuites à la vanne de fond leakage at the high pressure gate and no-diverted brook included

L'utilisation du double dépouillement a permis de mettre en évidence des erreurs de saisie, sous "UNIKA", dans l'abscisse d'une verticale et ce pour 2 des 11 jaugeages. Les réserves que nous avons déjà exprimées (cf. § 2.2. Nota Bene) semblent, à l'expérience, justifiées. Le précédent tableau montre aussi que pour 8 des 9 mesures correctement saisies, les débits fournis par "HYDROM" sont supérieurs à ceux délivrés par "UNIKA", les écarts s'inscrivant entre + 0.13% et + 18.3%, ce qui est énorme, alors que les 2 logiciels utilisent la même méthode de calcul !

La 1ère phase du calcul consiste à tracer, verticale par verticale, le profil des vitesses instantanées pour aboutir, après intégration, à la détermination de la vitesse moyenne et, par là-même, à celle du "débit unitaire". Pour ce premier calcul les 2 logiciels fournissent des résultats identiques.

La 2ème partie du dépouillement consiste à tracer la courbe de variation du "débit unitaire" selon la largeur de la rivière et, après une nouvelle intégration, à en déduire le débit total traversant la section explorée. Ici par contre les 2 logiciels diffèrent sensiblement :

- UNIKA considère qu'entre chaque berge et la verticale qui lui est la plus proche le débit croît linéairement. Si la profondeur à la rive est nulle et si le courant y est faible ce choix est admissible. A l'inverse cette option n'est plus justifiée quand la profondeur est importante et que le courant est fort jusqu'à la berge car l'évolution du débit prend alors plutôt une allure logarithmique. Dans ces conditions UNIKA minore donc fortement les résultats. En outre cette minoration est d'autant plus importante que la verticale en question est plus éloignée de la rive.

- HYDROM admet aussi une évolution linéaire du débit près des berges mais seulement dans le premier cas de figure ci-dessus.

Les rivières de la GRENADE ont un caractère torrentiel marqué, avec une succession de bassins, où les vitesses sont trop faibles pour y entreprendre une quelconque mesure. Ces "baignoires" sont séparées par de petits rapides où les berges sont souvent constituées par de gros blocs ou des parois rocheuses lisses. C'est seulement dans ces biefs que le jaugeage au moulinet est possible. Avec de telles conditions d'écoulement il est probable que les débits issus de UNIKA sont sous-estimés. Nous avons donc préféré retenir comme valeurs les plus plausibles celles fournies par HYDROM.

3.3. INTERPRETATION DES MESURES

3.3.1. Annandale 1 (Prise Principale)

• Mesure du 09 mars 1994

Vers la cote 800 pieds (# 244 m), le débit total naturel entrant dans la retenue était de 69.5 l/s le 9 mars. Le total des fuites, inévitables, ne dépassait pas 1. l/s (1.4% du disponible), ce qui peut être considéré comme admissible et difficilement réductible. Le débit prélevé était donc de 68.5 l/s. Nous avons suivi en rive droite les conduites d'amenée à la station sur environ 0.5 km jusqu'à ce qu'elles franchissent la rivière, un peu en amont du pont de la route forestière vers la cote 685 pieds (# 210 m). Le débit résiduaire sous ce pont était de l'ordre du litre par seconde et comme nous n'avons pas repéré la moindre perte sur ce

tronçon aérien nous pouvons donc en conclure que ce sont 68. l/s soit encore 5875 m³/jour qui parvenaient alors à la station de traitement (1.292 MGD).

Pour un bassin versant (BV) de 2.764 km² à la prise (683 acres), nous observons un débit spécifique sur la "Beauséjour River" de 25.1 l/s/km², ce qui est très élevé. Le BV de la branche droite s'étend sur 1.069 km² (264 acres), celui de la gauche sur 1.695 km² (419 acres). Leurs débits spécifiques sont assez semblables, respectivement de 23.0 et 26.6 l/s/km².

• Pluviométrie

Nous disposons de séries de pluies annuelles au poste de Annandale et de Grand Etang auxquelles nous avons ajusté diverses lois de probabilité à une variable (cf. tableaux de résultats et graphiques en annexe, pages 22 à 33). Pour les 2 échantillons la loi de Galton, dite encore de Gibrat-Gauss ou gaussio-logarithmique, s'ajuste le mieux. Les valeurs médianes "selon Galton" sont, respectivement, de 3307 et 3713 mm. Les coefficients d'irrégularité K3 (rapport des valeurs de fréquence au non dépassement 0.9 et 0.1) sont de 1.47 et 1.61, ce qui n'est pas très élevé (nous attendions toutefois un K3 un peu inférieur pour Grand Etang, entre 1.4 et 1.5). Ces K3 sont du même ordre de grandeur que ceux observés en Martinique et en Guadeloupe, pour des postes de situation et de pluviométrie comparables.

Ces résultats permettent d'estimer la pluviométrie moyenne interannuelle sur ce bassin à environ 3800 mm. Les hauteurs "décennale sèche" (F = 0.1) et "décennale humide" (F = 0.9) seraient alors de 3200 et 4800 mm d'où un K3 égal à 1.50.

En Martinique il a été établi que le facteur explicatif principal de l'étiage était la pluie bimestrielle minimale. Nous avons donc constitué, pour les 2 postes, des échantillons de "cumul pluviométrique minimal pendant 2 - 3 et 4 mois". Ces échantillons ont fait l'objet, eux aussi, d'une analyse statistique dont les tableaux de résultats figurent en annexe, pages 34 à 58. Les lois de Pearson III et Goodrich donnent généralement les meilleurs ajustements, parfois Galton ou Gumbel. Nous serions enclins à retenir Galton pour la pluie bimensuelle minimale à Annandale par exemple, ...etc. Nous avons estimé cependant qu'il était préférable de ne pas changer de loi en passant d'un échantillon à un autre. Nous avons choisi la loi de Pearson III qui dans l'ensemble conduit à de bons ajustements d'où les valeurs médianes suivantes ont été extraites :

2 mois les plus secs :	208. mm	pour Annandale,	253. mm	pour Grand Etang
3 mois	-- / --	: 363. mm	-- / --	426. mm -- / --
4 mois	-- / --	: 539. mm	-- / --	654. mm -- / --

Les K3 sont évidemment plus importants que ceux des pluies annuelles et ils augmentent logiquement lorsque le nombre de mois diminue :

2 mois les plus secs :	3.43	pour Annandale,	3.40	pour Grand Etang
3 mois	-- / --	: 2.60	-- / --	2.93 -- / --
4 mois	-- / --	: 2.35	-- / --	2.39 -- / --

Pour le bassin lui-même nous pensons que les valeurs médianes des cumuls minimaux des 2, 3 et 4 mois sont approximativement de 260., 440. et 670. mm.

• Ecoulement

D'après les résultats généraux dégagés en Martinique et en Guadeloupe, le "déficit annuel d'écoulement" sur le haut bassin de la

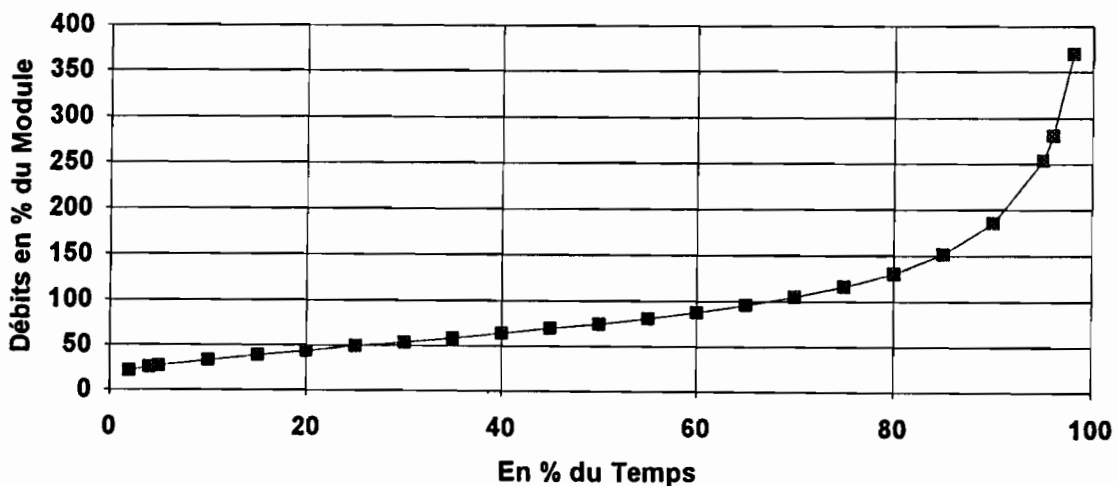
"Beauséjour River" devrait être de l'ordre de 1000 à 1100 mm d'où une lame annuelle écoulee estimée à 2800 - 2700 mm. Cette hauteur correspond à un module de 235 à 245 l/s.

En Martinique une courbe régionale adimensionnelle des débits classés a par ailleurs été établie pour la zone au vent des reliefs du centre-nord de l'île (Pitons du Carbet, Morne Jacob, Morne Bellevue, Morne du Lorrain...). Les précipitations annuelles y dépassent partout 3000 mm (# 120 pouces).

COURBE REGIONALE ADIMENSIONNELLE DES DEBITS CLASSES
(Martinique, Zone au Vent, Pluviométrie Annuelle > 3000 mm)
A-DIMENSIONAL DURATION CURVE
(Martinique, Windward Area, Yearly Rainfall > 120 inches)

% du Temps	Débits non dépassés, en % du Module	% du Temps	Débits non dépassés, en % du Module
100	>1700	45	69.3
99	> 400	40	63.6
98	370.0	35	58.1
96	281.0	30	53.1
95	254.0	25	48.8
90	185.0	20	43.7
85	151.0	15	38.3
80	130.0	10	32.9
75	116.0	5	26.5
70	105.0	4	25.2
65	95.8	2	21.5
60	87.7	1	18.5
55	80.9	0	<13.0
50	74.5		

Courbe Régionale des Débits Classés Etablie pour la Région Nord-Est de la Martinique, Zone au Vent avec une Pluviométrie Annuelle Supérieure à 3000 mm



Ce graphique nous indique que les débits caractéristiques d'étiage (DCE) ou débits dépassés 355 jours par an, représentent en moyenne, pour de petits bassins analogues au nôtre, 23% de leur module. Si nous

appliquons ce ratio au bassin d'Annandale nous obtenons une estimation sommaire du DCE moyen à 55. l/s soit 4750 m³/jour ou encore 1.045 MGD.

De même les DC30j et DC60j peuvent être estimés à 73. et 96. l/s (simples ordres de grandeur).

Le débit de 69.5 l/s mesuré le 9 mars est supérieur au DCE puisqu'il représente encore 29% du module, ce qui revient en pratique à dire que le 9 mars nous n'avions pas encore atteint le niveau des "basses eaux habituelles"! Ce débit du 9 mars ne serait pas dépassé 7% du temps soit 25 jours par an.

Les besoins de la station sont de 1.9 MGD soit 100. l/s. Ce débit, égal à 41 - 42% du module estimé serait, toujours selon la courbe régionale des débits classés établie pour la Martinique, non dépassé pendant 17 à 19% du temps, soit pendant 62 à 69 jours. En conclusion la pénurie, en année moyenne, sévit à Annandale durant environ 2 mois.

Nous avons vu plus haut que la variable explicative principale du niveau de l'étiage était la pluviométrie bimensuelle minimale. Nous avons donc complété cette étude des basses eaux en analysant la position des mois les plus secs (cf. tableaux et graphiques, pages 19 à 21).

Il en ressort qu'à Annandale la combinaison la plus fréquemment observée, près de 1 année sur 2, est [Mars + Avril] avec 44% des cas. Il n'est pas rare cependant que le creux pluviométrique se situe en [Février + Mars] ou encore en [Avril + Mai], la probabilité d'occurrence de l'une et l'autre combinaison étant d'environ 1 année sur 4.

L'histogramme de Grand Etang n'a pas la même allure que le précédent. Il offre tout d'abord une nette dissymétrie de part et d'autre du bimestre le plus fréquent, [Février + Mars] et non plus [Mars + Avril]. La combinaison [Février + Mars] est observée dans 38% des cas soit 2 années sur 5. La probabilité d'observer un "carême" précoce, avant Mars, n'est que de 11%, soit 1 année sur 9. A l'inverse les chances d'observer un "carême" tardif, après Février, sont de 51%, c'est à dire de 1 année sur 2 ! Nous pouvons attribuer ces différences entre les 2 postes à l'altitude bien sûr, 200 m pour l'un, 530 m pour l'autre, mais surtout à l'exposition, sous le vent pour Annandale, au vent pour Grand Etang.

En ce qui concerne les 3 mois consécutifs les plus secs à Annandale, les combinaisons [Février + Mars + Avril] et [Mars + Avril + Mai] ont à peu près la même fréquence expérimentale (0.36 et 0.40). Le trimestre le moins arrosé se situera donc 3 années sur 4 entre Février et Mai.

A Grand Etang le trimestre le plus sec est dans 39% des cas [Février + Mars + Avril], suivi par [Mars + Avril + Mai], 30% des observations.

Enfin les 4 mois les moins arrosés sont [Février + Mars + Avril + Mai], dans 50 et 43% des cas soit 1 année sur 2 en moyenne. A noter qu'il n'est pas exceptionnel que les 4 mois les plus secs soient repoussés après Mars. Cela survient 1 année sur 8 à Annandale, et 1 année sur 5 à Grand Etang. Cette situation correspond schématiquement aux 3 cas de figure suivants :

- le "carême" est long et sévère ($\Sigma P4$ faible),
- le "carême" a été peu marqué, voire inexistant, et "l'hivernage" tarde à se mettre en place ($\Sigma P4$ élevé),
- "l'hivernage" est très déficitaire et fait suite à un "carême" plutôt excédentaire ($\Sigma P4$ fort).

**POSITION DE LA SAISON SECHE SUR LES HAUTS BASSINS DE LA
"RIVIERE BEAUSEJOUR" ET DE LA "GRANDE RIVIERE"
POSITION OF THE DRY SEASON ON THE UPPER CATCHMENT OF
THE "BEAUSEJOUR RIVER" AND THE "GREAT RIVER"**

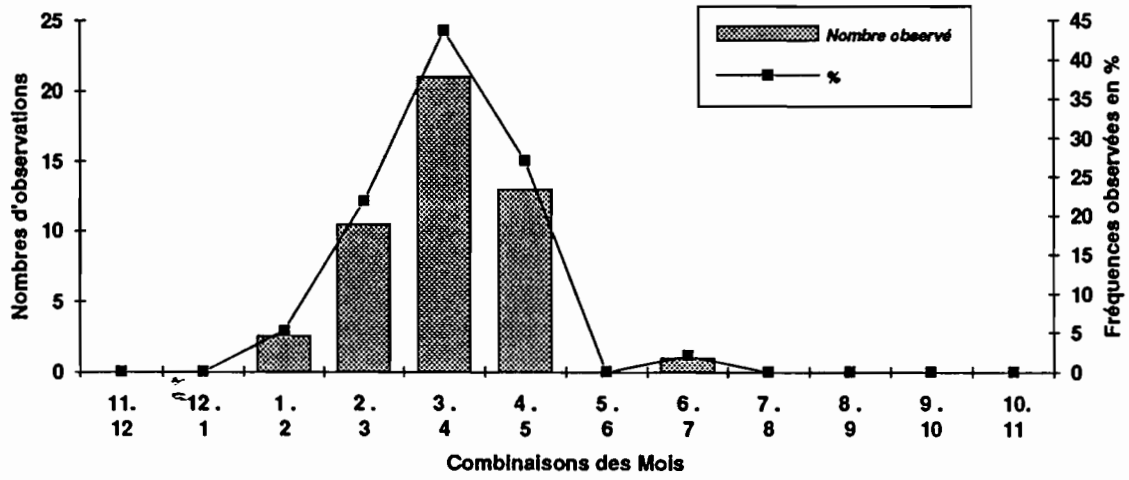
Position des 2 mois consécutifs les plus secs				
Combinaisons de mois	ANNANDALE		GRAND ETANG	
	Nombre observé	Fréquence observée %	Nombre observé	Fréquence observée %
11 . 12	0.0	0.0	0	0
12 . 1	0.0	0.0	2	4.4
1 . 2	2.5	5.2	3	6.7
2 . 3	10.5	21.9	17	37.8
3 . 4	21.0	43.8	14	31.1
4 . 5	13.0	27.1	7	15.6
5 . 6	0.0	0.0	2	4.4
6 . 7	1.0	2.1	0	0
7 . 8	0.0	0.0	0	0
8 . 9	0.0	0.0	0	0
9 . 10	0.0	0.0	0	0
10 . 11	0.0	0.0	0	0

Position des 3 mois consécutifs les plus secs				
Combinaisons de mois	ANNANDALE		GRAND ETANG	
	Nombre observé	Fréquence observée %	Nombre observé	Fréquence observée %
11. 12. 1	0	0	0	0
12. 1 . 2	1	2	1	2.3
1 . 2 . 3	9	18	13	29.6
2 . 3 . 4	18	36	17	38.6
3 . 4 . 5	20	40	11	25
4 . 5 . 6	2	4	2	4.5
5 . 6 . 7	0	0	0	0
6 . 7 . 8	0	0	0	0
7 . 8 . 9	0	0	0	0
8 . 9 . 10	0	0	0	0
9 . 10 . 11	0	0	0	0
10 . 11 . 12	0	0	0	0

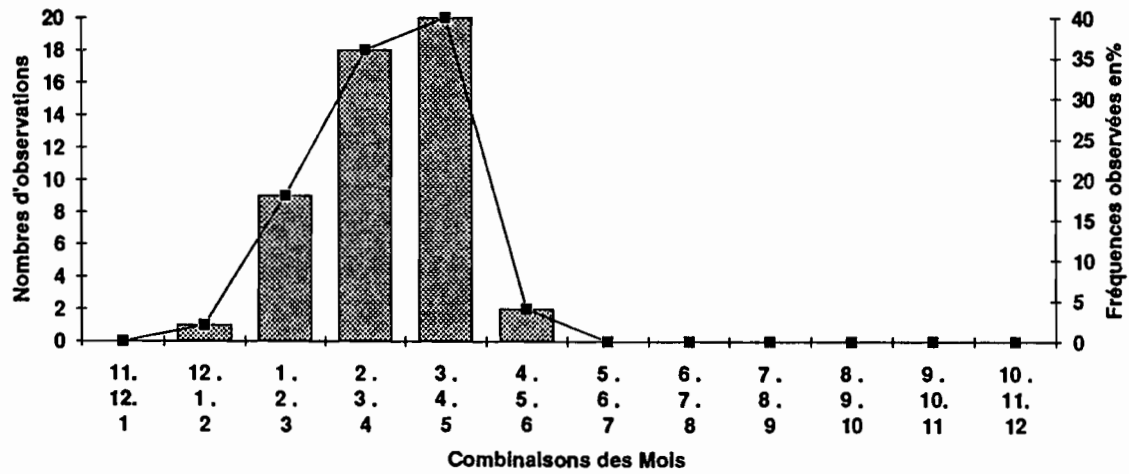
Position des 4 mois consécutifs les plus secs				
Combinaisons de mois	ANNANDALE		GRAND ETANG	
	Nombre observé	Fréquence observée %	Nombre observé	Fréquence observée %
11. 12. 1. 2	0	0	0	0
12. 1. 2. 3	2	4.2	3	7.1
1. 2. 3. 4	16	33.3	12	28.6
2. 3. 4. 5	24	50	18	42.8
3. 4. 5. 6	5	10.4	7	16.7
4. 5. 6. 7	0	0	0	0
5. 6. 7. 8	0	0	1	2.4
6. 7. 8. 9	1	2.1	0	0
7. 8. 9. 10	0	0	1	2.4
8. 9. 10. 11	0	0	0	0
9. 10. 11. 12	0	0	0	0
10. 11. 12. 1	0	0	0	0

**POSITION DE LA SAISON SECHE SUR LE HAUT BASSIN DE LA
"BEAUSEJOUR RIVER"
POSITION OF THE DRY SEASON ON THE UPPER CATCHMENT OF
"BEAUSEJOUR RIVER"**

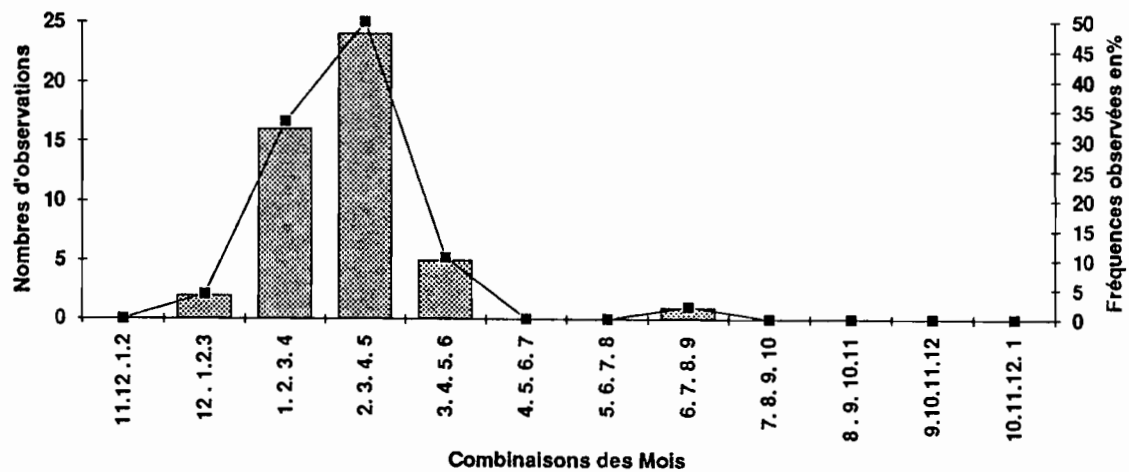
Position des 2 mois consécutifs les plus secs à "ANNANDALE"



Position des 3 mois consécutifs les plus secs à "ANNANDALE"

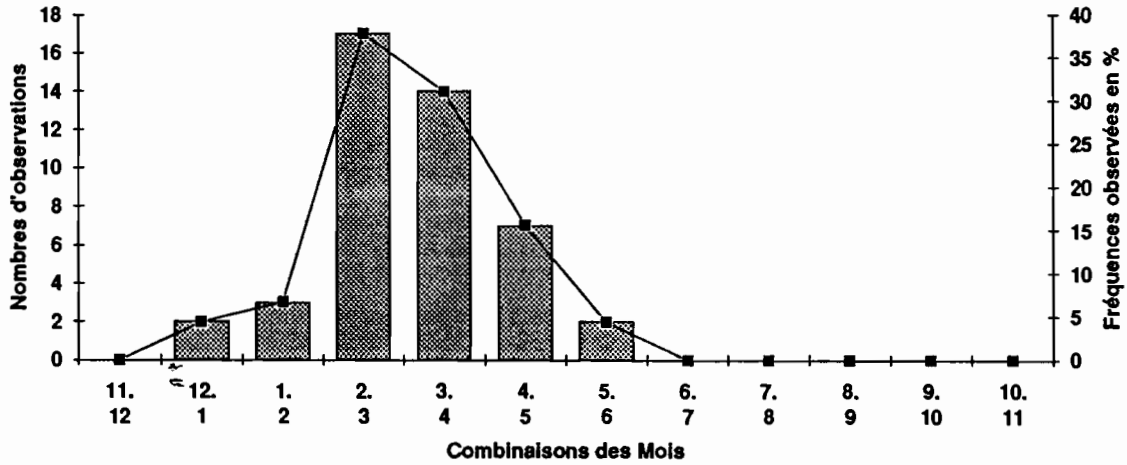


Position des 4 mois consécutifs les plus secs à "ANNANDALE"

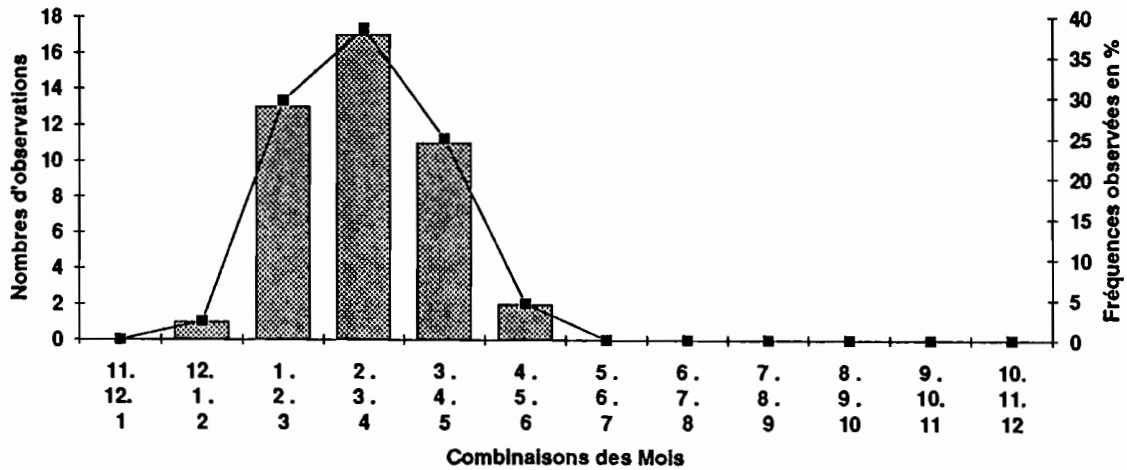


**POSITION DE LA SAISON SECHE SUR LE HAUT BASSIN DE LA "GREAT RIVER"
ET CELUI DE LA "BEAUSEJOUR RIVER"**
**POSITION OF THE DRY SEASON ON THE UPPER CATCHMENT OF THE
"BEAUSEJOUR RIVER" AND THE "GREAT RIVER"**

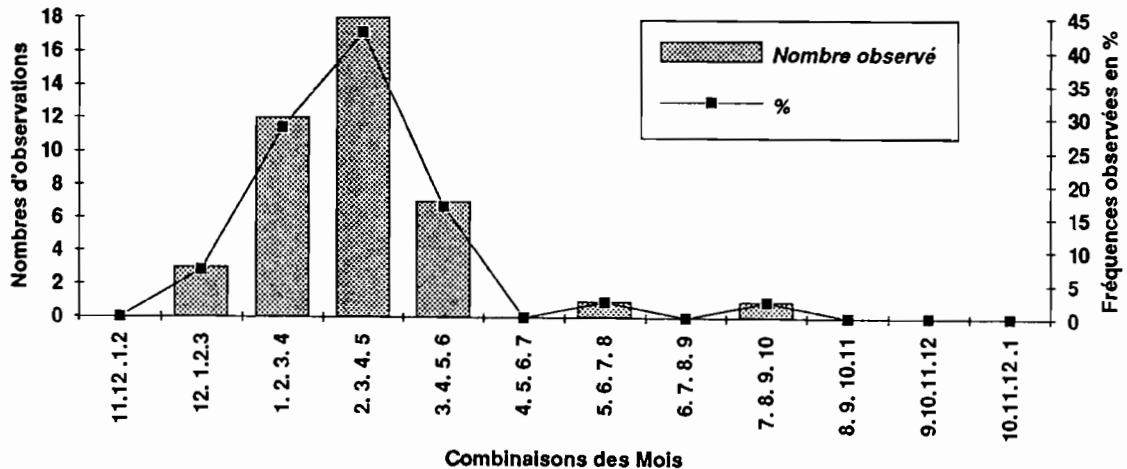
Position des 2 mois consécutifs les plus secs à "GRAND ETANG"



Position des 3 mois consécutifs les plus secs à "GRAND ETANG"



Position des 4 mois consécutifs les plus secs à "GRAND ETANG"



3.3.2. Annandale 2 (Penny Dam)

Cette prise, implantée sur un affluent de rive gauche de la "Beauséjour River", la rivière Soulier (?), n'est utilisée que lorsque le débit à la prise principale tombe au-dessous de 1.9 MGD soit 100. l/s. Le débit qui s'écoule à la cote 950 pieds (# 290 m) est un débit résiduaire car plus en amont, 2 prises dérivent l'essentiel de l'eau de la rivière Soulier vers la station de traitement de Vendôme.

• Mesure du 09 Mars 1994

Lors de notre première visite à Penny Dam, le 7 mars, nous avons constaté une petite fuite d'environ 2 à 3 dixièmes de litre par seconde au niveau de la vanne de fond. Malgré la pose d'une planchette en travers de l'encoche rectangulaire du déversoir, dans le but d'augmenter la charge sur le tuyau de prise et par là même son débit, il y avait aussi un léger déversement sur l'ouvrage (entre le bois et le béton) que nous avons estimé entre 0.1 et 0.2 l/s.

Deux jours plus tard, le 9 mars, le niveau dans la retenue avait considérablement baissé puisqu'il se situait à 28 cm au-dessous du béton de la crête déversante. Le débit résiduaire mesuré à l'amont immédiat de la minuscule retenue était alors de 8.3 l/s tandis qu'un peu plus haut, en aval des 2 prises de Vendôme, il n'était que de 6.8 l/s. Déduction faite des fuites près de la vanne de l'ouvrage le prélèvement, le 9 mars, peut donc être évalué à 8. l/s soit 690 m³/jour (0.152 MGD).

Nota Bene: *Le débit prélevé par l'unique tuyau de 5 pouces est lié au niveau du plan d'eau. Lorsque la cote de déversement est atteinte la charge n'augmente plus que très lentement : ($\Delta H / \Delta Q$ amont) diminue très fortement lorsque le déversoir commence à débiter. Le prélèvement, qui est proportionnel à la racine carrée de la charge, croît donc encore moins vite qu'elle. Le débit dérivé a ainsi tendance à "plafonner". Cette capacité maximale de prélèvement de l'aménagement peut ici être évalué à ≤ 9 . l/s soit # 770 m³/jour ou encore 0.17 MGD.*

Il n'apparaissait donc que 1.5 l/s entre les deux sections de mesure. Ce débit correspond, pour un accroissement de superficie de 0.291 km² (BV n° 7), à un débit spécifique de 5.2 l/s/km². Cette valeur est très faible, comparée aux 22.4 et surtout aux 41.6 l/s/km² mesurés aux deux autres prises de Vendôme situées plus en amont (BV n° 1 et 2).

Entre les 2 points de jaugeage la rivière Soulier ne reçoit aucun affluent mais ceci n'explique cela que partiellement. Il est surtout probable que le BV hydro-géologique de la ravine sur laquelle est implantée la 2ème prise de Vendôme ne coïncide pas avec son BV topographique (BV n°2). Si aux 1.673 km² de BV total à Penny Dam, nous ôtons les 0.813 km² du BV n° 1, en amont de Vendôme 1, nous obtenons pour une superficie de 0.860 km² (= BV n°2 + n°3 + n°7), un débit de : 8.3 + 15.5 - 0.1 (fuites à Vendôme 2) - 1.5 (fuites et déversement à Vendôme 1) = 22.2 l/s soit un débit spécifique "pondéré" de 25.8 l/s/km². Cette valeur est voisine des 22.4 l/s/km² mesurés en amont de Vendôme 1 (BV n°1) et des 26.6 l/s/km² jaugeés à Annandale 1, sur la branche supérieure gauche de la rivière Beauséjour (BV n°8').

- Etiage

Le débit qui parvient à Penny Dam est constitué des apports propres des BV n° 3 et n°7 (0.488 km²), et des fuites et déversements à Vendôme 1 et 2. En pleine saison sèche il n'y a plus de déversements (cf. § 3.3.3. Écoulement) en amont et seules subsistent les fuites dont le total pour les 2 barrages n'excède pas 0.3 l/s. Ces apports propres n'étaient que de $8.3 - 0.1 - 1.5 = 6.7$ l/s le 9 mars, alors que nous n'avions pas encore atteint le niveau des "basses eaux habituelles" (cf. § 3.3.1. Écoulement).

A Annandale 1 le débit du 9 mars (29% du module) était effectivement supérieur au DCE médian (23% du module). Si nous appliquons ces mêmes coefficients au bassin de Penny Dam, ce qui revient entre autres à admettre la même loi de tarissement, nous obtenons une première estimation sommaire du DCE, qui serait égal à $6.7 \times 23 / 29 = 5.3$ l/s. Il est malheureusement probable que notre présent petit bassin tarit plus vite que celui d'Annandale : pluviométrie inférieure et non concordance quasi-certaine des BV hydrologique et topographique. Nous proposons donc comme ordre de grandeur le plus plausible du DCE moyen 4. à 4.3 l/s. Cette valeur, abondée des fuites de Vendôme 1 et 2, permet in fine d'estimer le débit minimal disponible à Penny Dam, en année moyenne, à 4.5 l/s. A ce débit correspond un prélèvement réel de 4.3 l/s soit 370 m³/jour ou encore 0.08 MGD.

En ce qui concerne la position de l'étiage nous n'y reviendrons pas car nous considérons que les résultats relatifs au poste pluviométrique d'Annandale W.T.P. (cf. pages 18 à 20) sont directement transposables ici.

3.3.3. Vendôme 1

- Mesure du 08 Mars 1994

Cette prise est implantée sur la rivière Soulier, immédiatement à l'aval du confluent de 2 ravines, vers la cote 1180 pieds (# 360 m). Le bassin versant en cette section est de 0.813 km² (BV n°1). Le 8 mars le débit entrant dans la retenue était de $8.0 + 10.2 = 18.2$ l/s. Le débit spécifique naturel du cours d'eau est donc de 22.4 l/s/km², valeur élevée mais comparable aux 25.1 l/s/km² que nous avons rencontrés à Annandale 1.

Nous avons observé, au niveau de la vanne de vidange, une fuite peu importante que nous avons estimée à 0.2 / 0.3 l/s. Nous avons également noté un déversement sur le barrage (hauteur d'eau moyenne de 1.5 cm sur les 1.95 m de largeur de l'encoche rectangulaire du déversoir). Ce débit déversant était de l'ordre du litre par seconde. Une vingtaine de mètres en aval de la prise, nous avons estimé le reliquat dans la rivière à 1.5 l/s. Le prélèvement était donc de 16.7 l/s soit 1440 m³/jour ou encore 0.317 MGD. Ces chiffres peuvent être considérés comme les maxima dérivables (cf. § 3.3.2. Nota Bene).

- Pluviométrie

Au poste proche de Vendôme W.T.P. les données pluviométriques que nous avons trouvées sont trop peu consistantes pour

pouvoir être utilisées directement. La pluviométrie moyenne interannuelle sur le bassin a donc été évaluée à 3450 mm, à partir du réseau d'isohyètes tracées par Evans.

En s'appuyant par ailleurs sur l'analyse statistique des observations faites à Grand Etang et à Annandale W.T.P. (cf. § 3.3.1.) il est possible d'estimer, pour les fréquences au non dépassement $F = 0.1$ et $F = 0.9$, les hauteurs de pluie que reçoit le bassin à 2900 et 4400 mm. Le K3 est toujours voisin de 1.5 comme à Annandale 1.

Pour les cumuls de N mois consécutifs les plus secs nous proposons les valeurs médianes suivantes arrondies : 220. mm pour N = 2, 380. mm pour N = 3 et 560. mm pour N = 4. Ces valeurs ne doivent être considérées que comme de simples ordres de grandeur.

• Écoulement

Nous pensons que le déficit annuel d'écoulement sur le bassin avoisine 1100 mm. En année moyenne la lame écoulée serait alors d'environ 2350 mm ce qui équivaut à un débit fictif continu de 60. l/s.

L'utilisation de la courbe régionale adimensionnelle des débits classés établie pour la Martinique (cf. page 16) nous fournit directement une estimation sommaire des débits caractéristiques. C'est ainsi que le DCE ou débit non dépassé en moyenne 10 jours par an, que ces jours se suivent ou non, serait de 14. l/s soit 1200 m³/jour ou encore 0.266 MGD. Les débits non dépassés pendant 30 et 60 jours représenteraient quant à eux # 30.% et 40.% du module. Le DC30 et le DC60 peuvent ainsi être grossièrement estimés à 18. et 24. l/s.

Le débit mesuré le 8 mars correspondrait donc au DC30. Notons que ce résultat est tout à fait cohérent avec ce que nous avons déterminé pour Annandale 1 où le débit du 9 mars serait non dépassé 25 jours par an.

Nous avons vu précédemment que les quantités d'eau prélevées n'augmentaient que très peu dès qu'il y avait déversement, et que ce "seuil" à Vendôme 1 était atteint pour un débit naturel de quelques 17. à 18. l/s. Ce débit "limite" représente 28 à 30% du module estimé, et ne serait pas dépassé, selon la courbe précitée, que pendant 6.5 à 8.% du temps. Il faudrait alors en conclure que la digue de Vendôme 1 déverserait presque tout le temps (336 à 341 jours par an !!!), cet excédent se retrouvant bien sûr à Penny Dam. Le fonctionnement de l'aménagement de Vendôme 1 pourrait être aisément vérifié après implantation d'un limnigraphe dans la retenue et la réalisation de quelques jaugeages doubles à l'amont.

S'il s'avérait qu'il y a effectivement déversement 11 mois par an il pourrait se révéler intéressant d'augmenter les possibilités de prélèvement de l'aménagement (ou de celui de Penny Dam), soit en surélevant le barrage, soit en posant un second tuyau de captage au-dessus de celui qui existe.

3.3.4. Vendôme 2

• Mesure du 09 Mars 1994

Cette prise est implantée sur un affluent de rive droite de la rivière Soulier, juste en amont de leur confluent. L'altitude de l'aménagement est d'environ 950 pieds (# 290 m) et la superficie du bassin versant de 0.372 km² (BV n° 2). En rive droite un tuyau en fonte destiné à capter le débit d'une ravine voisine débouche directement dans la retenue. Ce captage "bricolé" était rigoureusement sec lors de notre passage.

Une fuite insignifiante au niveau de la vanne de décharge a été observée. Nous l'avons estimée entre 1/20 et 1/10 de litre par seconde. Il n'y avait pas de déversement et le niveau du plan d'eau était plutôt même très bas. Le débit naturel entrant dans la retenue était de 15.5 l/s. Le débit spécifique, 41.6 l/s/km², est tellement élevé que nous sommes enclins à penser que les BV hydrologique et topographique ne coïncident pas (cf. § 3.3.2. Penny Dam et ci-après, Écoulement).

Le débit prélevé était de 15.4 l/s soit 1330 m³/jour ou encore 0.293 MGD.

• Pluviométrie

Nous avons estimé, toujours d'après les travaux de Evans, la pluviométrie moyenne interannuelle sur le bassin à 3650 mm. Les résultats de l'analyse statistique conduite sur les données de Annandale W.T.P. et de Grand Etang, permettent d'avancer 3100 et 4700 mm comme ordres de grandeur des hauteurs "décennale sèche" et "décennale humide".

Pour les cumuls de N mois consécutifs les plus secs nous proposons les valeurs médianes suivantes arrondies : 230. mm pour N = 2, 400. mm pour N = 3 et 600. mm pour N = 4. Ces valeurs sont à utiliser avec beaucoup de circonspection.

• Écoulement

Avec un déficit d'écoulement estimé à 1100 mm la lame annuelle écoulée devrait être de 2550 mm. Il lui correspondrait alors un module de 30. l/s. Les 15.5 l/s mesurés le 9 mars représenteraient alors 51.5% du module. Ce ratio, d'après la courbe adimensionnelle des débits classés que nous avons déjà utilisée, correspond à un débit non dépassé 28% du temps soit pendant 102 jours.

Ce résultat est en total désaccord avec les 25 et 30 jours de Vendôme 1 et Annandale 1 !

Le bassin de Vendôme 2 est coincé entre ceux d'Annandale 1 et de Vendôme 1 et tous trois sont dans la même zone climatique. Nous pensons donc que le débit du 9 mars doit, ici aussi, être voisin du DC30. Mais ce sont alors # 9. l/s que nous aurions du mesurer et non 15.5 l/s ! Force est donc d'admettre, pour lors, la non concordance des bassins évoquée plus haut.

Dans de telles conditions il est bien difficile d'estimer des débits caractéristiques. Nous nous hasarderons quand même sur ce "terrain miné" et proposons les ordres de grandeur suivants :

DCE : 23% de 30. l/s + # 5 l/s de "l'extérieur" \cong 12. l/s

DC30 : 30% de 30. l/s + 6. à 7. l/s de "l'extérieur" \cong 15. à 16. l/s

DC60 : 40% de 30. l/s + 7. à 8. l/s de "l'extérieur" \cong 19. à 20. l/s

susceptibles bien sûr, d'être révisées assez largement.

3.3.5. Les Avocats

• Mesure du 08 Mars 1994

La prise est située sur la branche ouest de la "Little Bacolet River", à 1125 pieds d'altitude (# 342 m). Le bassin versant est inhabité et entièrement recouvert par la forêt humide, sa superficie est de 1.188 km² soit environ 294 acres (BV n°16). Ce petit bassin fait penser à un "entonnoir" avec son réseau hydrographique disposé en éventail. Il possède une densité de drainage remarquable et cela laisse augurer une excellente réponse aux précipitations.

Trois ruisseaux débouchent dans la retenue.

- Celui de droite, qui draine la partie ouest et nord du bassin (environ 70% du BV) avait un débit de 8.4 l/s soit # 10. l/s/km².
- Le ruisseau médian descend du Mont Sinai au nord-est; il draine une zone plus restreinte (approximativement le quart du BV) mais il est beaucoup plus productif avec ses 11.5 l/s jaugés équivalents à 38. ou 39. l/s/km².
- Le ruisseau de gauche enfin ne draine que la frange est du bassin (# 5% du BV). Il ne reçoit pas d'affluents et ne remonte pas très haut ce qui expliquerait son faible débit, 0.2 à 0.3 l/s estimés soit # 4. à 5. l/s/km².

Nota Bene: Des échelles limnimétriques, constituées d'un seul élément métrique, sont implantées sur les 2 principales ravines. Ces échelles étaient en parfait état lors de notre passage mais elles ne sont jamais lues !! Leur lecture quotidienne par le gardien de la station de traitement située à proximité serait pourtant aisé et d'une grande utilité (cf. § 2.2.2. dernier alinéa page 9). Quelques jaugeages, en basses eaux uniquement (il y en a eu 4 en 1991, 8 en 92 et 8 en 93 mais sans lecture d'échelle), permettraient d'étalonner les 2 ravines et de préciser leurs apports de saison sèche. Au préalable il est indispensable que les sections aient été stabilisées et que leur sensibilité ait été améliorée ($\Delta H / \Delta Q$ le plus grand possible). La construction de petits seuils ou, mieux encore, de déversoirs ne serait ni difficile ni onéreuse. La connaissance des DCE, DC30, DC60 et DC90 sur ce bassin serait fort utile pour l'étude d'autres petits bassins à aménager.

Le débit total entrant dans la retenue était donc de 20.1 à 20.2 l/s soit un débit spécifique "global" de 17. l/s/km². Le barrage ne déversait pas et la fuite au niveau de la vanne de fond était de l'ordre de 0.5 l/s ce qui donne un débit dérivé de 19.6 ou 19.7 l/s.

A ce prélèvement il faut ajouter une partie du débit d'une ravine de rive gauche qui rejoint le lit principal en aval du barrage. Le captage se fait par un simple tuyau qui se déverse directement dans l'un des bassins de décantation. Le débit capté a été mesuré par capacité, il était de 0.45 l/s. La fraction non captée était impossible à mesurer, nous l'avons estimée à 0.5 l/s.

Le débit total disponible était donc de 21.1 l/s sur lesquels 20.1 l/s étaient prélevées par la station de traitement, soit encore 1735 m3/jour ou 0.382 MGD.

- Pluviométrie

Les données retrouvées pour le poste Avocats W.T.P. ne sont hélas que très fragmentaires (4 mois en 1992, 6 mois en 1993) et donc d'aucune utilité pour l'estimation de la pluviométrie moyenne du bassin. Celle-ci n'a donc pu être évaluée qu'à partir du réseau d'isohyètes tracé par Evans. Les précipitations annuelles sur le bassin seraient ainsi d'environ 2850 mm.

Les hauteurs "décennale sèche" et "décennale humide" seront, avec beaucoup de témérité, estimées à 2400 et 3600 mm. Le K3 serait ainsi égal à 1.5, ce qui est tout à fait plausible.

- Ecoulement

En tenant compte de la pluviométrie bien sûr, mais aussi de la densité du réseau de drainage, le déficit d'écoulement peut, en première approximation, être estimé à 1100 mm. La lame annuelle écoulée serait alors de # 1750 mm et le module de # 66. l/s.

Les 20.1 ou 20.2 l/s mesurés le 8 mars représentent alors 30.5% de ce module. Selon la courbe des débits classés que nous avons déjà largement utilisée, cette valeur serait non dépassée seulement 8% du temps, soit 29 jours par an.

Bien que la condition [P > 3000 mm] nécessaire pour utiliser la "courbe régionale" de la page 16, ne soit pas satisfaite dans le cas présent, nous sommes troublés par la concordance parfaite de ce résultat avec ceux obtenus à Annandale 1 et Vendôme1 (respectivement 25 et 30 jours, rappelons le !).

Nous ne disposons malheureusement pas d'autres éléments pouvant confirmer ou infirmer ce résultat. Faute de mieux donc, nous proposons de considérer que cette courbe de débits classés reste utilisable, en basses eaux du moins, pour le bassin des Avocats. Les débits médians caractéristiques auraient alors les valeurs suivantes :

DCE : 23% de 66. l/s \cong 15. l/s soit 1300 m3/j ou 0.285 MGD

DC30 : 30% de 66. l/s \cong 20. l/s soit 1700 m3/j ou 0.380 MGD

DC60 : 40% de 66. l/s \cong 26. l/s soit 2280 m3/j ou 0.495 MGD

Ces valeurs sont sujettes à révision évidemment.

3.3.6. Mardigras

- Mesure du 09 Mars 1994

Le débit de la rivière "St Louis" était de 7.9 l/s en amont de la prise située vers la cote 850 pieds (# 260 m). Le débit du petit ru de rive gauche qui rejoint directement la retenue était nul. Ce drain ne coule vraisemblablement que pendant l'hivernage (il apporte toutefois en saison sèche l'équivalent de

quelques seaux d'eau savonneuse depuis les maisons qui surplombent la retenue...).

Le bassin versant au-dessus de la retenue s'étend sur 1.056 km² soit 261 acres (BV n°17). Le débit spécifique était donc de 7.4 l/s/km², ce qui est très inférieur aux valeurs que nous avons rencontrées à Annandale, Vendôme et Les Avocats.

Les pertes à la vanne du barrage étaient limitées à # 0.1 l/s et le déversoir ne débitait pas. Le prélèvement était donc au mieux de 7.8 l/s soit 670 m³/jour ou encore 0.148 MGD.

• Pluviométrie

Nous avons retrouvé des données à compter de janvier 1986 pour Mardigras W.T.P., poste situé en limite ouest du bassin, à environ 1175 pieds d'altitude (# 360 m). Malheureusement ces données ne sont à peu près complètes qu'à partir de 1992. En 1992 il y a été mesuré 1591 mm en 10 mois et en 1993, 2019 mm en 11 mois. Nous avons estimé les totaux annuels correspondants à 2100 et 2200 mm. Ces valeurs sont certainement sous-estimées et constitue une limite inférieure pour la pluviométrie du bassin que nous recherchons.

La somme des 12 moyennes mensuelles, calculées avec 3 à 7 valeurs selon le mois, y est de 2629 mm; cette valeur peut être considérée comme une limite supérieure de la pluviométrie annuelle du bassin.

Quant aux données de la Station Agricole de Mardigras, poste situé en dehors du bassin et à une altitude beaucoup plus basse, elles présentent de multiples lacunes (mois manquants et mois visiblement très sous-estimés) et aucune année n'est complète.

Nous avons donc du, cette fois encore, utiliser la carte de Evans. Nous avons ainsi évalué les précipitations que reçoit chaque année ce bassin à 2500 mm.

Pour les hauteurs "décennale sèche" et "décennale humide", nous proposons sous réserve, 2100 et 3200 mm. Le coefficient d'irrégularité K3 serait alors voisin de 1.5.

• Écoulement

Le déficit d'écoulement devrait être plus important sur ce bassin qui est moins arrosé et en grande partie cultivé et habité. Nous pensons que ce déficit avoisine 1200 mm. La lame annuelle écoulée serait au maximum de 1300 mm et il lui correspondrait un module $\leq 43 - 44$ l/s.

L'utilisation (hardie) de la courbe régionale des débits classés conduirait aux estimations suivantes : DCE = 10.l/s - DC30 = 13. l/s - DC60 = 17. à 18. l/s.

Le débit du 9 mars, inférieur au DCE ci-dessus, ne représente alors que 18% du module. Selon la même courbe des débits classés, le débit à l'entrée dans la retenue ne descendrait au-dessous des 7.9 l/s mesurés le 9 mars que pendant 1% du temps soit seulement 3 ou 4 jours par an ! Cela ne nous semble pas vraisemblable car à cette date nous nous situons encore au niveau du DC30 sur les bassins voisins. Il nous faut donc conclure que notre courbe des débits

classés n'est plus utilisable dans le cas présent, d'autant que la pluviométrie moyenne interannuelle du bassin est très inférieure aux 3500 mm exigés.

Le bassin de Mardigras a en fait la forme du continent africain. La partie nord de cette "Afrique" (# 60% du BV) est drainée par 2 branches bien ramifiées et d'importance comparable. Par contre la partie sud (# 40% du BV) n'est drainée que par le cours d'eau résultant de la rencontre des 2 bras précités. Dans le bief compris entre le confluent et la retenue, le lit est très encaissé (mini gorges) et la rivière ne reçoit en rive droite qu'un petit affluent, que nous n'avons pas vu mais qui très probablement ne coule pas en saison sèche (cf. le ru de rive gauche qui rejoint directement la retenue).

Le bassin de Mardigras fonctionnerait alors différemment suivant l'abondance des précipitations, et selon le schéma très simplifié suivant :

- *en saison des pluies :*

Les volumes écoulés proviennent essentiellement du ruissellement (crues). Durant cette période le "nord" et le "sud" du bassin contribuent à l'écoulement et les débits croissent de l'amont vers l'aval.

- *en saison sèche :*

Les volumes écoulés ne proviennent que des nappes (écoulement de base). La contribution du "sud" est alors nulle c'est à dire que le débit n'augmente pas entre le confluent et la retenue.

La lame annuelle écoulée au niveau du barrage est la somme de la lame "nord" et de la lame "sud", cette dernière étant plus faible si notre hypothèse est exacte. Considérons par exemple que les apports de saison sèche représentent 20% de l'écoulement sur la partie nord (valeur arbitraire mais sans doute pas trop éloignée de la réalité). Si la lame écoulée "nord" est de 1300 mm, la lame écoulée "sud" ne sera plus que de $1300 \times 0.8 = 1040$ mm. La lame annuelle à l'exutoire du bassin sera alors égale à $(1300 \times 0.6) + (1040 \times 0.4) = 1200$ mm et non plus 1300 mm.

Les débits moyens annuels des zones "nord" et "sud" seront en conséquence de 26.1 et 13.9 l/s, et le module à l'exutoire de 40. l/s (et non plus de 44. l/s).

En ce qui concerne les débits de basses eaux, nous pouvons dire également que les DEA, DCE, DC30, DC60 et DC90 au niveau du barrage sont égaux aux DEA DCE, DC30, DC60 et DC90 au niveau du confluent des 2 branches qui drainent la partie nord.

Pour déterminer les débits caractéristiques de cette partie nord du bassin nous avons fait une nouvelle tentative avec notre courbe régionale adimensionnelle des débits classés, en prenant pour module les 26. l/s déterminés plus haut. Nous avons alors abouti aux estimations suivantes :

DCE : 23% de 26. l/s \cong 6. l/s soit 520 m³/jour ou 0.114 MGD
DC30: 30% de 26. l/s \cong 7.5 à 8. l/s soit 650 à 690 m³/j ou 0.143 à 0.152 MGD
DC60: 40% de 26. l/s \cong 10. à 11 l/s soit 864 à 950 m³/j ou 0.190 à 0.210 MGD

L'hypothèse que nous avons formulée : "*pas d'apports en saison sèche entre les cotes 1150 et 860 pieds*", peut facilement être vérifiée. La réalisation, en basses eaux, de 3 jaugeages "doubles" à ces altitudes est aisée. Les

éventuels apports de la ravine de rive droite peuvent aussi être contrôlés au niveau de son confluent, par exemple en amont du ponceau de la cote 970 pieds.

Si notre hypothèse est confirmée, les valeurs de débits caractéristiques que nous venons d'estimer au confluent, vers la cote 1150 pieds, sont également applicables à l'entrée de la retenue vers la cote 860 pieds.

Il nous faudrait alors admettre aussi que, comme à Annandale, Vendôme et Les Avocats, le débit mesuré le 9 mars à Mardigras correspond approximativement au DC30.

3.3.7. Mamma Cannes

• Mesure du 09 Mars 1994

En amont de la prise de Mamma Cannes, c'est à dire vers la cote 1100 pieds (# 335 m), la "St Francis River" draine un bassin de 1.356 km² soit encore 335 acres (BV n°19). Le lit est de manière générale très encaissé; la prise se situe après un large coude à la sortie d'un mini canyon. Le lit est une succession de bassins et de petites chutes sans véritable bonne section de jaugeage. L'erreur sur la mesure que nous avons faite peut donc parfaitement atteindre 10%.

Le débit en amont de la prise était de 18.4 l/s. Le barrage ne déversait pas mais nous avons noté, outre l'inévitable petite fuite au niveau de la vanne de fond (estimée à moins de 0.5 l/s), une perte majeure sous la digue, en rive droite, avec un début de "renard". Nous avons évalué cette fuite à # 1. l/s. Outre le fait que le béton et le ferrailage se dégradent menaçant à terme la stabilité même de la digue, cette fuite représentait tout de même un manque journalier de 19000 gallons.

Le débit prélevé le 9 mars était donc de # 17. l/s soit 1470 m³/jour ou encore 0.323 MGD.

• Pluviométrie

Le poste pluviométrique le plus proche est celui de Mamma Cannes W.T.P., à l'est - sud-est du bassin, en dehors de celui-ci et à une altitude voisine de 950 pieds (# 290 m). Les relevés mensuels ne débutent qu'en novembre 1989 et présentent d'innombrables lacunes, ce qui ne permet pas une estimation acceptable de la pluviométrie annuelle du poste. La somme des 12 moyennes mensuelles, calculées avec 2 à 4 valeurs selon le mois, y est de 1958 mm. Cette valeur peut être considérée comme une limite inférieure extrême de la pluviométrie du bassin.

Le bassin est orienté ouest - est et culmine au Monts Lebanon et du Sud-Est à 2348 pieds (# 715 m). Il a la forme d'un ellipsoïde peu allongé et prolongé vers l'ouest par un appendice court et effilé. Cette partie la plus étroite du BV correspond au "mini canyon" où nous avons jaugé. Le bassin est dans l'ensemble inhabité et recouvert par la forêt. A partir des isohyètes annuelles de Evans nous avons estimé la pluviométrie moyenne sur le bassin à 2650 mm.

Les hauteurs dépassées en moyenne, 9 années sur 10 et 1 année sur 10, pourraient être de 3350 et 2200 mm (simples ordres de grandeur). La valeur de 1.52 pour le K3 nous paraît vraisemblable.

• Écoulement

Si nous adoptons pour le déficit d'écoulement de ce bassin 1150 mm, valeur intermédiaire entre celles retenues pour les BV de Mardigras et Les Avocats, nous obtenons une lame écoulée de 1500 mm par an en moyenne. Cette hauteur équivaut à un module de 64.5 l/s.

Les 18.4 l/s mesurés le 9 mars représentent alors 28.5% de ce module. Selon la courbe des débits classés de la page 16, cette valeur ne serait pas dépassée seulement 6.6% du temps, soit 24 jours par an.

Dans la partie aval du BV, celle qui correspond aux gorges, la rivière ne reçoit aucun affluent. En saison sèche il est probable, comme à Mardigras, que cette zone "est" ne contribue pas à l'écoulement : le débit à l'entrée dans la retenue serait le même que celui en aval de la dernière confluence à la cote 1375 pieds (# 420 m). Sur cette zone "est", qui représente approximativement 1/10 du bassin versant, la lame annuelle écoulée pourrait n'être que de 1200 mm. Si cela était, la lame annuelle écoulée sur l'ensemble du BV serait d'environ 1450 mm et le module de # 63. l/s.

Sur la seule partie "ouest", aux 1500 mm écoulés correspondrait un module "ouest" de 58. l/s. Les 18.4 l/s mesurés le 9 mars représenteraient 31.7% de ce module. Ce débit ne serait pas dépassé 9.1% du temps, soit 33 jours par an.

Nos assertions peuvent aisément devenir des certitudes : comme à Mardigras 3 doubles mesures de débit en période de basses eaux suffisent pour cela. En attendant cette vérification nous proposons, pour les débits caractéristiques de basses eaux, des valeurs moyennes qui s'inscrivent dans les "fourchettes" suivantes :

13.3 l/s < DCE < 14.8 l/s	soit 1150 à 1280 m ³ /j	ou 0.253 à 0.281 MGD
17.5 l/s < DC30 < 19.5 l/s	soit 1510 à 1680 m ³ /j	ou 0.333 à 0.370 MGD
23. l/s < DC60 < 26. l/s	soit 1990 à 2230 m ³ /j	ou 0.437 à 0.494 MGD

En ce qui concerne la position de l'étiage nous pensons, faute de mieux que les résultats obtenus au poste de Grand Etang (cf. pages 18, 19 et 21) peuvent être utilisés ici.

IV. LES RESSOURCES ADDITIONNELLES

Les ressources actuellement exploitées ne suffisent plus à satisfaire les besoins des paroisses de "St George" et de "St David" tout au long de l'année. De par la prédominance des eaux de surface dans les approvisionnements c'est précisément au moment où les besoins sont les plus grands que les disponibilités sont les moins importantes. Pour satisfaire une demande croissante émanant de consommateurs de plus en plus nombreux et de plus en plus exigeants ce sont, à très court terme, 8000 à 9000 m³/jour soit encore 2.0 MGD supplémentaires qu'il faut pouvoir distribuer.

Une partie de ces volumes doit être fournie par les eaux souterraines car elles sont généralement de meilleure qualité que les eaux courantes. De plus, les forages et les puits constituent, dans un pays exposé à des crues violentes et à des cyclones, des aménagements bien moins vulnérables que les prises en rivière.

Les eaux de surface ne sont pas pour autant à dénigrer et à délaisser. Elles constitueront longtemps encore l'essentiel des approvisionnements car elles sont souvent les plus faciles à capter et les moins onéreuses à distribuer si les prises sont implantées à des altitudes suffisamment élevées.

Toutes les rivières du sud de la GRENADÉ sont d'ores et déjà équipées de prises d'eau. Ces prises sont actuellement exploitées au maximum de leurs possibilités (sauf peut-être Vendôme 1) puisqu'en saison sèche l'intégralité du débit disponible est prélevé. Dans la zone qui nous intéresse, il n'existe donc plus de sites qui satisfassent à la fois aux 3 conditions idéales :

- gros volumes disponibles,
- sites proches de la zone à desservir,
- altitude suffisante, permettant un acheminement gravitaire.

Notre recherche de nouveaux approvisionnements s'est donc faite suivant deux principes :

- ressources proches, mais inévitablement limitées,
- ressources abondantes, mais éloignées.

Pour les ressources du 1er type nous nous sommes intéressés aux bassins de la "Beauséjour River", de la "St John's River" et de la "St Francis River". Quelques prélèvements peuvent encore être opérés sur ces cours d'eau déjà sollicités, mais seulement en aval des captages actuels.

Pour les ressources du 2ème type les seuls bassins productifs, qui ne soient tout de même pas trop éloignés de St George et St David, sont ceux de la "Black Bay River" (Concord Valley) et surtout de la "Great River", au-dessus de Birch Grove (St Margaret River).

4.1. BASSIN DE LA "BEAUSEJOUR RIVER"

Nous avons vu que la partie haute de ce bassin était très productive (débits spécifiques élevés) mais déjà extrêmement sollicitée, puisque les 4 prises détournent, en basses eaux, la totalité des débits disponibles.

Près de l'embouchure de la rivière Beauséjour, sous le pont de Beauséjour Estate (route côtière reliant St George à Gouyave) nous avons constaté que le débit résiduaire était encore important (plus de 50 l/s estimés). Les apports du BV, en aval des 4 prises, sont donc conséquents et méritent que l'on s'y attarde.

4.1.1. Mesures Complémentaires de Débit

L'examen du réseau hydrographique nous indique qu'entre Grenville Vale Estate et la mer, la rivière Beauséjour ne reçoit aucun affluent. Les apports directs dans cette portion du cours d'eau sont à l'évidence infimes voire nuls. En saison sèche il se pourrait même d'ailleurs que le débit décroisse dans ce bief !

Nous avons donc entrepris d'effectuer des mesures, non pas au pont de la route côtière mais au confluent de Grenville Vale Estate. Les jaugeages ont été réalisés le 18 mars sur les 2 cours d'eau, légèrement en amont de leur confluent vers la cote 125 pieds (# 40 m).

Le débit résiduaire de la rivière Beauséjour était de 35. l/s selon "UNIKA" et de 38.5 l/s selon "HYDROM". Les fuites au niveau des prises amont ont été estimées à environ 1. l/s pour Annandale 1 et 0.2 l/s pour Penny Dam. Ce ne sont donc que 37.3 l/s qui apparaissent pour un accroissement de superficie drainée de 4.265 km² (BV n°10 et 10'). Dans ces 37.3 l/s sont à leur tour incluses les pertes, sans doute limitées mais inévitables, des stations de traitement de Annandale et Vendôme. Sont également inclus dans ce débit des rejets d'eau usée, probablement non négligeables car cette partie du bassin est très habitée.

Il n'y a pas de prélèvement répertorié sur l'affluent de rive droite de la rivière Beauséjour, et qui descend des hauteurs situées à l'ouest du Mont Qua Qua. Le débit de 22. l/s selon "UNIKA", et 19.9 l/s selon "HYDROM", est un débit naturel abondé de quelques rejets de la part des habitants des Quartiers Granton et Mango. En amont du point de mesure le bassin de cet affluent s'étend sur 3.531 km² (BV n° 9 et 9').

4.1.2. Interprétation des Mesures

Nous avons vu que les débits mesurés sur la partie haute du bassin les 8 et 9 mars, correspondaient aux DC30 moyens et que ces débits étaient supérieurs aux DCE médians de 30 à 33%.

Admettons que les apports des BV intermédiaires n°9 et 10 suivent la même évolution. En réduisant de 1/3 les débits jaugés le 18 mars, nous obtenons des valeurs, qui ne sont pas "les" DCE moyens, mais qui constituent une estimation plutôt pessimiste des "basses eaux habituelles".

Nous obtenons alors :

- 25. l/s pour la rivière principale,
- 13. l/s pour son affluent de rive droite.

De Grenville Vale Estate nous avons suivi la route carrossable jusqu'à un petit pont vers la cote 200 pieds. Nous avons ainsi coupé le lit de plusieurs petites ravines qui rejoignent la rivière Beauséjour en rive gauche : toutes étaient rigoureusement asséchées. Nous pouvons imaginer qu'il devait en être de même pour celles de rive droite. Il est donc logique de penser qu'en saison sèche les apports du BV n°10' sont insignifiants voire nuls et que le débit résiduaire vers la cote 400 pieds est le même que celui observé à la cote 125 pieds. Le débit spécifique "apparent" était de 9.0 l/s/km² pour le BV arrêté à Grenville Vale Estate (n°10 + 10'); il serait par contre de 16.2 l/s/km² pour le seul BV n°10.

Nous avons également remonté le cours de l'affluent droit sur une centaine de mètres. Le lit du principal sous-affluent de rive droite (celui qui descend de Richmond) était strictement sec. Cela nous amène à penser que les apports du BV n°9' sont eux aussi insignifiants, voire nuls. Le débit à Grenville Vale Estate à la cote 125 pieds ne serait donc pas, en saison sèche, supérieur à celui observé au Quartier Granton vers la cote 550 pieds. Pour le BV arrêté au confluent, le débit spécifique était de 5.9 l/s/km² le 18 mars. Pour le seul BV n°9 ce débit remonterait à 9.7 l/s/km².

4.1.3. Propositions

En année moyenne il est possible de prélever 35. l/s sur la partie aval du bassin de la "Beauséjour River". Ce débit correspond à environ 3000 m³/jour soit encore 0.660 MGD.

Le captage peut être réalisé au moyen d'une unique prise implantée en aval du confluent de Grenville Vale Estate, mais seulement à 35 m d'altitude !

Il est également possible d'effectuer le prélèvement plus haut mais la construction de 2 prises est alors nécessaire.

- la 1ère pourrait être implantée sur la rivière principale vers la cote 400 pieds (# 120 m). Ce captage devrait se situer en aval du confluent de la ravine gauche qui descend de Vendôme (récupération des pertes de Vendôme W.T.P.) ou, mieux encore, un peu plus bas, en aval du confluent de celle qui draine, en rive droite cette fois, les Quartiers New Hampshire et Willis.
- la 2ème serait à implanter sur le tributaire de rive droite, au lieu dit Granton. Le prélèvement se ferait vers la cote 550 pieds (# 165 m) c'est à dire à l'aval immédiat du confluent des 2 ravines principales du BV n°9.

Dernière Minute

La N.A.W.A.S.A. a réalisé une seconde série de mesures le 25 avril. Les débits jaugés à Grenville Vale Estate étaient de 21.3 l/s sur l'affluent de rive droite, et de 35.4 l/s sur la rivière principale. Le total disponible était donc de 56.7 l/s. Ces valeurs sont très proches de celles que nous avons mesurées 5 semaines et 1/2 plus tôt.

4.2. BASSIN DE LA "ST JOHN'S RIVER"

Actuellement la contribution de ce bassin à l'alimentation en eau potable de St George est extrêmement modeste : 2 petites prises, Radix et Bon Accord, détournent chacune # 1.5 l/s soit 135 m³/jour ou encore 0.03 MGD.

L'intérêt de ce bassin est sa proximité de la capitale. Son inconvénient par contre est d'être très habité, ses eaux sont en conséquence polluées, et ce de mille et une façons (eaux usées domestiques, ordures ménagères, batteries, épaves automobiles, ...).

Le drainage du bassin est assuré par 3 cours d'eau principaux, les rivières St John's, Bon Accord et Tempe.

4.2.1. Mesures Complémentaires de Débit

Nous avons volontairement délaissé la rivière Tempe pour les raisons suivantes :

- le bassin est le plus fortement urbanisé des trois,
- il ne culmine qu'à # 520 m et sa pluviométrie moyenne \cong 2200 mm,
- la rivière est constituée par 2 bras qui ne confluent qu'à 75 pieds (# 23 m).

Le sous-bassin de la rivière St John's proprement dite, remonte presque jusqu'au Mont Sinai; dans sa partie supérieure il est coincé entre le BV des Avocats au sud et celui de la rivière Soulier (Vendôme 1) au nord. Le drainage de cette partie haute, qui est aussi la plus arrosée, n'est donc assuré que par un drain unique, ce qui ne constitue pas un élément favorable pour la concentration des débits. Nous avons donc jaugé, beaucoup plus bas, une centaine de mètres en amont du pont de Beaulieu vers la cote 120 pieds (# 37 m). A cet endroit le BV s'étend sur 2.978 km² (BV n°13 et 15).

Le 17 mars le débit de la St John's River était de 12. l/s selon "UNIKA" et de 14.3 l/s selon "HYDROM". Comme il n'y a pas de captage répertorié sur ce cours d'eau ce débit est un débit naturel, majoré toutefois de quelques rejets d'eaux usées domestiques.

Le bassin de la rivière Bon Accord remonte jusqu'à la ligne de crête qui relie le Mont Sinai au Mont Maitland. Il jouxte les BV de Mardigras et des Avocats à l'est, celui de St John's au nord et de Tempe au sud. Le réseau hydrographique comporte un seul drain principal, orienté est - ouest et décalé vers la partie nord du bassin. Ce cours d'eau ne reçoit donc pas d'affluents en rive droite, par contre les tributaires de rive gauche sont nombreux et assez bien ramifiés, surtout dans la moitié supérieure du bassin. La station de traitement de Bon Accord est située à 800 pieds (# 245 m) au delà des dernières habitations. Cela garantit la qualité de l'eau mais réduit les possibilités de prélèvement car la superficie du BV est réduite à 0.8 km². Le 17 mars nous avons donc jaugé en 2 endroits :

- en aval de la station de traitement, vers la cote 700 pieds (# 215 m),
- en amont du pont de La Mode, à l'altitude 240 pieds (# 75 m).

Les débits résiduels sur la Bon Accord River étaient respectivement de 3. et 13. l/s selon "UNIKA", de 2.7 et 13.1 l/s selon "HYDROM"

4.2.2. Interprétation des Mesures

La pluviométrie moyenne annuelle du bassin de la St John's River (BV n° 13 + 15) est estimée à 2850 mm aussi la lame écoulée devrait-elle se situer autour de 1650 mm et le module avoisiner 150 à 160 l/s. Le débit du 17 mars ne représente alors que 9% de ce débit moyen annuel ce qui est très faible, surtout si nous considérons que nous étions encore à cette date au-dessus du niveau moyen des basses eaux ! Le débit spécifique de la St John's River, calculé à l'exutoire du BV n°13, n'était alors que de 4.8 l/s/km².

Dans la partie aval du bassin (BV n°13) nous sommes certains qu'en saison sèche les apports de la zone située en rive gauche sont nuls (ni habitations ni affluents). En rive droite il n'y a pas d'avantage d'affluents mais un nombre important de maisons tout le long de la route, entre Beaulieu et Snug Corner : les apports de cette partie du bassin ne sont pas nuls mais demeurent insignifiants. Le débit de la St John's River est sans doute donc le même au pont de Beaulieu que plus haut, à l'exutoire du BV n°15. En ce point la superficie du bassin est réduite à 1.585 km² ce qui nous donne pour le BV n°15 un débit spécifique plus élevé de 9.0 l/s/km² (analogue à celui du BV n°9).

Le module sur la partie amont du bassin (BV n°15) serait compris entre 80. et 85. l/s. Le débit du 17 mars représente 17% de ce module.

Si le débit du 17 mars est voisin du DC30, comme cela était le cas sur la partie haute de la rivière Soulier voisine, nous sommes obligés d'admettre que la courbe régionale des débits classés de la page 16 ne s'applique plus ici. Sans courbe de débits classés il nous est impossible de déterminer le DCE. La réduction de 1/3, que nous avons adoptée pour la rivière Beauséjour, aboutit à une estimation sommaire du niveau des basses eaux habituelles de la St John's River de 9. l/s en amont du pont de Beaulieu.

Sur la rivière Bon Accord, entre la station de traitement et le pont de La Mode, apparaissent quelques 10. à 10.4 l/s tandis que la superficie drainée s'accroissait de 2 km². Le débit spécifique du BV intermédiaire était alors de 5. à 5.2 l/s/km².

En basses eaux nous pensons que les apports intermédiaires ne représenteront plus que les 2/3 environ de ce qu'ils étaient mi-mars, soit 6.5 à 7. l/s. Le reliquat en aval de la station de traitement devrait lui aussi fortement diminuer et tomber de 2.7 à moins de 1. l/s.

Le débit résiduaire disponible au pont de La Mode serait ainsi, pour un étiage normal (au sens de médian), de 7. à 8. l/s.

4.2.3. Propositions

En année moyenne il est possible de prélever 15. l/s sur la partie aval du bassin de la "St John's River". Ce débit correspond à environ 1300 m³/jour soit encore à 0.285 MGD.

Le captage peut être réalisé au moyen d'une prise unique implantée en aval du confluent avec la rivière Bon Accord, mais seulement à une altitude de 125 pieds soit environ 40 m. La pollution est considérable à cet endroit et la hauteur à laquelle l'eau devra être relevée sera importante.

Il est également possible d'effectuer le prélèvement à une altitude supérieure, solution qui présente un double avantage : moindres dépenses d'énergie pour relever les eaux et réduction importante des pollutions. Cette option réclame en revanche la construction de 2 prises.

- la 1ère pourrait être construite sur la rivière St John au niveau du ponceau de la cote 270 pieds (# 80 m) ou, mieux encore, à proximité du pont de la route joignant Snug Corner à Boca et Retreat. A l'aval du confluent nous serions à une altitude de près de 350 pieds (# 105 m).
- la 2ème serait à implanter sur la rivière Bon Accord, en amont du pont de La Mode. En cet endroit, vers la cote 240 pieds (# 73 m), existe un seuil rocheux permettant de bons ancrages. Cette seconde prise pourrait aussi être construite 250 mètres plus haut, à l'aval du confluent de la ravine descendue de Radix, à une altitude de 295 pieds (# 90 m).

Dernière Minute

Les mesures complémentaires effectuées par la N.A.W.A.S.A. le 15 avril, aux mêmes emplacements, ont donné les résultats suivants : 8.0 l/s au pont de Beaulieu, 1.1 l/s en aval de Bon Accord W.T.P. et 7.6 l/s au pont de La Mode. Ces jaugeages confirment nos propos précédents, et notamment, que 15. l/s sont bien disponibles lors d'un étiage normal.

4.3. BASSIN DE LA "ST FRANCIS RIVER"

La N.A.W.A.S.A. a effectué dans la matinée du 29 avril deux jaugeages sur la rivière St Francis, l'un en amont de la prise alimentant Mamma Cannes W.T.P. (BV n°19) et l'autre en amont de Hope Bridge (300 pieds soit # 90 m).

Le premier débit mesuré était alors de 10.2 l/s, ce qui ne représente que 60% du débit mesuré le 9 mars (17. l/s selon "UNIKA"). Cette valeur est inférieure de 23% à l'estimation basse que nous avons faite du DCE médian (cf. § 3.3.7.). Nous ne disposons pas de données sur la pluviométrie 1994 mais nous savons que la saison sèche 94 a duré plus que de coutume. Nous pensons donc que ces 10.2 l/s correspondent à une situation "déficitaire" ($F < 0.5$) et maintenons notre estimation du DCE en année moyenne.

Dans les 49.2 l/s mesurés à Hope Bridge sont incluses les fuites de la prise de Mamma Cannes (# 1.5 l/s). Le débit naturel reconstitué à Hope Bridge est alors de 58. l/s soit, pour un BV d'environ 4.6 km², un débit spécifique de 12.5 l/s/km². Pour le BV n°19 seul, le débit spécifique est de 7.5 l/s/km², pour le reste du bassin il est donc de 15.5 l/s/km² ! Ce résultat nous surprend énormément car ce BV n°19, outre qu'il constitue la partie la plus haute, et donc la plus arrosée du bassin, a conservé son couvert forestier alors que les zones moins élevées ont été mises en culture. Une mesure serait elle erronée ? et si oui, laquelle ? il nous est impossible de trancher.

La N.A.W.A.S.A. a en projet l'implantation d'une prise secondaire à la cote 750 pieds (# 230 m). Ce captage permettrait de récupérer, outre les fuites de la prise actuelle, les apports du BV n°18 (1.93 km²) dont la pluviométrie moyenne annuelle peut être évaluée à 2500 mm.

Le 9 mars déjà, les apports de la ravine de rive droite, celle qui rejoint la rivière St Francis à la cote 1050 pieds (# 320 m), se résument à quelques suintements (# 1/100 l/s ?). Le 29 avril cette ravine était certainement asséchée, et ce depuis même quelques semaines. Il nous faut admettre qu'en saison sèche les apports de la partie droite du BV n°18 sont nuls. Nous pouvons supposer également qu'à cette époque les apports des 2 premières petites ravines de rive gauche sont insignifiants sinon nuls. En saison sèche les apports du BV n°18 se limiteraient alors à ceux du seul drain important du bassin, celui qui rejoint le lit principal vers la cote 770 pieds. Cet affluent draine approximativement 1. km². Si nous appliquons à ce seul km² productif (?) du BV n°18, les valeurs spécifiques observées sur le BV n°19, il devrait apparaître entre les cotes 1160 et 770 pieds :

- 13. l/s le 9 mars,
- 7.5 l/s le 29 avril,
- 10. l/s lors d'un étiage "normal".

Si nous appliquons par contre la valeur spécifique de 14.5 l/s/km² à l'ensemble du BV n°18, ce sont 28. l/s qui, pourraient apparaître dans la rivière St Francis, le 29 avril ! L'écart entre les deux débits "éventuels" est considérable, les estimations variant du simple au quadruple !

Les données hydrométriques dont nous disposons sont extrêmement minces et demandent à être vérifiées et complétées. Une attitude prudente s'impose donc aussi dirons nous, présentement, qu'il est possible de prélever sur la "St Francis River", vers la cote 750 pieds, quelques 10. l/s supplémentaires au creux d'un "Carême" normal. Ce débit correspond à un captage effectif de 800 à 850 m³/jour soit encore 0.175 à 0.185 MGD.

4.4. BASSIN DE LA "GREAT RIVER"

Ce bassin est le plus grand du pays et les principaux cours d'eau qui le parcourent descendent de sommets et de crêtes qui constituent les points culminants de l'île. Ces montagnes sont aussi les régions les plus arrosées puisque la pluviométrie annuelle peut y dépasser 4000 mm (# 160 pouces). Ce bassin contribue déjà à l'alimentation en eau potable de la paroisse de St Andrew, par l'intermédiaire de captages situés sur la rivière Grand Bras et sur la branche amont gauche qui draine les pentes de Fedons Camp et du Mont Qua Qua (Great River proprement dite). Ces prélèvements, en regard des débits disponibles, restent globalement peu importants.

Nous nous sommes intéressés à la branche amont droite de la Great River, au-dessus de Birch Grove (St Margaret River ?) pour de multiples raisons :

- Le bassin est copieusement arrosé puisque les isohyètes 120 et 140 pouces (# 3050 et 3550 mm) le traversent. Cela laisse espérer une ressource globalement importante.
- Plus la pluviométrie est importante et plus l'irrégularité interannuelle, appréciée par le K3 par exemple, est faible. En choisissant un bassin bien arrosé nous réduisons aussi le risque d'observer une grande variabilité interannuelle de la lame écoulée.
- La partie supérieure du bassin est uniformément couverte par la forêt, ce qui laisse augurer d'un écoulement de base régulier et soutenu.

- Cette rivière coule à l'opposé de St George bien sûr mais, si les débits ne fléchissent pas trop en saison sèche, il serait peut être possible de prélever à une altitude suffisamment élevée (minimisation de la dénivelée pour le franchissement de la ligne de crête séparant la prise de St George).
- La zone protégée de "Grand Etang Forest Reserve" englobe une grande partie du BV. Il ne devrait donc pas y avoir de pollutions résultant des activités humaines, du moins sur la partie haute du bassin.

4.4.1. Mesures de Débit

Dans son étude de faisabilité d'aménagements hydroélectriques (août 93) Coyne & Bellier a envisagé une prise sur la St Margaret River, à la cote 940 pieds (# 285 m). La superficie du bassin à cet endroit est de 6.72 km², valeur C & B qui inclut le sous-bassin de Grand Etang. Une mesure de débit a alors été réalisée, le 2^e mars 93, un peu en aval du site de prise, vers la cote 900 pieds (# 275 m). Le débit mesuré était de 122. l/s à l'exutoire d'un bassin de 6.80 km² (valeur C & B). Ce bassin correspond aux BV n°4+5+6 figurant sur les cartes jointes en annexe (sa superficie n'est d'ailleurs pas de 6.80 mais de 6.75 km² !).

La N.A.W.A.S.A. a décidé de capter, en période de pénurie, une partie des eaux de Grand Etang. Elle a entrepris des travaux sur le petit barrage qui existait déjà et la construction d'une station de pompage. Malgré ce prélèvement l'intérêt du site proposé par C & B demeure car l'arrêt de la turbine était envisagé durant les basses eaux, en moyenne 80 jours par an. Si en revanche la prise d'eau n'est plus destinée à la production électrique mais à l'alimentation en eau potable, le site proposé par C & B perd de son intérêt : pourquoi en effet prélever en aval du confluent d'une rivière qui ne vous apportera "rien" (ou presque rien) en saison sèche alors qu'à ce moment vos besoins seront précisément les plus grands.

Le 15 mars 94 nous avons donc choisi de prospecter en amont de la cote 900 pieds (275 m). Au préalable nous avons jaugé la rivière de Grand Etang vers la cote 1670 pieds (# 510 m) c'est à dire, en aval du barrage, en amont de 2 buses, à proximité de la nouvelle station de pompage. Le débit était de 8. l/s selon "UNIKA", 9.0 l/s selon "HYDROM". En cet endroit le BV s'étend sur 1.025 km² (BV n°6) ce qui nous donne un débit spécifique de 8.8 l/s/km².

Juste en amont du site C & B, à la cote 950 pieds, la St Margaret River reçoit en rive gauche un ruisseau dont le débit était de l'ordre du litre par seconde. . En continuant de remonter la rivière nous avons ensuite observé vers la cote 975 pieds, toujours en rive gauche, le débouché d'un petit thalweg rigoureusement à sec. Quelques mètres plus haut, vers la cote 980 pieds, un autre affluent de rive gauche rejoint la rivière; cette ravine suintait d'avantage qu'elle ne coulait et nous dirons que son débit était de l'ordre du 1/100 de litre par seconde. Encore plus haut, vers la cote 1040 pieds, et en aval des chutes de la St Margaret River, la rivière de Grand Etang rejoint le cours d'eau principal. Nous n'avons pas trouvé de section convenable pour jauger cet affluent de rive gauche, les eaux s'écoulant par de nombreux petits chenaux. Nous en avons estimé le débit, très grossièrement, entre 10. et 15. l/s. Ce débit englobe les 9.0 l/s mesurés le matin à la cote 1670 pieds.

En contournant les cascades, qui sont situées à la sortie de petites gorges que nous avons remontées, nous avons coupé, toujours en rive gauche,

un autre petit thalweg où s'écoulait (?) un débit inférieur à 1/100 de l/s. En poursuivant notre chemin vers l'amont nous avons atteint vers la cote 1190 pieds le confluent d'une ravine, de rive droite cette fois, qui descend du Mont du Sud-Est. Nous avons alors estimé son débit entre 1.5 et 2. l/s. Après deux coudes dont l'un à moins de 90° (cote 1250 pieds) nous sommes arrivés dans une portion de cours à peu près rectiligne. Dans ce bief la pente est moins forte et il n'y a plus d'énormes blocs mais seulement, si l'on peut dire ainsi, des rochers de taille petite à moyenne. Le seul affluent que nous ayons alors rencontré est un petit torrent de rive gauche qui rejoint la St Margaret River vers la cote 1310 pieds (# 400 m) en lui apportant 3. à 5. l/s.

Après avoir laissé en rive droite un thalweg simplement "suintant" nous avons atteint vers la cote 1340 - 1345 pieds (# 410 m), 2 affluents descendus des Monts du Sud-Est et Lebanon. Les apports de ces 2 tributaires étaient suffisamment importants pour que nous ne nous remontions pas plus avant le cours de la St Margaret River à la recherche d'un emplacement de prise. Nous avons donc rebroussé chemin jusqu'à la cote 1310 pieds où nous avons effectué une mesure, en aval du petit torrent de rive gauche.

Le dépouillement avec "UNIKA" (maxi autorisé 13 verticales seulement) a donné un débit de 99. l/s. Avec "UNIKA" amélioré (max. verticales remonté à 25) le débit était de 97. l/s. Enfin le dépouillement avec "HYDROM" a donné 101. l/s. Admettons donc 100. l/s ce qui nous donne un débit spécifique de 28.2 l/s/km², comparable aux 22.4 et 26.6 des hauts bassins des rivières Soulier et Beauséjour.

4.4.2. Interprétation des Données

• Pluviométrie

Nous avons déjà procédé à l'analyse statistique de l'échantillon des pluies annuelles des postes proches de Annandale et Grand Etang (cf. § 3.3.1. page 15 et annexe pages 22 à 33). Nous leur avons ajusté des lois gaussio-logarithmiques (Galton). Les valeurs remarquables tirées de ces ajustements sont rappelées ci-dessous :

- | | |
|--|-----------------|
| - pour F = 0.5, hauteur médiane | 3307 et 3713 mm |
| - pour F = 0.1, hauteur décennale "sèche" | 2859 et 3064 mm |
| - pour F = 0.9, hauteur décennale "humide" | 4215 et 4919 mm |

Rappelons que C & B a ajusté une loi normale à la série 1986 - 1992 (7 valeurs seulement !) de Grand Etang et proposé, pour les mêmes récurrences que ci-dessus, 3603, 3276 et 3930 mm ... Nous attirons l'attention sur le fait qu'il n'est pas recommandé de choisir la loi de Gauss car elle sous-estime généralement les valeurs correspondant aux fréquences rares alors qu'elle est acceptable pour les valeurs centrales. De plus la valeur de 1.2 proposée par C & B pour le coefficient K3 est bien trop faible, une valeur de 1.5 semblerait plus réaliste.

A partir du réseau d'isohyètes de Evans et des données du poste proche de Grand Etang nous avons estimé la pluviométrie moyenne interannuelle sur le bassin de la St Margaret River, en amont de la cote 1310 pieds, à 3300 mm. Les hauteurs décennales "sèche" et "humide" peuvent alors être estimées à 2850 et 4200 mm.

Les cumuls pluviométriques des 2 mois consécutifs les plus secs ont également fait l'objet d'une analyse statistique (cf. annexe pages 34 à 58). La loi de Pearson III s'est révélée comme s'ajustant le mieux aux échantillons et nous a fourni les valeurs remarquables suivantes :

- pour F = 0.5, cumul minimal médian 208 et 253 mm
- pour F = 0.1, cumul minimal décennal "sec" 114 et 129 mm
- pour F = 0.9, cumul minimal décennal "humide" 391 et 439 mm

En ce qui concerne le bassin n°4 nous proposons pour les récurrences ci-dessus 215, 115 et 390 mm.

• Écoulement

Le déficit d'écoulement peut être évalué sur le bassin à 1100 mm ce qui nous donne une lame annuelle écoulée de 2200 mm environ. Il lui correspond alors un module voisin de 250. l/s soit approximativement 70. l/s/km².

Les 97 à 101. l/s jaugés le 15 mars représentent sensiblement 40% du module. Si nous admettons que la courbe des débits classés de la page 17 est applicable à ce bassin, ce débit serait en moyenne non dépassé 16.5% du temps soit 60 jours par an. L'utilisation de cette courbe permettrait également d'estimer les divers débits caractéristiques comme suit :

- DCE : 23% de 250 l/s = 57.5 l/s soit 4970 m³/jour ou 1.093 MGD
- DC30 : 30% de 250 l/s = 75. l/s soit 6480 m³/jour ou 1.425 MGD
- DC60 : 40% de 250 l/s = 100. l/s soit 8640 m³/jour ou 1.901 MGD

Les valeurs ci-dessus nous paraissent cependant bien sévères. En effet sur les bassins entourant le BV n°4 les débits de début mars correspondraient sensiblement aux DC30. Nous pensons donc que les 100. l/s jaugés correspondent plutôt au DC30 qu'au DC60 : ce bassin est tout de même celui qui, début mars, possédait le débit spécifique le plus élevé. La courbe régionale des débits classés ne serait donc pas applicable ici. Notons à ce propos qu'elle ne l'est pas d'avantage sur le petit bassin de la Rivière Blanche à l'Alma (4.31 km²), l'un des plus productifs de la Martinique (lame annuelle écoulée > 4000 mm), où le DCE moyen ne représente plus 23% mais 45% du module !

Nous proposons alors pour les débits caractéristiques de basses eaux de la St Margaret River à la cote 1310 pieds, en année moyenne :

- DCE : 80. l/s soit 6900 m³/jour ou encore 1.52 MGD
- DC30 : 100. l/s soit 8640 m³/jour ou encore 1.90 MGD
- DC60 : 125 à 130. l/s soit 11000 m³/jour ou encore 2.42 MGD

En Martinique il a été établi que la variable explicative principale du débit d'étiage était la pluie bimestrielle minimale. Les corrélations hydropluviométriques des diverses rivières ont été regroupées sur un même graphique en utilisant des variables adimensionnelles P* et Q*.

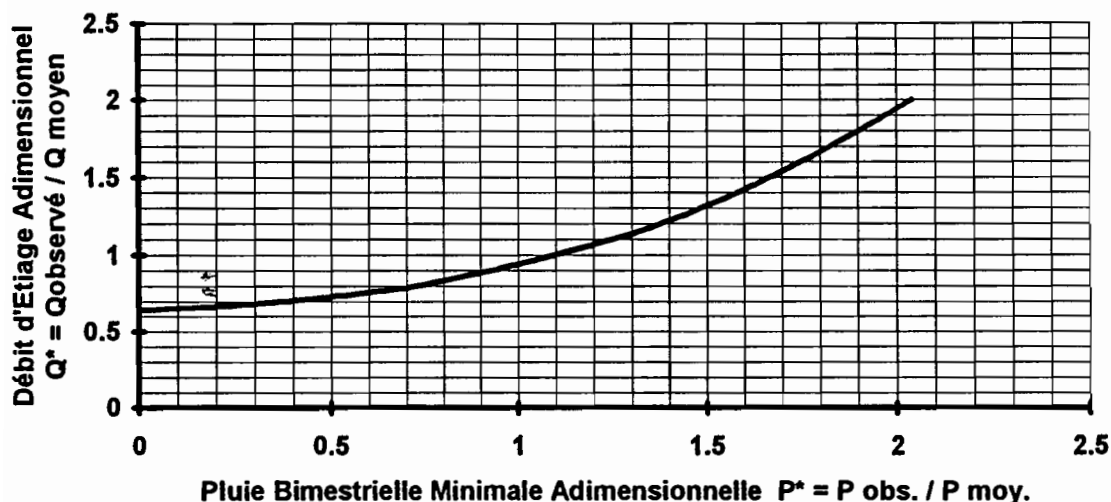
P* est le rapport de la pluie bimestrielle minimale observée une année donnée à la moyenne des pluies bimestrielles minimales observées.

Q* est le quotient du débit d'étiage observé cette même année par la moyenne des débits d'étiage observés.

Le graphique Q* = f (P*) présenté ci-après passe au travers d'un nuage de points bien orienté selon une courbe croissante. Le nuage est homogène, chaque rivière n'occupant pas un secteur du nuage, et le "mélange" des points

est satisfaisant. Cette courbe permet d'estimer le débit minimal d'une rivière dont on connaît la valeur moyenne de l'étiage, lorsqu'on se donne une hauteur bimestrielle minimale.

Corrélation entre les valeurs adimensionnelles du débit minimal Q^* et de la pluie bimestrielle minimale P^*



Nous avons fait l'hypothèse (hardie) que la pluie du BV, de manière générale, était une fonction linéaire simple de la pluie à Grand Etang (du type $y = a x$). Si les valeurs de l'un, y compris la moyenne, sont proportionnelles à celles de l'autre, les valeurs adimensionnelles P^* de l'un sont alors strictement les mêmes que celles de l'autre. Nous avons donc soumis à l'analyse statistique l'échantillon de 45 valeurs adimensionnelles P^* de Grand Etang. Les résultats détaillés figurent en annexe pages 59 à 64.

Le meilleur ajustement est obtenu avec la loi de Pearson III qui nous fournit les valeurs remarquables suivantes :

- pour $F = 0.5$	médiane	$P^* = 0.931$
- pour $F = 0.1$	décennale sèche	$P^* = 0.474$
- pour $F = 0.9$	décennale humide	$P^* = 1.616$
d'où $K3 = 3.4$		

A partir de l'échantillon de valeurs P^* , réellement observées, il est possible de reconstituer, grâce à la relation expérimentale $Q^* = f(P^*)$ précitée, un échantillon de valeurs adimensionnelles du débit d'étiage Q^* . Nous avons ensuite recherché quelles lois statistiques pouvaient être ajustées à cet échantillon de 45 débits "reconstitués". L'ensemble des résultats de cette analyse est reporté en annexe pages 65 à 69.

Il ressort de cette analyse que c'est la loi de Galton (dite encore de Gibrat - Gauss) qui s'ajuste le mieux à notre échantillon. Il est à noter d'ailleurs que sous les climats tropicaux cette loi constitue en général un modèle statistique satisfaisant pour les basses eaux. Les valeurs remarquables tirées de cet ajustement à la loi gaussio-logarithmique sont :

- pour $F = 0.90$	décennal humide	$Q^* = 1.428$
- pour $F = 0.80$	quinquennal humide	$Q^* = 1.175$
- pour $F = 0.50$	médiane	$Q^* = 0.894$

- pour F = 0.20	quinquennal sec	Q* = 0.760
- pour F = 0.10	décennal sec	Q* = 0.721
- pour F = 0.05	vicennal sec	Q* = 0.698
	d'où K3 = 1.6	

Le K3 des Q* est, en toute logique, inférieur à celui des P*. Il faut noter que cette valeur de 1.6 est en plein accord avec les valeurs observées tant en Martinique qu'en Guadeloupe ($K3 \leq 2$).

Si le DCE est en moyenne de 80. l/s les valeurs ajustées du débit d'étiage de la St Margaret River, vers la cote 400 m, seraient alors :

DCE décennal humide (non dépassé 9 années sur 10)	114. l/s
DCE quinquennal humide (non dépassé 4 années sur 5)	94. l/s
DCE médian (non dépassé 1 année sur 2)	72. l/s
DCE quinquennal sec (non dépassé 1 année sur 5)	61. l/s
DCE décennal sec (non dépassé 1 année sur 10)	58. l/s
DCE vicennal sec (non dépassé 1 année sur 20)	56. l/s

En ce qui concerne la position de l'étiage nous considérons que les résultats de l'étude fréquentielle des cumuls minima de pluie durant 2, 3 et 4 mois consécutifs, conduite au poste de Grand Etang (cf. page 18 et suivantes), peuvent être utilisés ici sur le bassin supérieur de la rivière St Margaret.

4.4.3. Propositions

En moyenne le débit minimal qu'il est possible de prélever sur la partie haute de la "St Margaret River" est de 75. l/s. Ce débit correspond à environ 6500 m3/jour soit encore 1.43 MGD.

Le captage ne doit pas s'effectuer au delà de la cote 1300 pieds sous peine d'assister à une rapide diminution des débits disponibles. Le site de prise que nous proposons est situé à la limite de la "Grand Etang Forest Reserve". La ressource est abondante, régulière et d'excellente qualité. L'implantation d'une prise en cet endroit entraînera par contre, au creux de la saison sèche, un arrêt de l'écoulement des jolies chutes de ce cours d'eau. Si une mise en valeur touristique du site est envisagée il est possible d'implanter la prise plus bas vers la cote 1000 pieds.

La construction de la prise réclame, quelque soit l'altitude retenue, l'ouverture d'une route en forêt et en zone escarpée.

- Le choix de la cote 1300 pieds permet d'opter pour un acheminement de l'eau vers St George directement, via le col de Grand Etang (1750 à 1800 pieds). Cette option permet de minimiser la longueur de tuyau à poser et la dénivelée à franchir.
- Le choix de la cote 1000 pieds permet d'envisager une adduction gravitaire en sortant du bassin par le nord-est. Cette solution entraîne un accroissement important de la longueur de tuyau à poser, par contre la longueur de route à ouvrir sera réduite de plus de moitié.

Dernière Minute

Une seconde série de mesures a été réalisée par la N.A.W.A.S.A. le 28 avril. Le débit à l'exutoire du BV n°6, près de la station de pompage en

construction, était de 21.2 l/s, soit plus du double de celui jaugé le 15 mars. Ce résultat nous surprend, mais nous ignorons les conditions de réalisation de la mesure (pluie ? lâchures ? ...)

A la cote 1310 pieds, exutoire du BV n°4, il s'écoulait ce même jour 70.3 l/s dans la St Margaret River. Ce débit est inférieur de près de 30% à celui que nous avons mesuré mi-mars. Cela nous paraît normal à l'issue d'une saison sèche qui a duré plus de coutume. Ce débit de 70. l/s est justement inférieur au DCE moyen que nous avons estimé plus haut, et inférieur aussi au débit médian ajusté.

4.5. BASSIN DE LA "BLACK BAY RIVER"

Ce bassin est situé à environ 7.5 km au nord de St George, au delà du bassin déjà exploité de la rivière Beauséjour. Bien que situé sur la côte caraïbe, globalement beaucoup moins arrosée que la façade au vent de l'île, le bassin de la Black Bay River devrait bénéficier, du moins dans sa partie supérieure (Concord Valley) d'une pluviométrie abondante capable d'assurer des écoulements soutenus. Les 2 branches amont de ce cours d'eau remontent très haut, jusqu'au Mont Qua Qua (2300 pieds soit # 700 m) et la crête de Fedons Camp (2509 pieds soit # 765 m). Ces deux formateurs sont bien ramifiés et confluent à 1150 pieds (# 350 m). Pour avoir la garantie d'un débit élevé nous estimons que l'implantation d'une prise d'eau ne peut être envisagée qu'en aval de ce confluent.

4.5.1. Mesures de Débit

Depuis 1985 la N.A.W.A.S.A. a effectué 123 mesures de débit au niveau des "Concord Falls". Ces jaugeages ont été réalisés généralement en amont des chutes vers la cote 1050 pieds (# 320 m), mais parfois à leur aval à une altitude inférieure à 1000 pieds (# 305 m). Lorsque la mesure est faite en aval des chutes le débit est abondé des apports d'une petite ravine de rive droite qui passe près du parking et rejoint la Black Bay River au pied même des chutes.

Entre le 29/01/86 et le 21/05/90, une hauteur limnimétrique est associée à 87 de ces mesures. Ces lectures d'échelle n'offrent d'ailleurs aucun intérêt dans la mesure où il n'y a sur le site ni limnigraphe ni observateur capable de lire les cotes quotidiennement.

La mission Coyne & Bellier a aussi effectué un jaugeage le 19 mars 1993, à quelques 600 m en amont des chutes. Le débit était de 30. l/s à l'exutoire d'un BV réduit à 2.51 km² (valeur C & B), soit donc 12.0 l/s/km².

Le 16 mars 1994 nous avons également réalisé 3 mesures de débit. Tout d'abord en amont des chutes nous avons jaugé le cours principal qui conduit au nouveau barrage de prise, ainsi que la dérivation créée pour la construction du captage. Le débit naturel en amont des "Concord Falls" était de 30. + 37. = 67. l/s selon "UNIKA" et de 31.9 + 41.8 = 73.7 l/s selon "HYDROM". La superficie du BV n°11 étant de 3.268 km² les débits spécifiques correspondants étaient donc de 20.5 et 22.6 l/s/km².

Nous avons effectué la troisième mesure nettement plus bas, en aval de la station de traitement en cours de construction, vers la cote 740 pieds (# 225 m). Entre cette section et la cote 1050 pieds, la rivière a reçu en rive droite 3 petits affluents. Le débit était de 75. l/s selon "UNIKA" et 75.7 l/s selon "HYDROM". La superficie du bassin est en cet endroit de 3.958 km² (BV n°11+12) d'où un débit spécifique de 18.9 à 19.1 l/s/km².

L'écart entre les résultats des deux dépouillements est de 10% pour le site amont ce qui est acceptable, compte tenu de la piètre qualité de la section de mesure sur le défluent. Selon "UNIKA" il apparaîtrait donc 8. l/s entre les deux sites contre seulement 2. l/s selon "HYDROM", pour un accroissement de surface de 0.690 km².

4.5.2. Interprétation des Données

• Pluviométrie

Les seules données disponibles sont celles des postes de Knoll Black Bay et Concord Water Falls. Le premier est situé à l'altitude de 344 pieds (105 m) et donc en dehors du bassin n°12, le second à 1023 pieds (312 m) près de l'exutoire du bassin n°11.

A Knoll Black Bay les données mensuelles sont complètes de janvier 1986 à décembre 1993 (hormis décembre 86), et la hauteur moyenne annuelle, calculée sur 7 ans, y est de 2082 mm. A Concord Falls les premières données retrouvées ne remontent qu'à décembre 1990 et encore ne sont elles que très fragmentaires puisque seul 1993 est complet. Le total de 1993 y est de 129.12 pouces soit 3280 mm contre seulement 67.11 pouces soit 1705 mm à Knoll Black Bay. Ce dernier total nous semble très sous-estimé car à Dougladston Estate et Dougladston Waterworks, stations situées un peu plus au nord sur la côte caraïbe à 10 et 70 m d'altitude, ce sont 93.02 pouces (2363 mm) et 97.04 pouces (2465 mm) qui ont été recueillis en 1993.

La pluviométrie 93 serait plutôt de # 95 pouces à Knoll Black Bay et la moyenne interannuelle (sur 7 ans) de 2180 mm. Le rapport entre les pluviométries 93 de Knoll Black Bay et Concord Falls serait $129 / 95 = 1.36$. Ce ratio permet d'estimer, sur la même courte période, la pluie annuelle moyenne à Concord Falls à un peu moins de 3000 mm (2960 mm précisément).

Nous n'avons pas de données sur le haut bassin où Evans a estimé la pluviométrie moyenne interannuelle à plus de 160 pouces (4064 mm). A partir de son réseau d'isohyètes nous pouvons évaluer les précipitations sur le bassin (BV n°11) à 3900 mm (3890 pour être précis). Cette estimation nous paraît un peu forte car à Grand Etang la médiane ajustée est de 3713 mm et à Clozier la moyenne observée de 3812 mm.

Nous pensons que le tracé des isohyètes 140 et 160 pouces, si cette dernière même existe (?), est trop déporté vers l'ouest et qu'en conséquence la partie haute de la "Concord Valley" ne reçoit guère plus de 150, voire 155, pouces de pluie par an (soit 3810 à 3940 mm). Dans ces conditions la pluviométrie moyenne du bassin n°11 ne serait plus que de 3750 mm, valeur proche de celle observée sur le haut bassin de la rivière Beauséjour (cf. Annandale 1). Les hauteurs décennale "sèche" et "humide" seraient alors voisines de 3000 et 4500 mm ($K3 = 1.5$).

• Écoulement

Sur ce bassin sous le vent mais fortement arrosé le déficit d'écoulement ne devrait guère dépassé 1100 mm ce qui donne une lame annuelle écoulee de 2600 mm environ. Il lui correspond un module voisin de 270. l/s soit 82. l/s/km².

Les 73.7 l/s que nous avons mesurés le 16 mars représentent approximativement 28% de ce module. Si nous admettons que la courbe des débits classés de la page 17 est applicable à ce bassin, ce débit serait en moyenne non dépassé 6.5% du temps soit 24 jours par an. L'utilisation de cette courbe permettrait aussi d'estimer les divers débits caractéristiques comme suit :

DCE : 23% de 270 l/s = 62. l/s soit 5350 m³/jour ou 1.18 MGD
DC30 : 30% de 270 l/s = 81. l/s soit 7000 m³/jour ou 1.54 MGD
DC60 : 40% de 270 l/s = 108.l/s soit 9300 m³/jour ou 2.05 MGD

Admettons que la pluie moyenne sur le BV n°11 soit une fonction linéaire simple de la pluie mesurée à Grand Etang. Les conclusions de l'analyse statistique à laquelle ont été soumis les 2 échantillons de valeurs adimensionnelles P* et Q* (cf. § 4.4.2.) sont alors applicables ici aussi. Les débits d'étiage correspondant aux fréquences remarquables seraient donc, selon "Galton" :

DCE décennal humide (non dépassé 9 années sur 10)	89. l/s
DCE quinquennal humide (non dépassé 4 années sur 5)	73. l/s
DCE médian (non dépassé 1 année sur 2)	55. l/s
DCE quinquennal sec (non dépassé 1 année sur 5)	47. l/s
DCE décennal sec (non dépassé 1 année sur 10)	45. l/s
DCE vicennal sec (non dépassé 1 année sur 20)	43. l/s

Dans son étude de faisabilité d'un aménagement hydroélectrique sur la "Concord Valley", Coyne & Bellier signale que plusieurs débits jaugés entre 1985 et 1992 lui semblent très, sinon trop, élevés en regard des 30 l/s qu'il a lui-même mesurés en mars 93. L'auteur a préféré conserver le résultat de son jaugeage qu'il a considéré par la suite comme étant le DC30 moyen. Il a alors adopté une lame annuelle écoulee sur le bassin de seulement 1345 mm, équivalente à un débit moyen annuel de 140 l/s. Le débit moyen d'étiage est en conséquence évalué par C & B à 25 l/s.

Nous avons examiné attentivement les chroniques de jaugeages de 1985 à 1992. Certaines valeurs sont effectivement élevées, spécialement en 1985 et 1986. Ainsi le débit minimal jaugé en 1985 est il de 157 l/s le 10 avril. De même le minimum mesuré en 1986 est de 116 l/s le 7 avril. Par contre les minima des années suivantes sont de 55. l/s en 87, 58. l/s en 88, 83. l/s en 89, 56.l/s en 90, 62. l/s en 91 et 46. l/s en 1992. Nous sommes persuadés, comme C & B, que les valeurs de 1985 et 1986 sont très surestimées, une erreur de dépouillement systématique en étant probablement la cause (par exemple : utilisation d'une formule d'hélice non adéquate, ou temps de mesure divisé par deux, ou ...). Il nous semble curieusement d'ailleurs qu'en divisant par 2 les minima de 85 et 86 nous obtiendrions des valeurs vraisemblables !

Si nous écartons les millésimes 1985 et 1986, nous obtenons, calculé sur la période 1987 - 1992 (6 ans), un débit minimal jaugé moyen de 60. l/s. En

basses eaux la périodicité des mesures était de 1 semaine en 87, 2 semaines en 88, 2 à 4 semaines pour les années suivantes. On peut donc penser que le débit minimal jaugé est, grossièrement bien sûr, du même ordre de grandeur que le DCE.

Nous avons effectivement estimé le DCE moyen à 62. l/s et le DCE médian à 55. l/s. Nous pensons que cette concordance n'est pas une simple coïncidence. Notre intime conviction est que les débits minima qui ont été mesurés après 1986 sont conformes à la réalité (en d'autres termes que les estimations de C & B sont inexactes).

4.5.3. Propositions

Il est possible de prélever 55. l/s sur la "Black Bay River", au creux d'un "carême" normal (au sens de médian). Ce débit correspond à environ 4750 m³/jour soit encore 1.045 MGD. Au niveau des chutes, le débit d'étiage devrait en moyenne avoisiner 60. l/s.

La prise qui vient d'être construite à l'amont immédiat des "Concord Water Falls" n'est pas dimensionnée pour capter la totalité du débit qui se présente. Cela est heureux puisque l'intérêt touristique du site est maintenu.

Le débit résiduaire peut toutefois être capté en aval des chutes. L'encaissement du lit ne permet guère d'envisager l'implantation de cette seconde prise qu'entre les cotes 900 et 700 pieds. Les valeurs précédentes du débit disponible sont alors à majorer de 3. à 5. l/s. L'altitude de prélèvement sera malheureusement inférieure à celle de la station de traitement actuellement en construction (# 950 pieds). Les volumes dérivés qui peuvent être très importants (quelques dizaines de litres par seconde si l'on veut maintenir une "cascade vivante", même en basses eaux) devront alors être relevés jusqu'à la station de Concord W.T.P.

Dernière Minute

A notre demande la N.A.W.A.S.A. a bien voulu effectuer une seconde mesure de débit sur la "Black Bay River", aux mêmes emplacements où nous avons jaugé mi-mars. Ces jaugeages ont été réalisés le 20 avril et ont donné les résultats suivants :

*25.4 + 36.2 = 61.6 l/s, débit naturel en amont de la prise et des chutes,
75.1 l/s, débit naturel en aval des chutes.*

Il apparaîtrait donc 13.5 l/s entre les deux sections ce qui n'est pas réaliste du tout. Le débit "amont" a chuté de 10% environ entre les deux mesures alors que le débit "aval" est resté stable. La section de jaugeage aval n'est pas fameuse avec des contre-courants au fond sur certaines verticales; ces vitesses négatives n'ont peut-être pas été décelées ce qui expliquerait une valeur de débit excessive. Nous pensons que le débit "aval" du 20 avril était de 65. à 67. l/s

Le débit "amont" du 20 avril serait donc égal au DCE moyen que nous avons estimé, et supérieur d'environ 10% au DCE médian ajusté. Cela nous surprend un peu dans la mesure où nous "espérions", comme sur la "St Margaret River", une valeur "déficitaire" ($F < 0.5$). Peut-être avons-nous été trop sévère dans nos estimations ? ...