

CONSEIL GENERAL DES PONTS ET CHAUSSEES

Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement

Affaire N° 94 - 233

Paris la Défense, le 10 Octobre 1995

R A P P O R T

au Ministre de l'Environnement et au Ministre
de l'Outre-Mer

concernant

les conséquences au plan de l'Environnement de
la mise en eau du barrage du Petit-Saut en Guyane

par

Pierre BALLAND, Ingénieur en chef du GREF

Par lettre annexée du 9 décembre 1994, le Ministre de l'Environnement et le Ministre des Départements et Territoires d'Outre Mer ont souhaité disposer "d'une information objective sur l'état précis de la situation sur le plan de l'environnement et de son évolution prévisible, notamment sur les aspects de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques" du site de Petit-Saut, en Guyane par suite de l'implantation d'un aménagement hydroélectrique par E.D.F.

Initialement pressenti, et en cours d'affectation à la Mission d'Inspection Spécialisée de l'Environnement, je n'ai pu, pour des raisons d'ordre médical, me rendre sur place à ce moment .

C'est pourquoi le Conseil Général du G.R.E.F. a été sollicité et a désigné M. C. TETARD, pour procéder à cette évaluation. Dans le même temps, le concours technique de la M.I.S.E. a été également requis par les ministres, en complément de la démarche entreprise par M. TETARD.

Cette demande a été relayée par le Conseil Général des Ponts et Chaussées qui, par courrier annexé en date du 22 décembre 1994 et sur proposition du coordonnateur de la M.I.S.E., m'a mandaté pour cela et a par ailleurs souhaité que soit élaboré un rapport spécifique sous le timbre de la M.I.S.E.

C'est à cette demande que répond le présent rapport, rédigé à partir d'un très grand nombre de pièces techniques mises à ma disposition par le Ministère de l'Environnement, E.D.F., les experts MM. ROUX et PAIRAUDEAU notamment et sur la base d'éléments recueillis lors d'une visite sur le site effectuée en octobre 1995.

Il tente d'apporter les éléments de réponse souhaités dans un contexte général marqué par :

* **l'extrême "jeunesse"** du réservoir dont la mise en eau, étagée entre janvier 1994 et juin 1995 vient juste de se terminer, avec les avatars que l'on sait en matière de dégradation, d'une intensité inattendue, de la qualité de l'eau tant du réservoir que du Sinnamary. Cette situation a été à l'origine de l'arrêt dès l'automne 1994 des essais de turbinage et de l'adoption, en catastrophe, de dispositions techniques dont les effets sur le court et le moyen terme ne peuvent encore être appréhendés avec précision.

* **la grande complexité des mécanismes biogéochimiques** qui ont, d'emblée, "marqué" le statut de qualité globale des deux milieux respectifs : le réservoir lui-même et le fleuve à son aval. Leur nature et la violence de leurs manifestations ont surpris tant les concepteurs de l'aménagement que la communauté des scientifiques spécialement constituée et consultée pour formuler des orientations techniques sur le contenu du suivi à réaliser et les objectifs de qualité à respecter à travers les consignes de gestion de l'aménagement.

* **l'extrême profusion des travaux scientifiques** réalisés, ou qui se poursuivent, qui n'ont sans doute pas suffisamment obéi, dans leur conceptualisation, leur formulation et leur exécution, à une logique d'ensemble, fondée sur une bonne appréhension préalable des principaux mécanismes externes (appelés ci-après les "forçages") qui "contrôlent" en très grande partie les manifestations biogéochimiques observées dans le système "réservoir-fleuve".

Cette situation de départ oriente la **tonalité générale** du présent rapport. Il ne prétend aucunement à une quelconque contribution technique se juxtaposant à une masse extrêmement dense d'informations et de connaissances d'ores et déjà acquises.

Limitant sa portée aux seuls "aspects de la qualité de l'eau et des milieux aquatiques", selon les termes mêmes de la lettre de mission, et s'appuyant sur les éléments additionnels à disposition à la date de sa rédaction (août 1995), son objectif essentiel est d'une triple nature :

1. - partant des concepts de base propres aux différents "**forçages**", **il en fait une analyse** adaptée au contexte de Petit Saut. C'est sans doute l'étape préliminaire obligée pour une correcte évaluation des impacts. Cette analyse fixe les conditions générales de "l'environnement" offert aux biocénoses dont la nature et les interrelations définissent le **Statut Ecologique Global (SEG)** du milieu.

2. - sur ces bases, et tenant compte des mécanismes observés lors du remplissage, des essais de turbinage et de la situation installée maintenant que la phase de remplissage est achevée, il tente un exercice de très haute volée sur le **devenir possible du Statut Ecologique Global** tant du réservoir que du fleuve à son aval, qui va progressivement s'installer et qui dépendra tout autant des "forçages" (dont l'influence s'inscrit sur le long terme) que des conditions opérationnelles d'exploitation. Cette analyse est menée d'une manière comparée, par référence à un milieu stagnant "fonctionnant" correctement.

3. - il essaie enfin de formuler **quelques prescriptions pour l'avenir** se rapportant notamment à l'infléchissement souhaitable du dispositif de suivi de la qualité et, plus généralement, sur le contenu du **retour d'expérience** à tirer de Petit-Saut pour une éventuelle adaptation à des cas de figure analogues.

Il est clair que émanant d'un non spécialiste ayant pris le dossier "au vol", l'ensemble reflète sa propre vision d'une problématique hautement complexe. Le souhait formulé est que les hypothèses et projections dans le futur qui sont faites servent à nourrir un débat débouchant sur du concret.

PLAN GENERAL

| | page |
|---|------|
| I - <u>Schématisation globale de la dépendance " Forçages - Fonctionnement physique et géochimique - Statut Ecologique Global"</u> | 5 |
| II - <u>Description de l' "environnement" du réservoir de Petit Saut et de ses caractéristiques principales</u> | 6 |
| II.1. Le renouvellement des eaux du réservoir | 7 |
| II.1.1. <u>Le renouvellement de la cuvette lacustre</u> | |
| II.1.2. <u>Le confinement latéral</u> | |
| II.1.3. <u>Le confinement vertical</u> | |
| II.2. Le brassage des eaux du réservoir | 17 |
| II.3. La qualité géochimique intrinsèque des eaux du réservoir | 22 |
| II.3.1. <u>Le pouvoir-tampon des eaux</u> | |
| II.3.2. <u>L'alimentation carbonée à la disposition des algues et des végétaux supérieurs</u> | |
| II.3.3. <u>La composition chimique des apports allochtones</u> | |
| II.4. Statut fonctionnel et niveau trophique | 29 |
| III - <u>Statut Ecologique Global - Situation, devenir</u> | 31 |
| III.1. Le Statut Ecologique Global du réservoir | 32 |
| III.1.1. <u>Rappels sur le fonctionnement écologique d'un hydrosystème stagnant</u> | |
| III.1.2. <u>Fonctionnement écologique de Petit Saut - Statut Ecologique Global, actuel et prévisible</u> | |
| III.2. La qualité du fleuve Sinnamary | 59 |
| IV - <u>Conclusion Générale</u> | 72 |

Bibliographie

Annexes

I. - **Schématisation globale de la dépendance "Forçages - Fonctionnement physique et géochimique - Statut Ecologique Global"**

L'étape première de l'analyse d'un écosystème aquatique stagnant, qu'il soit naturel ou artificiel, influencé ou non influencé, obéit à une **logique fonctionnelle d'ensemble** qui consiste à décrire la dépendance existant entre **3** "entités" fondamentales qui sont :

- les "forçages" externes
- le fonctionnement physique et géochimique qui détermine le Statut Fonctionnel et le Niveau Trophique (SFNT) de base
- le Statut Ecologique Global résultant

On peut en faire la schématisation qui suit :

Les "entités" **A** et **B** peuvent être décrites avec un assez bon degré de précision. Il n'en va pas de même de l'entité **C** dans laquelle intervient une **forte composante biologique**, hautement aléatoire par nature.

Cependant, faire l'impasse sur tout ou partie des forçages qui constituent l'entité **A** ôte toute chance de comprendre les mécanismes "naturels" qui caractérisent l'entité **B** et, par suite, par son influence directe sur l'entité **C**, le Statut Ecologique Global, de tenter de prévoir quelle pourra en être la nature.

L'ensemble des forçages de l'entité **A** dicte quasiment sans incertitude les mécanismes de nature physique et géochimique qui constituent l'entité **B**, lesquels créent l'"environnement" général dans lequel les compartiments biologiques et les réactions biochimiques qu'ils entretiennent avec ce dernier vont se développer et qui définissent le Statut Ecologique Global (entité **C**).

D'une manière générale, les organismes constituant les différents compartiments de l'édifice biologique sont fortement **sténoèces**, c'est-à-dire qu'ils ne peuvent se développer que dans des gammes très étroites de valeurs des composantes de leur environnement. Cette sténoécie est particulièrement marquée vis à vis de **l'oxygène dissous** (avec, à cet égard, une très nette scission entre les organismes **aérobies** et les organismes **anaérobies** et des réactions biochimiques totalement différentes selon ce statut) et, à un degré moindre, de la **température** qui, jusqu'à un certain niveau de valeur, "dope" les cinétiques observées.

C'est donc en suivant un enchaînement logique consistant à décrire successivement les entités **A**, **B** et **C** que l'on doit procéder ; c'est cette logique qui est suivie ci-après, appliquée à Petit Saut.

II. - **Description de l' "environnement" du réservoir de Petit Saut et de ses caractéristiques principales**

Compte tenu de la forte interrelation existant entre les diverses composantes des forçages et leur influence sur les mécanismes physiques et géochimiques se développant dans la cuvette lacustre et qui "façonnent" les conditions environnementales globales offertes aux biocénoses, il paraît plus simple de se livrer à une analyse **par l'aval**.

Elle consiste à examiner le **Statut Fonctionnel et le Niveau Trophique** (SFNT) d'ensemble, qui s'identifie à l'entité **B** ci-dessus et qui comporte **3** constituants essentiels :

- le renouvellement des eaux

- le brassage des eaux
- la qualité intrinsèque des eaux.

Renouvellement et brassage des eaux caractérisent la **dynamique interne** du "réacteur biologique" qu'est le réservoir dont la **composition chimique** (qualité intrinsèque ou de base) est dictée par son environnement.

II. - 1. Le renouvellement des eaux du réservoir

C'est bien sûr une donnée physique essentielle qui détermine la capacité du réservoir à "**se purger**" naturellement. Il s'apprécie à **3** niveaux :

- la cuvette lacustre dans son entier
- le confinement latéral
- le confinement vertical

II. - 1.1. - Le renouvellement de la cuvette lacustre

Les forçages et leurs composantes à considérer sont : (cf. entité **A** ci-dessus)

- la **morphométrie** de la cuvette lacustre et sa composante "**volume**"
- la **climatologie** et sa composante "**précipitations**"

Le **renouvellement** s'exprime comme le rapport

$$\frac{\text{volume moyen des apports annuels}}{\text{volume du réservoir}}$$

Il s'exprime en an^{-1} .

Son inverse s'appelle le **temps de séjour** de l'eau dans le réservoir, exprimé en an.

A la cote 35 m, les données sont les suivantes :

- volume du réservoir : 3.542 Mm³
- volume moyen des apports annuels : 8.420 Mm³ (module Sinnamary : 267 m³/s).

On obtient :

- taux de renouvellement = 2,4 an^{-1}
- temps de séjour = 5 mois.

A cette échelle moyenne, l'eau séjourne dans le réservoir pendant 5 mois. Le réservoir renouvelle la totalité de ses eaux **plus de 2 fois** par an.

Ceci traduit une **situation plutôt favorable, vu du côté du réservoir**.

A titre d'illustration, le lac du Bourget, d'un volume analogue (3.600 Mm³), voit les eaux de ses apports y séjourner en moyenne pendant **7 ans**.

L' "effet purge" est à considérer tant du point de vue de l'eau que des solutés et matériaux particuliers en suspension. La contrepartie est l'importante "déverse" dans le Sinnamary d'une eau d'une qualité sujette à caution. Cette approche globale doit toutefois être **relativisée** au regard de l'hydraulicité, infra- et interannuelle. En effet le contexte du Sinnamary est fortement marqué par des **écarts absolus importants** de régime hydrologique, d'une année à l'autre ou au cours d'une même année, même si on observe assez régulièrement un **cycle saisonnier assez répétitif** de la pluviométrie avec **3** successions climatiques :

- * la **grande saison sèche**, d'août à décembre, avec un minimum assez régulièrement observé en novembre
- * la **courte saison humide**, de janvier à mars-avril
- * la **grande saison des pluies**, d'avril à juillet

ainsi que l'illustre le graphique ci-après (réf. 1) :

En les considérant spécifiquement, on arrive aux valeurs suivantes :

| Episode | Durée | Module moyen m ³ /s | Volumes apports Mm ³ | Taux de renouvellet % |
|--------------------------|---------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------|
| Grande saison sèche | août-décembre | 163 | 2.160 | 61 |
| Courte saison humide | janvier-mars | 280 | 2.170 | 61 |
| Grande saison des pluies | avril-juillet | 386 | 4.070 | 115 |
| ANNEE | | 267 | 8.400 | 237 |

Considérés à l'échelle annuelle, volumes des apports et taux de renouvellement s'additionnent, ce qui permet d'obtenir le taux de renouvellement sur l'année de 2,4 (temps de séjour moyen : 5 mois) évoqué plus haut.

A l'échelle de la "saison" hydrologique toutefois, on se rend compte que les **modalités** de ce renouvellement sont assez différentes ; pendant la grande saison sèche en particulier, d'une durée moyenne de 5 mois, le réservoir ne renouvelle que **61 %** de son volume. Il en résulte, pendant cette période, un relatif immobilisme de la masse d'eau, propice au développement d'une qualité dégradée de l'eau.

A l'inverse, pendant la grande saison des pluies d'une durée de 4 mois, le réservoir se renouvelle plus qu'entièrement. Il s'agit là du "comportement" du réservoir en année d'hydraulicité médiane.

Il est intéressant de conduire une analyse de même nature en considérant respectivement une année **fortement déficitaire** (prise en compte sur la chronique à disposition des débits moyens mensuels **les plus faibles**) et une année **fortement excédentaire** (débits moyens mensuels **les plus forts**) (réf. 1).

Année déficitaire. La chronique est la suivante

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Module annuel m ³ /s | Volume apports Mm ³ |
|---|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|---------------------------------|--------------------------------|
| Q | 145 | 123 | 106 | 92 | 196 | 228 | 210 | 141 | 92 | 69 | 50 | 82 | | |

| | | | |
|---------------|-------------------------------------|-----|-------|
| Année 19.. | 73 80 87 86 74 87 83 86 86 87 69 69 | 128 | 4.037 |
|---------------|-------------------------------------|-----|-------|

Une telle configuration, certes théorique car jamais observée la même année, se traduit néanmoins par des apports en eau **plus de 2 fois inférieurs** aux apports "médiants".

Le temps de séjour moyen est alors de **10,5 mois** soit le double de la valeur "médiane" (taux de renouvellement **1,14 an⁻¹**)

Par épisode hydrologique, on obtient :

| Episode | Durée | Module moyen m3/s | Volume apports Mm3 | taux renou- vellement % |
|-----------------------------|---------------|----------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Grande saison sèche | Août-décembre | 87 | 1.150 | 32 |
| Courte saison humide | janvier-avril | 117 | 1.210 | 34 |
| Grande saison des pluies | mai-juillet | 211 | 1.680 | 48 |

Pour une telle année, la dynamique d'ensemble est réduite **d'un facteur 2** environ, par rapport à la dynamique "médiane".

Année excédentaire. La chronique est la suivante :

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Module annuel m3/s | Volume apports Mm3 |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------|--------------------------|
| Q Année 19... | 424 | 469 | 620 | 679 | 961 | 610 | 525 | 314 | 226 | 173 | 228 | 326 | 463 | 14606 |
| | 76 | 56 | 56 | 90 | 76 | 71 | 75 | 75 | 56 | 56 | 84 | 77 | | |

Le temps de séjour moyen est alors réduit à **moins de 3 mois** (taux de renouvellement : 4,12).

Par épisode hydrologique, on obtient :

| Episode | Durée | Module moyen m3/s | Volume apports Mm3 | Taux de renouvellement % |
|--------------------------|---------------|-------------------|--------------------|--------------------------|
| Grande saison sèche | août-décembre | 254 | 3354 | 95 |
| Courte saison humide | janvier-mars | 505 | 3931 | 111 |
| Grande saison des pluies | avril-juillet | 695 | 7322 | 207 |

Cet exercice purement théorique, permet néanmoins de "borner" l'étendue de la variation possible du temps de séjour de l'eau dans le réservoir selon les apports en eau du bassin. Elle se situe ainsi entre **3 et 10 mois**, avec une valeur "la plus probable" de **5 mois**.

Il s'agit là d'une situation "**globalement favorable**" au regard du seul réservoir, tenant compte de son volume important.

L'analyse infra annuelle montre toutefois que, lors de la grande saison sèche notamment, qui s'étage entre août et décembre, **le réservoir ne renouvelle qu'une fraction de son volume**, pouvant au demeurant être faible (1/3) en année fortement déficitaire. Ceci est de nature à influencer le Statut Ecologique Global.

En fait, plus qu'un lac profond et aux temps de séjour beaucoup plus longs par référence à son volume, c'est **un vaste fleuve au cours très ralenti et à la profondeur augmentée** que l'aménagement a créé.

Le contexte climatique dans lequel il s'insère suffit cependant, du fait de ce ralentissement dynamique et de cette modification morphométrique, à stimuler des cinétiques biogéochimiques de milieux stagnants - les temps de séjour de l'eau y étant suffisamment longs pour qu'elles s'y développent de manière durable et importante, influençant sensiblement la qualité du fleuve, par la déverse continue des "produits" résultant de ces cinétiques.

Cas particulier des crues

Le fonctionnement **en temps de crues** (qui peuvent atteindre plus de **1500 m³/s** observés) accentuera le caractère fluvial de l'écoulement. La configuration très dendritique et confinée du réservoir est propice à l'instauration d'un **cheminement préférentiel** de l'eau (probablement l'ancien chenal du Sinnamary) et donc, d'une constriction de l'écoulement de crue déstabilisant complètement la stratification installée et déversant brutalement des eaux remises en mouvement d'une manière généralisée (eaux de surface et de fond mélangées et, peut-être aussi, sédiments accumulés et de mauvaise qualité). Il y a tout à craindre de tels épisodes sur la qualité du réservoir et du fleuve aval.

II. - 1.2. Le confinement latéral

L'analyse précédente repose sur l'hypothèse idéaliste d'un réacteur parfaitement mélangé, ça n'est pas le cas. Le réservoir est en effet extrêmement "découpé" et est constitué en fait d'une série de "**criques**", 5 en tout, en doigts de gant, qui "s'abouchent" sur une zone centrale d'écoulement préférentiel. Le schéma ci-après l'illustre.

Au total, quelque **235 km** de cours d'eau sont dans l'emprise du réservoir lorsqu'il est à la cote 35 m. Huit zones ont été distinguées (réf. 2) qui sont :

zone 8 : le Sinnamary, depuis sa source jusqu'au resserrement de Saut Vata

zone 7 : la crique Bonne Nouvelle qui rejoint le Sinnamary à Deux Branches

zone 6 : le Sinnamary de Saut-Vata à Deux Branches

zone 5 : la rivière Courcibo et son affluent, la crique Leblond, principal affluent du Sinnamary

zone 4 : la crique Aimara qui rejoint le Sinnamary à Saut-Parole Finie

zone 3 : la crique Tigre qui rejoint le Sinnamary à Saut-Tigre

zone 2 : le Sinnamary de Deux Branches à Saut Tigre

zone 1 : le Sinnamary de Saut-Tigre à Petit-Saut avec l'apport des criques Plomb et Coeur Maroni.

Les caractéristiques de ces différents sous-bassins sont résumées dans le tableau ci-après :

| Zone | Surface km ² | BV km ² | Volume Mm3 | Volume apports Mm3 | Temps de séjour moyen mois | profondeur moyenne m |
|-----------------------------------|----------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| 8 Sinnamary à Saut- Vata | 75,8 | 2490 | 853,5 | 3595 | 3 | 11,25 |
| 7 Crique Bonne Nouvelle | 24,3 | 61 | 211,1 | 97 | 27 | 8,7 |
| 5 Coursibo | 53,2 | 2350 | 574,4 | 3374 | 2 | 10,8 |
| 4 Crique Aimara | 23 | 120 | 206 | 173 | 14 | 10 |
| 3 Crique Tigre | 38,6 | 558 | 311,5 | 800 | 5 | 8 |
| Total | 214,9 | 5579 | 2156,5 | 8039 | - | - |

| | | | | | | |
|---------------------------|---------------|-------------|-------------|-------------|----------|--------------|
| Zone centrale 1,2 et 6 | 86,3 | - | 1386,2 | - | - | 16,05 |
| Retenue totale | 301,20 | 5844 | 3542 | 8420 | 5 | 11,75 |

Les 5 "digitations" (zones 8,7,5,4,3 du tableau ci-dessus) sont toutes de grande étendue, de **23 à 76 km²**. (à titre de comparaison la superficie du lac du Bourget, plus volumineuse masse d'eau métropolitaine, est de 44 km²) et d'une profondeur moyenne comprise entre 8 et 11,2 m. Les volumes respectifs des apports de ces diverses "digitations" sont fondés sur la prise en compte d'un **débit spécifique identique** pour l'ensemble, égal à 45,7 l/s/km² (c'est le rapport du volume moyen des apports sur la superficie totale du bassin versant, soit 267 m3/s
5844 km²

On fait en celà l'hypothèse réaliste d'homogénéité du climat et des précipitations sur l'ensemble du bassin versant car les infrastructures de jaugeage sont insuffisantes pour faire des calculs spécifiques à chaque crique. Si les surfaces des nappes d'eau de ces différentes criques varient dans un rapport de **1 à 3 environ**, il n'en va pas de même des surfaces des bassins versants respectifs qui, eux, varient dans un rapport de **1 à 40**, rapport qui, bien évidemment, en raison de la méthode de calcul employée, se répercute sur le volume des apports respectifs.

Il apparaît ainsi que 2 au moins des 5 criques, **Bonne Nouvelle et Aimara**, quoique d'un volume important, ne participent que très peu à la dynamique d'ensemble et ne sont que **très peu renouvelées**, comparativement à la partie vraiment active du réservoir.

Les temps de séjour de l'eau dans ces criques, 27 et 14 mois respectivement, sont très largement au-delà de la valeur médiane de 5 mois calculée ci-dessus pour l'ensemble de la retenue. Ils sont bien évidemment affectés par l'analyse infra annuelle conduite ci-dessus pour l'ensemble de la retenue, ce qui signifie qu'ils peuvent être parfois beaucoup plus longs : le double ?

Il est probable que s'y développeront préférentiellement et durablement, par rapport au reste du réservoir, des **conditions qualitatives défavorables**, susceptibles d'influencer la qualité de la zone centrale avec laquelle elles communiquent.

Cette caractéristique relativise la conclusion générale portée ci-dessus sur le renouvellement moyen de l'eau.

Il est clair que ces milieux confinés **seront à suivre tout particulièrement**, au plan de l'évolution de leur qualité. Ils sont des réservoirs potentiels d'ensemencement, par les

produits des réactions biochimiques qui s'y développeront, de la zone centrale et donc de l'aval.

La caractéristique de confinement extrêmement marquée du réservoir est un facteur de fragilisation du Statut Ecologique Global qui le caractérise.

* En relation avec le confinement et le caractère très dentelé de la rive, il faut évoquer le critère "**sensibilité aux effets de bordure**" qui leur est directement relié. On l'apprécie à travers le paramètre "**développement du linéaire de rive**", en km, que l'on confronte à la circonférence d'un cercle de superficie équivalente à celle du réservoir pour établir un ratio qui traduit cette sensibilité.

Appliqué à Petit-Saut dont, à la cote maximum de 35 m, le linéaire de rive (à l'exclusion de celui des nombreuses îles) est d'environ **1050 km** et la superficie de **301,20 km²**, on obtient une **valeur de l'ordre de 17**. Ceci signifie que le linéaire de rive de Petit Saut est **17 fois plus important** que la circonférence d'un lac circulaire qui aurait une superficie de 301,20 km². (dont la circonférence serait d'environ **61,5 km** seulement). **C'est énorme** et cette caractéristique est encore à majorer sensiblement en tenant compte de toutes les îles dont le linéaire de rive est équivalent à celui du réservoir.

Cela traduit donc, une **extrême sensibilité** du réservoir **aux effets de bordure** qui peuvent se manifester de deux façons :

- les **apports telluriques** par ruissellement, sans doute limités par l'extrême densité du couvert forestier bordant le réservoir jusqu'à sa limite même,
- surtout, l'espace ainsi offert au développement de **ceintures végétales** à macrophytes, avec leur cortège d'organismes d'accompagnement et dont le cycle végétatif, s'il se produit, (il semble que ça ne soit pas encore le cas), peut affecter significativement, le **Statut Ecologique Global**.

Il y a là un risque vis-à-vis duquel il convient d'être particulièrement vigilant.

II. - 1.3. Le confinement vertical

Il met en jeu les 2 forçages suivants :

- la **morphométrie**, et sa composante "**profondeur**"
- la **climatologie** et sa composante "**température**" en particulier.

C'est le statut du réservoir au regard de la **stratification**, thermique principalement, qui est en jeu ici. On examinera ce point spécifique dans le chapitre relatif au brassage des eaux.

Il est d'ores et déjà garanti qu'un **gradient vertical de densité** s'installera de manière durable dans le réservoir, simplement destabilisé par les fortes crues et, dans le secteur le plus aval, par le destockage de l'eau.

En régime "normal", il est assez probable que le renouvellement n'affectera que les eaux localisées dans le **trajet préférentiel** de l'écoulement principal : les eaux de surface du chenal en particulier, sauf, sans doute, à l'amont immédiat du barrage où, en dépit de la digue, le turbinage créera un "effet de soutirage" affectant une fraction plus importante des couches d'eau.

Un "culot" d'eau de fond, peu ou mal renouvelé" en régime moyen, a toute chance de persister dans les couches subsuperficielles, constituant un "**réacteur**" chimique actif potentiellement capable d'affecter la qualité des eaux de **l'ensemble**.

Ces caractéristiques générales de confinement latéral et vertical, sont préoccupantes quant à la prévision du Statut Ecologique Global et de la qualité de l'eau aval ; les crues constituent à cet égard un facteur de risque, par remise en mouvement généralisé, susceptible d'affecter durablement la qualité globale de l'écosystème (réservoir-fleuve).

Pour conclure sur ce chapitre du renouvellement, il apparaît que Petit Saut est un **système hybride** : mi fleuve - mi lac stratifié, au fonctionnement hydrodynamique complexe.

Les zones d' "**eau morte**" (terme à relativiser) : criques confinées, masses d'eau de fond mal renouvelées, sont des gisements potentiels d'ensemencement de la partie dynamique du réservoir par des produits résultant des réactions biochimiques qui s'y développeront.

C'est donc une caractéristique **de grande fragilité dynamique** du système qui doit rester présente à l'esprit et qui, simplement considérée, n'autorise pas à l'optimisme quant à l'installation durable d'une qualité de bon niveau.

II. - 2. Le brassage des eaux du réservoir

Pour l'apprécier, interviennent les "forçages" qui suivent :

- la **morphométrie**, et sa composante "**profondeur**"
- la **climatologie**, et ses composantes "**vent**" et "**température**".

A ce stade, il convient de faire un bref développement sur le mécanisme de brassage.

Il est sous la dépendance conjointe du vent et de la température. Cette dernière intervient par la mise en jeu d'une propriété intrinsèque de l'eau, selon laquelle sa **densité** dépend de sa **température**.. Cette relation, en cloche, est bien connue et a la forme qui suit :

Même si elles peuvent paraître faibles, les différences de densité de l'eau selon sa température sont suffisantes pour engendrer un **gradient très stable** de densité, une couche "légère", chaude, "reposant" sans se mélanger sur une couche "lourde", "froide", façonnant ainsi un milieu stratifié thermiquement.

On remarque, et c'est très important à considérer dans le cas de Petit Saut, qu'une même **différence de densité** (par exemple 0,0005) et donc de fonctionnement en terme de stratification thermique, s'obtient pour un écart de température **d'à peine 2°C** dans la gamme 20-25°C, alors qu'il est **d'environ 5°C** dans la gamme 10-15°C.

Il apparaît ainsi que les masses d'eau stagnantes des régions chaudes développent une stratification thermique et, donc, une stabilité respective des couches d'eau de surface et de fond dès qu'un très faible écart de température s'installe sur la verticale, ce même niveau de stabilité nécessitant, dans le cas d'un contexte tempéré, un écart des températures respectives beaucoup plus important.

Ce sont ainsi les **écarts climatiques saisonniers**, et leur influence sur la température de l'air, et donc de l'eau, qui contrôlent prioritairement la **circulation interne** des masses d'eau.

Celle-ci est **totale** en cas d'homogénéité thermique sur toute la profondeur (on parle alors de lacs "**holomictiques**", c'est-à-dire qui brassent entièrement leurs eaux).

Dans le cas contraire, lorsqu'elle n'est que partielle, on parle de milieux "**méromictiques**" qui ne se mélangent que sur la couche dont l'épaisseur est définie par la profondeur de l'installation de l'isothermie.

Une propriété essentielle est liée à ce fonctionnement particulier : ce mécanisme de brassage plus ou moins accentué, qui provoque le contact entre couches superficielles, oxygénées, et profondes, désoxygénées, est quasiment **le seul moyen d' "injecter de l'oxygène"** dans les couches profondes.

Si ce mécanisme est défaillant, un statut de milieu désoxygéné s'installe durablement dans les eaux de fond.

Dans le cas d'un "fleuve-lac" comme Petit Saut, il peut y avoir occasionnellement apport d'oxygène au fond par les rivières affluentes selon leur température puisqu'il apparaît qu'il s'agit là d'un paramètre de contrôle très efficace de niveau de la dispersion de l'eau des affluents dans le réservoir.

Ceci se produit lorsque la température des affluents s'identifie à celle du fond du réservoir, mais ça reste anecdotique car les eaux de surface sont toujours de température plus élevée.

L'autre moyen, mais aux inconvénients brièvement décrits ci-avant, est l'arrivée massive et brutale d'eaux de crue qui destabilisent l'ensemble.

D'une manière générale cependant, le contexte climatique de Petit Saut, marqué par la faible amplitude des variations saisonnières de la température de l'air, est à l'origine de l'installation d'une **situation de stratification thermique stable et quasi permanente**. Cette quasi absence de mélange vertical permet de parler d'un réservoir "amictique chaud".

Les profils thermiques les plus récents, ci-après (mesurés à la station Petit Saut à l'amont du barrage), confirment bien cette caractéristique (réf. 3 et 4) :

Pour les 3 épisodes hydrologiques

- grande saison sèche

- courte saison humide
- grande saison des pluies

à la station "Petit Saut 1" juste en amont du barrage, on obtient des gradients surface-fond respectifs de 4, 9 ; 2 et 4,2 degrés. C'est lors de la courte saison humide qu'il est le moins marqué, 2° C. A ces températures toutefois, la différence de densité de l'eau est de l'ordre de 7.10^{-4} .

Elle est du même ordre de grandeur que celle constatée entre 15 et 20°C.

Dans les systèmes peu profonds, le **vent** peut avoir une influence sur le brassage plus ou moins total de l'eau.

Dans le cas de Petit Saut toutefois, la profondeur notable du réservoir d'une part et la très faible intensité du vent qui marque cette région d'autre part ("un vent déjà assez faible à Cayenne encore plus faible à Petit Saut, 1 m/s en moyenne journalière" : réf 5) empêchent de considérer que ce mécanisme puisse jouer de façon notable et influencer significativement le brassage.

C'est donc un système "**bicouche**" qui s'installera durablement dans le réservoir, accentuant, en complément de ce qui est dit sur le renouvellement, son caractère hétérogène.

Une couche supérieure, de densité comparativement plus faible, l'**épilimnion**, s' "étale" durablement sur une couche de fond, l'**hypolimnion**, plus "froid" (ce qui, dans cette contrée, est un euphémisme).

La couche intermédiaire, caractérisée par un infléchissement thermique (thermocline), se situe à 5-8 m de profondeur ; le gradient de température y est certes faible, mais suffisant pour constituer une "**barrière de densité**" rendant les échanges difficiles.

Le brassage, lorsqu'il se produit, est d'intensité limitée. Il intervient surtout au moment de la courte saison des pluies c'est-à-dire entre décembre et mars.

En conclusion de cette analyse rapide sur la dynamique interne au réservoir, et par considération d'une échelle de fonctionnalité qui s'établit comme suit :

| Diagnostic | Caractéristiques |
|------------------|---|
| eu-fonctionnel | <ul style="list-style-type: none"> - faible temps de séjour - faible confinement - brassage affectant, en une ou plusieurs fois, toute la masse d'eau |
| dys-fonctionnel | <ul style="list-style-type: none"> - temps de séjour moyen à élevé - confinement marqué - brassage limité |
| caco-fonctionnel | <ul style="list-style-type: none"> - temps de séjour très élevé - confinement très marqué - grande hétérogénéité de la cuvette - brassage faible à inexistant |

le diagnostic propre à Petit-Saut, cet hybride fleuve lac, peut s'établir en disant qu'il est :

dys-caco fonctionnel

Si le diagnostic sur le temps de séjour est contrasté (selon ce qui est dit plus haut), marqué par un fort confinement qui peut permettre de conclure à la dysfonctionnalité, les modalités de brassage conduisent, elles, au constat d'un **très mauvais** fonctionnement de ce point de vue (caco-fonctionnalité).

Au plan du fonctionnement physique, le réservoir est sans conteste dans **une situation délicate**, le principal de ses handicaps étant celui d'une insuffisance marquée du brassage naturel dont on sait les bienfaits quant à l'ensemencement en oxygène dissous des couches profondes.

Tout semble réuni pour faire de celles-ci un **réacteur anoxique** durablement installé, et d'amplitude suffisante pour constituer une menace permanente sur la qualité de l'eau et le Statut Ecologique Global.

Les caractéristiques propres aux considérations d'ordre géochimique examinées ci-après confirment ce diagnostic fonctionnel.

II. -3. La qualité géochimique intrinsèque des eaux du réservoir

Pour la décrire, il y a lieu de considérer les "forçages" suivants :

- la **géochimie du substrat**
- les **apports** / allochtones \ de matériau /organique
 \ autochtones/ \inorganique

La **géochimie du substrat** est une donnée naturelle qui contrôle entièrement le statut **d'acido-basicité** du milieu et ses propres capacités de régulation.

C'est la **nature géochimique de la roche mère** qu'il faut examiner, en distinguant grossièrement les milieux :

- **sur roche-mère acide**, granitique ou métamorphique
- **sur roche-mère alcaline**, calcaire essentiellement.

A Petit Saut, le contexte géochimique relève incontestablement de la première catégorie. L'aménagement est construit sur une "intrusion granitique dans un ensemble complexe de schistes et de quartzites métamorphiques" (réf. 5).

On se situe sur le bouclier guyanais, constitué par des terrains précambriens.

Sous l'angle géochimique, il convient d'examiner les choses de **3** points de vue.

- le pouvoir-tampon des eaux
- l'alimentation carbonée à la disposition des algues et des végétaux
- la composition chimique des apports allochtones

qui, en milieu acide et quelle que soit la latitude, revêtent des caractéristiques semblables.

II. - 3.1. Le pouvoir tampon des eaux

Il traduit la capacité naturelle du milieu à "amortir" les "sautes" de pH par neutralisation naturelle des ions H^+ et OH^-

Cette propriété est essentiellement sous la dépendance de l'équilibre calco-carbonique qui s'établit entre les diverses formes naturelles inorganiques du carbone.

Elles sont présentes **dans les milieux calcaires** sous 5 formes :

- le dioxyde de carbone
- l'acide carbonique
- les bicarbonates
- les carbonates dissous
- les carbonates précipités sous forme de carbonate de calcium essentiellement.

Les pourcentages respectifs de ces différentes formes sont sous la dépendance du pH, selon une courbe qui se présente comme suit :

L'équilibre s'écrit :

Sous l'effet d'une modification d'une quelconque origine (biochimique ou anthropique) de pH, dans un sens ou dans l'autre, l'autorégulation (le pouvoir-tampon) **joue instantanément** pour rétablir l'équilibre, grâce à un élément-pivot, les bicarbonates HCO_3^- , de telle sorte que les variations du pH sont fortement régulées.

Il s'agit là d'un mécanisme essentiel de stabilisation des conditions environnementales offertes aux biocénoses **dont les milieux acides ne sont pas, ou faiblement, pourvus**, par déficience de leur "alimentation", par la roche mère, en bicarbonates dissous notamment.

Pour cette raison, ils sont, au plan du statut acido-basique, **beaucoup plus dysfonctionnels** que les milieux alcalins, les variations de pH sous l'effet de réactions biogéochimiques étant susceptibles de s'y produire beaucoup plus brutalement.

C'est bien le cas de Petit Saut, dont les eaux sont naturellement très peu minéralisées ("la conductivité électrique est extrêmement faible, comprise entre 13 et 23, us") (réf. 5). Or les bicarbonates et le calcium y prennent une part prépondérante.

Dans ces conditions de brusques variations potentielles du pH, il y a tout à craindre compte tenu de la prédominance des conditions anoxiques, des quantités de NH_4 présentes, et de la forte température, d'une **toxicité** de cet élément liée à sa forme non dissociée, dont la proportion est d'autant plus forte que le pH et la température sont élevés.

Cette toxicité s'exerce notamment à l'encontre des biocénoses piscicoles qui, à cet égard, évoluent dans un milieu **à risque**.

On illustrera ce point plus loin.

II. - 3.2. L'alimentation carbonée à la disposition des algues et des végétaux supérieurs.

En plus du rôle tampon qui joue la chaîne des formes inorganiques du carbone (constituant le C.I.D. : Carbone Inorganique Dissous), certaines d'entre elles, et notamment le

CO₂ libre dans l'eau et les bicarbonates, constituent la source d'alimentation préférentielle en carbone des organismes primaires photosynthétiques.

Très vite d'ailleurs, en raison du déplacement de l'équilibre calco-carbonique vers la droite que provoque la photosynthèse, la seule source, inépuisable en milieu alcalin, qui est utilisée par les organismes autotrophes est le carbone des bicarbonates.

Si cette "nourriture" est disponible à profusion dans les hydrosystèmes alcalins, il **n'en est pas de même en milieux acides** où l'alimentation par la roche mère est déficiente.

Pour l'essentiel, la source carbonée permanente dans ces milieux provient de la dissolution, dans l'eau du CO₂ atmosphérique et de la décomposition anaérobie de la matière organique, qui produit du CO₂.

Il est donc assez probable que les mécanismes "classiques" de production chlorophyllienne par les algues, usuellement rencontrés, soient à la fois **de faible amplitude et supplantés** par d'autres mécanismes utilisant d'autres "combustibles". Les conditions défavorables décrites ci-avant de l'environnement aquatique offert aux biocénoses accentuent cette probabilité.

La difficulté est bien de **prévoir** quels seront ces mécanismes, sans doute assez radicalement différents de ceux des hydrosystèmes tempérés alcalins.

En tout état de cause, les mécanismes chlorophylliens "classiques" ne pourront s'installer que dans une **couche très superficielle** du réservoir où seront réunies les conditions nécessaires à leur développement à savoir :

- lumière
- alimentation carbonée ad hoc (CID)
- "environnement" aérobie

C'est là une source importante de préoccupation et d'incertitude à surveiller de très près à l'avenir.

II. - 3.3. La composition chimique des apports allochtones

Elle est le "forçage" qui définit et influence le **régime alimentaire** mis à la disposition des biocénoses aquatiques. On a, à l'occasion de l'évocation ci-avant du pouvoir tampon et de l'alimentation carbonée inorganique, souligné l'une des spécificités de ce régime : en dépit de l'énorme masse de matière organique, source potentielle de carbone, la probable carence des taux de carbone inorganique dissous (seule source importante : la décomposition anaérobie de la matière organique mais en quelles quantités et dans quelles conditions d'utilisation par les algues ?).

Une autre spécificité "alimentaire" du réservoir se rapporte à la **matière organique dissoute** (MOD) et à des formes de cette dernière très fréquemment rencontrées sur substrat acide, en milieu tropical comme en milieu tempéré.

Due à l'importance du développement d'une **litière** spécifique et à la faible vitesse de la dégradation naturelle de la matière organique, les eaux drainant ces types de substrat sont en effet, **naturellement et très fortement chargées en acides organiques** : humiques, fulviques ...et autres formes de MOD, qui communiquent à l'eau, à la fois une très faible transparence (pas plus de 80 cm dans le Sinnamary) et une couleur brun-jaune typique.

Difficilement minéralisables aussi, des débris ligneux de toute sorte contribuent à constituer des stocks importants de **matière organique particulaire** (MOP).

On est donc en présence d'un système qui est et sera pour longtemps alimenté en **flux continu** par une matière organique allochtone abondante, certes, assez facilement biodégradable en milieu stagnant, sans doute, et qui, du fait des quantités en jeu, affectera très fortement le Statut Ecologique Global du milieu.

Celle-ci "constitue un apport de nourriture exogène pour la faune aquatique", (réf. 5.) ; c'est incontestable, elle est un facteur d'entretien sur le long terme d'une mauvaise qualité du milieu.

C'est donc par un **fort déséquilibre** du "régime entrant" qu'est caractérisé le réservoir, au-delà même des problèmes liés au développement végétal subissant la submersion.

On sait bien que les lacs et réservoirs sur substrat acide sont, du point de vue de la géochimie des eaux et de l'équilibre de la composition chimique qui en résulte et dont "s'alimentent" les biocénoses, **très fortement dysfonctionnels. C'est le cas de Petit Saut.**

Par référence à des situations analogues déjà étudiées par ailleurs, il est évident qu'il faut de ce simple fait s'interdire tout optimisme excessif quant à l'installation de conditions trophiques plus favorables.

Des processus spécifiques de dégradation hypoxique (anoxique) de cette énorme quantité de matière organique vont très vite l'emporter et durablement s'installer, (avec des vitesses différentielles de décomposition selon ses formes) influençant de ce fait même et pour longtemps le Statut Ecologique Global du milieu.

Ces considérations sur la géochimie du substrat et la qualité intrinsèque des eaux argumentent d'ailleurs en faveur de l'inutilité de la déforestation.

Les "**gisements**" potentiels de MOD et MOP allochtone sont, vue la taille du bassin versant et l'importance de leurs flux, largement suffisants pour "entretenir" durablement un stock qui subit très vite, une fois ralenti dans son transit, l'influence des mécanismes décomposeurs, aérobies puis anaérobies.

Les caractéristiques propres au **carbone**, inorganique (déficient) et organique (surabondant) rejettent au second plan les analyses du statut des autres "ingrédients", N et P notamment, qui participent au régime alimentaire et qu'on a coutume de considérer dans des cas de figure moins défavorables. En l'espèce, et vu en outre l'insignifiance des apports allochtones anthropiques, ils ne constituent vraiment pas le problème et ne justifient donc pas une analyse particulière **du point de vue du niveau trophique du réservoir**.

Seul l'azote, et sa décomposition "naturelle" qui risque de se limiter à la seule "ammonisation" de l'azote organique compte tenu des conditions ambiantes :

peut constituer éventuellement un problème.

Il faut savoir en effet que l'azote ammoniacal peut être une réelle "menace écotoxique" à l'égard des peuplement piscicoles en particulier lorsqu'il est présent dans l'eau sous forme non dissociée, c'est-à-dire sous la forme du "gaz" dissous ammoniac (NH_3) ou de la "base" ammoniacale ($\text{NH}_4 \text{ OH}$) dont la toxicité se manifeste à des valeurs aussi basses que 0,02 mg/l (valeurs beaucoup plus basses au demeurant pour les salmonidés).

Le pourcentage d'azote ammoniacal non ionisé (donc toxique) est strictement régi par le **pH** et la **température** selon la courbe ci-après :

Appliqué aux données collectées à Roche Génipa le 10/07/1995 par exemple, (réf. 4) on obtient les résultats suivants :

| profondeur m | t C | pH | % NH ₃ | NH ₄ mg/l | NH ₃ mg/l | toxicité |
|-----------------|------|-----|-------------------|-------------------------|-------------------------|----------|
| - 0,1 | 31,4 | 8,1 | 0,1 | 0,535 | 0,053 | ++ |
| - 0,5 | 31,1 | 8,1 | 0,097 | -- | -- | (+++) |
| - 5 | 26,8 | 5,2 | 10 $\bar{4}$ | 3,05 | 0,0003 | 0 |

On remarque une **toxicité prononcée** dans la couche supérieure.

Si on disposait des valeurs de NH₄ à 0,5 m de profondeur et tenant compte du gradient très prononcé de concentration de cet élément selon la profondeur (concentrations multipliées par un facteur 6 entre la surface et le niveau - 5 m), il est probable qu'à cette profondeur (- 0,5 m) la concentration en azote ammoniacal non dissocié serait encore plus forte que celle rencontrée à - 0,1 m.

Il en ressort que **l'espace d'évolution** à la disposition des poissons risque d'être fortement réduit :

- l'ensemble de la masse d'eau de fond (depuis la subsurface, de 1 à 3 m de profondeur selon les circonstances, jusqu'au fond), leur est interdit à cause de l'anoxie qui y règne.
- la couche de surface (0 à 1 à 3 m) peut présenter vis-à-vis d'eux un risque non négligeable de toxicité dû à la fraction non dissociée de l'azote ammoniacal, en période de production autotrophe algale importante notamment.

Fort heureusement, deux phénomènes antagonistes limitent l'occurrence de cette circonstance :

- l'augmentation constatée du pH en surface est sans doute due à des phénomènes de production primaire d'origine algale qui libèrent de l'oxygène.

- l'ammonisation de l'azote organique est un processus biochimique qui **n'est pas stable en présence d'oxygène**, la chaîne de décomposition ci-dessus se poursuivant jusqu'à son terme (la production de nitrate) sous l'influence de germes spécifiques, pourvu qu'ils soient présents.

Il y a là néanmoins un argument de plus pour comprendre intimement (cf. ci-après) la réalité des mécanismes de production autotrophe ayant pris place dans la masse d'eau.

Compte tenu des concentrations parfois très élevées de NH_4 rencontrées dans les eaux de fond (jusqu'à 7 mg/l), il y aurait beaucoup à craindre, du point de vue de la mortalité piscicole d'une **remise en circulation brutale**, sous l'effet d'une **crue** par exemple, des eaux du réservoir dans la totalité de son volume. Sans l'exagérer, il y a là une menace réelle.

Au passage, et pour corroborer ce qui est dit plus haut sur le "pouvoir-tampon" de l'eau de Petit Saut on relève une "**étendue**" des valeurs du pH entre **5,1** et **8,1** selon les époques, les sites et les niveaux. C'est considérable et ça illustre bien l'absence de pouvoir-tampon de l'eau du réservoir et la fragilisation du milieu qui en résulte.

Que conclure, dans le cas de Petit Saut, de cette analyse préalable des "forçages" externes et du fonctionnement physique et biogéochimique qui en résulte ?

II. - 4. Statut fonctionnel et niveau trophique

C'est sur cette double approche que les limnologues "modernes" assoient dorénavant le **diagnostic fonctionnel** qu'ils portent sur tout écosystème stagnant.

- Le **statut fonctionnel** est une donnée de base qui vise à caractériser le **fonctionnement physique naturel** d'un milieu stagnant en très grande partie "réglé", on l'a vu, par le renouvellement et le brassage de ses eaux.

A l'instar du diagnostic médical, il s'identifie en quelque sorte à la **constitution physique** (du gringalet-souffreteux au super-mâle body buildé), propre à chaque individu.

Petit Saut à cet égard relève d'un statut déjà qualifié de **dys-caco fonctionnel**

C'est un milieu hybride, fleuve et lac à la fois, qui a de l'un et de l'autre les inconvénients :

- **hétérogénéité de l'écoulement** et forte différenciation spatiale, latérale et verticale

- **temps de séjour faibles** comparativement à ceux d'un lac naturel mais suffisants pour une stimulation de cinétiques biogéochimiques de type lac durablement installés et qui perdurent dans les zones "mortes" (confinées).

- **absence quasi assurée de brassage** par la surface donc impossibilité d' "injection" d'oxygène au fond.

et sur **lequel planera toujours l'hypothèque des crues** et de ses conséquences sur la qualité de l'eau du réservoir et, donc, de l'eau destockée pendant ces épisodes.

• Le **niveau trophique** se rapporte, lui, aux habitudes alimentaires (pour garder l'analogie médicale précédente) propre à l'individu depuis l'ascète jusqu'au pléthorique, sachant qu'au-delà des **quantités** ingérées existe une notion essentielle **d'équilibre** entre les composantes du régime.

Comme cela a été fait dans le développement relatif au statut fonctionnel, il est possible de définir différents niveaux sur une échelle trophique au regard de ces 2 entités : importance et équilibre du régime.

On peut l'imaginer comme suit :

| Qualification | Caractéristiques | |
|-------------------------|------------------|--------------|
| | Quantité | Equilibre |
| hyper-eutrophe | forte | bon |
| eutrophe | ad hoc | bon |
| oligotrophe | faible | bon |
| mésotrophe | ad hoc | moyen |
| dystrophe | inadéquat | mauvais |
| caco et hypercacotrophe | excessive | très mauvais |

En fait la "qualité" du niveau trophique se mesure à la capacité qu'a le plan d'eau à "assimiler" (minéraliser) la matière organique, d'origine allochtone et autochtone, qui s'y trouve. Cette capacité est, au demeurant, assez fortement dépendante du statut fonctionnel.

Vu sous cet angle, Petit Saut est incontestablement et pour longtemps un réservoir **hypercacotrophe**.

Le diagnostic final, ci-dessous illustré, est donc celui d'un réservoir **dys-cacofonctionnel, hypercacotrophe**.

Au-delà de leur caractère amusant, ces considérations préalables **ont un intérêt majeur** pour orienter, lorsque cela est possible, une stratégie de réhabilitation.

Mais il faut savoir que le **statut fonctionnel** est une donnée de départ qui a le plus souvent un **caractère fatal** ; il existe des lacs fatalement dysfonctionnels. Pour eux, on ne peut entretenir d'illusion quant à un Statut Ecologique Global ambitieux. Mais lorsque du point de vue de ce statut, de bonnes potentialités existent et que le problème vient pour l'essentiel d'un **niveau trophique** inadéquat, les chances sont alors grandes, par modification du régime, de réversibilité vers un Statut Ecologique Global ambitieux.

A Petit Saut, ça ne pourra être le cas. Ayant dorénavant "**fabriqué**" un environnement qui n'a plus rien à voir avec l'originel, (ce qui ôte tout fondement à toute forme d'appréciation comparée), il s'agit **d'admettre cette réalité**, d'en analyser les **manifestations péjoratives possibles** et de se préparer à **en gérer au mieux** les conséquences générales.

III. - Statut Ecologique Global - Situation, devenir.

On a brièvement décrit ci avant les particularités physiques et géochimiques du "**réacteur hybride**" constitué par l'aménagement.

On en a expliqué le caractère globalement **hautement dysfonctionnel**.

Par référence au schéma d'introduction, ayant ainsi analysé de manière fruste les entités **(A)** et **(B)** et leurs caractéristiques, l'exercice auquel il convient de se livrer est de tenter de décrire les **principales composantes biocénétiques et réactions biochimiques** qui trouvent leur cadre d'expression dans les conditions environnementales créées par l'aménagement.

L'hybride "fleuve lac" résultant du ralentissement dynamique créé par l'aménagement est totalement déterminé, au niveau de son **fonctionnement écologique** et du **Statut Ecologique Global** (S.E.G.) qui va y prendre place, par l'ensemble des forçages externes et leurs inter-relations brièvement décrites ci-dessus.

L'aléa intervient bien sûr à leur niveau, et notamment à l'encontre de la **climatologie** et de sa composante "**précipitations**". A cet égard, ce sont les conditions "aux extrêmes" (crues et étiages) qui induisent le plus d'interrogation sur le comportement du réacteur biogéochimique qu'est le réservoir. Globalement toutefois, les grandes lignes du Statut Fonctionnel et du Niveau Trophique, qui "déterminent" entièrement les conditions environnementales artificiellement créées dans le réservoir, peuvent être **en moyenne** établies avec une certaine précision.

L'entité **(C)** résultante, qui se rapporte au fonctionnement écologique et au **Statut Ecologique Global** (S.E.G.) ; quoiqu'entièrement définie par les caractéristiques propres des différents forçages, est "entachée" d'un biais aléatoire encore plus prononcé, dans la mesure où, à la différence des deux premières entités **(A)** et **(B)** décrites, elle met en jeu une composante biologique par nature non déterministe.

Compte tenu du faible recul de temps, qui ne permet pas de disposer d'une longue chronique de données, c'est un exercice assez périlleux que de tenter de prévoir quel vont être les traits dominants du Statut Ecologique Global du réservoir, et ses répercussions sur la qualité de l'eau du Sinnamary.

On a choisi néanmoins de s'y risquer, car l'exercice a un côté assez excitant et puis, il s'agit d'une étape logique dans le cheminement intellectuel qu'on s'est fixé et que l'on rappelle ci-après :

III. 1 - Le Statut Ecologique Global du réservoir

Il est déterminé par le doublet

- nature et importance relative des **compartiments biologiques** qui vont trouver les conditions de leur développement dans l' "environnement" de la cuvette
- nature et intensité des **principales réactions biogéochimiques** qui vont se développer dans ces mêmes conditions.

Pour cela, il paraît nécessaire de faire un rappel bref des **traits dominants** qui structurent et organisent les compartiments biologiques d'un écosystème stratifié et d'en faire une application à Petit-Saut, tenant compte de ses caractéristiques propres.

III.1.1. Rappels sur le fonctionnement écologique d'un hydrosystème stagnant

Dans un système eu fonctionnel (faible temps de séjour, brassage important) oligo et/ou mésotrophe (apports en nutriments et en matière organique à la fois faibles et équilibrés) se mettent en place des **communautés** appartenant aux **3** "formations" essentielles que sont :

- les Producteurs
- les Consommateurs (constituant le triplet P.C.D)
- les Décomposeurs

"**en équilibre**" par rapport à leur environnement extérieur et au niveau de leurs inter-relations..

A l'optimum (équilibre atteint et stable), la **reproductibilité** infra et interannuelle des successions biologiques est une donnée fréquemment observée.

La "machine thermique" que constituent le réservoir, les réactions biochimiques et les peuplements qui s'y développent fonctionne avec un rendement optimal, c'est-à-dire en produisant le minimum de **déchets** organiques autochtones non recyclés.

Des dépendances fonctionnelles fortes (échanges d'énergie) s'établissent entre le monde des **producteurs autotrophes** (algues, végétaux supérieurs, bactéries autotrophes) et celui des **hétérotrophes** (consommateurs et décomposeurs) incapables de se développer sans le niveau autotrophe.

On observe un "**assemblage**" de l'édifice biologique qui peut être schématisé comme suit :

Quelques mots d'explication (réf. 6)

- le niveau des **producteurs primaires** est constitué d'organismes du règne végétal (et bactérien) qui disposent de cette propriété incroyable de **synthétiser leur propre matière** à partir d'ingrédients de base dont la lumière (qui apporte l'énergie nécessaire à cela), le carbone, l'azote, le phosphore, les oligo-éléments.

Ecrire sous sa forme la plus simple, la réaction biochimique en jeu est la suivante

La réaction s'opère dans les deux sens : fabrication (= photosynthèse) ou minéralisation (= respiration) de la matière organique.

La réaction de photosynthèse libère de l'**oxygène** qui en apparaît ainsi comme un déchet, noble certes mais un **déchet** quand même. La quantité produite est considérable :

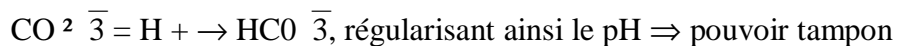
1,25 g par g de matière organique en poids sec.

La source carbonée est constituée du CO₂ libre dans l'eau ; son utilisation pour la photosynthèse diminue l'acidité et provoque donc une augmentation du pH.

Si la source de CO₂ libre dans l'eau vient à manquer, c'est l'élément-pivot de la chaîne de l'équilibre calco-carbonique, à savoir les bicarbonates, qui est sollicité selon la réaction :

Le processus peut aller jusqu'à la formation de carbonate de calcium précipité.

Très vite toutefois, l'équilibre "naturel" va se rétablir dans le sens de la reformation du bicarbonate à partir des carbonates et par mobilisation des ions H⁺ de l'eau selon la réaction :



Dès ce niveau, les **mécanismes bactériens** sont très importants et souvent négligés ; ils interviennent de 2 façons :

- en **autotrophie**, c'est-à-dire sur le même plan que les algues, mais en utilisant d'autres processus biochimiques qu'elles pour leur propre synthèse (au plan de l'alimentation carbonée en particulier).

D'une importance secondaire en milieu aérobie, il y a là un **phénomène sans doute très important** à Petit Saut, compte tenu des conditions ambiantes de la cuvette.

- en **hétérotrophie**, par minéralisation directe, dès le niveau des producteurs, de la matière organique autochtone qu'ils produisent à leur mort, et sans attendre, donc, la fin du déroulement de la chaîne alimentaire jusqu'à ses niveaux supérieurs. Ce processus, qui se produit dans les couches supérieures de l'écosystème, est susceptible par conséquent d'ensemencer très tôt, en éléments nutritifs (N et P) provenant de la minéralisation, le niveau des producteurs, "dopant" par conséquent ce dernier qui utilise ces ingrédients comme matériau élémentaire.

Tout se passe comme si, en fait, le niveau primaire s'auto-entretenait grâce à l'action bactérienne, qui surajoute ses effets à ceux directement induits par les apports allochtones.

C'est le phénomène connu sous le nom de "**boucle microbienne**"

- les différents **ordres des consommateurs** poursuivent le chainage enclenché par les producteurs (et entretenu par les décomposeurs).

Il n'y a pas lieu de les détailler mais simplement de les illustrer par le principe "**mangeur mangé**" depuis les organismes herbivores (zooplankton, poissons) qui "broutent" les algues et végétaux jusqu'aux poissons carnivores, mangeurs de poissons qui, eux, n'ont pas de prédateurs strictement aquatiques et sont l'élément supérieur de la chaîne alimentaire.

Il existe aussi des organismes consommateurs détritivores (les invertébrés benthiques, certains poissons benthophages ...) qui se nourrissent de matière organique détritique, allochtone ou autochtone.

Ce sont tous des **transformateurs** de la matière organique initiale, qu'ils restituent, après l'avoir ingérée, sous une forme en général moins complexe via les excréta et les résidus métaboliques

Eux-mêmes, comme tous les organismes participant à cette chaîne de vie, **constituent à leur mort une source importante de matière organique autochtone.**

- les **décomposeurs** prennent en charge la décomposition de toutes les formes de matière organique, allochtone et autochtone, à différents niveaux, comme on l'a vu, de la chaîne trophique.

En présence d'oxygène, cette décomposition restitue au milieu ambiant, les ingrédients, C, N et P, sous leur forme assimilable par les producteurs autotrophes et la boucle est ainsi bouclée.

On remarque ainsi qu'aux **3** niveaux "Producteurs - Consommateurs - Décomposeurs" initialement définis, il y a "production" de quelque chose, ce qui peut être source d'imprécision dans la terminologie et amène à utiliser l'appellation synonyme de

(**Producteurs**)

(**Transformeurs**) peut être plus parlante et appropriée (P.C.D. = P.T.R).

(**Recycleurs**)

La fonction de décomposition (= recyclage), certes effective dans les couches superficielles, est très importante dans les couches profondes où s'accumule la matière organique détritique ou morte.

Elle est la plus rapide et la plus efficace en aérobiose, c'est-à-dire, en présence, en quantité suffisante, du "comburant" oxygène dissous.

Ceci permet de faire le lien avec le statut fonctionnel du milieu ; rappelons que le seul moyen pour les couches profondes d'un écosystème stagnant, d'être "ensemencé" en oxygène dissous est le **brassage** des eaux de surface avec les eaux de fond, que régit pour l'essentiel la température.

S'il est déficient, ou d'amplitude insuffisante, des processus anoxygéniques prennent place au fond d'une nature tout autre et dont les manifestations sont sous la dépendance des conditions du milieu, aux plans matière organique et température en particulier.

On achève ainsi de décrire le fonctionnement écologique d'un hydrosystème stagnant en **équilibre biocénotique**.

S'il est eu fonctionnel oligomésotrophe, le Statut Ecologique Global peut se redéfinir comme un "assemblage" **en équilibre** des différents compartiments de l'édifice biologique, constituant le triplet P-C-D, qui entretiennent entre eux des relations d'échanges de matière et d'énergie **optimales**, minimisant les "pertes en ligne", c'est-à-dire les déchets organiques non recyclés.

Ceci peut être schématisé comme suit :

Le milieu passe par des phases alternées de **mélange** et de brassage des eaux en période "froide", qui reconstituent son stock d'oxygène dissous et de **stratification** thermique en période "chaude" où prennent place des processus complémentaires :

- de **production** de surface où température, pH et O₂ dissous ont élevés
- de **décomposition** de fond où température, pH et O₂ dissous sont à des niveaux inférieurs.

les deux couches étant fortement solidaires l'une de l'autre.

L' "eutrophisation" en un tel milieu eu fonctionnel, est l' "exacerbation" des apports alloctones en N et P, le plus souvent d'origine anthropique, qui "dopent" le compartiment des producteurs qui devient exubérant.

Si le lac est eu fonctionnel (faible temps de séjour, brassage régulier et important, apports en MO allochtone faibles), ou faiblement dysfonctionnel, une **mise au régime** (réduction des intrants) a toute chance de provoquer le retour à une situation d'équilibre et à un Statut Ecologique Global acceptable.

Si le lac est fortement dysfonctionnel, il y a peu d'espoir à entretenir quant à une éventualité de cette nature lorsqu'en plus il est hypertrophe.

C'est notamment le cas des lacs et réservoirs **acides** fortement **dysfonctionnels**, on l'a vu, au plan de la géochimie des eaux notamment et souvent **cacotrophes**, c'est-à-dire alimentés par une matière organique allochtone massive .

Le facteur-clé le plus intégrateur de l'appréhension du fonctionnement écologique, donc du Statut Ecologique Global, est la **matière organique**, ses origines respectives entre allochtone et autochtone, ses formes, la dynamique interne à la cuvette de sa dégradation, de son accumulation et de son recyclage.

Elle doit être examinée tout particulièrement.

III. - 1.2. - Fonctionnement écologique de Petit Saut - Statut Ecologique Global actuel et prévisible

Le paragraphe qui précède n'a d'autre intérêt que d'illustrer un **fonctionnement écologique de référence** et un Statut Ecologique Global traduction d'un **équilibre biocénotique**, rencontré dans les situations de masses d'eau stagnantes eu fonctionnelles (bien renouvelées et brassées donc réensemencées régulièrement en oxygène dissous et correctement "tamponnées") oligo - ou mésotrophes (bénéficiant d'apports allochtones non excessifs et équilibrés).

Les variables physico-chimiques de contrôle résultant de ce fonctionnement sont "ajustées" à un niveau qui garantit la permanence de cet équilibre :

- **l'oxygène dissous** est bien représenté, réapprovisionné au fond par brassage, consommé dans des limites ne compromettant pas cet équilibre par la minéralisation de la matière organique
- **le pH** est "contenu" dans des limites compatibles avec le maintien de cet équilibre grâce au pouvoir-tampon de l'eau
- **la température** évolue dans des gammes de valeurs favorables au développement de cinétiques et de réactions biogéochimiques conformes aux exigences biocénotiques.

A Petit-Saut, le contexte est entièrement différent.

L'ennoiement d'une énorme masse végétale et le ralentissement dynamique provoqué par l'aménagement à l'encontre de l'écoulement naturel ont créé les conditions de développement d'une **fantastique bouilloire anaérobie** dont aucune raison de fond n'autorise à envisager une quelconque évolution **rapide** vers quelque chose d'assez radicalement différent et dans laquelle les représentations des différents compartiments du triplet P-C-D (Producteurs - Consommateurs - Décomposeurs) et les relations qu'ils entretiennent entre eux sont fondamentalement différentes de celles d'un système eufonctionnel aérobie.

C'est d'abord **l'énorme quantité de matière organique**, autochtone et allochtone, dont le cycle, on l'a vu, détermine la typologie biocénotique du milieu, qui est à considérer. Elle provient de **3** sources fondamentales :

- la **végétation herbacée** et ligneuse sur pied
- la **litière** accumulée sur le sol
- les **apports allochtones** et leur composition naturelle en acides organiques, humiques, fulviques ou autres formes.

Si les deux premières sources constituent un stock certes énorme mais **fini** et qui continuera à se dégrader pendant longtemps, la 3ème source a les caractéristiques d'un **apport inépuisable** car procédant de la composition géochimique naturelle des eaux.

Même si elle ne fait pas l'objet de mesures spécifiques **en tant que telles**, il est possible d'en avoir une première approximation **par la DCO** qui, dans la masse d'eau du réservoir et dans le fleuve atteint des valeurs rarement inférieures à 15 mg/l et susceptibles d'atteindre **40 mg/l**. C'est énorme : rapportées au volume moyen annuel des apports (8.420 Mm³), et en supposant que la concentration des apports allochtones est de l'ordre de 15 à 20 mg/l, les quantités entrantes chaque année évoluent dans une gamme comprise entre **125.000 et 170.000 tonnes**. Supposant même intégralement "consommée" la matière organique autochtone (végétation sur pied et litière), l'importance de ces apports allochtones **doit interpeler** sur le retour à des conditions moins marquées d'anoxie.

Avec une hypothèse de saturation en oxygène dissous de ces apports allochtones (soit 7,5 à 8 mg/l), les flux annuels de ce gaz, entrant dans la retenue sont de l'ordre de **65.000 t**, c'est-à-dire de 2 à 3 fois inférieurs aux stocks potentiels de DCO allochtones.

Il reste bien évidemment à apprécier le caractère de "**labilité**" de cette matière organique allochtone dissoute, en aerobiose comme en anaerobiose, en tenant compte des temps de séjour de l'eau dans le réservoir et des conditions qui y règnent.

Ce sont sans doute les formes les plus "labiles" de matière organique autochtone qui ont subi la minéralisation constatée dès la mise en eau.

Mais il y a lieu d'apprécier ces mêmes caractéristiques de labilité des formes de la MO allochtone.

On sait bien en effet que, sous climat tempéré, c'est-à-dire ne bénéficiant pas des mêmes conditions thermiques que celles qui prévalent à tout instant à Petit Saut qui, on le sait, sont un facteur de stimulation des cinétiques de dégradation, la matière organique allochtone est la principale responsable de l'importante anoxie souvent constatée en été (réf. 7).

Le réservoir risque alors d'avoir pour longtemps la caractéristique dominante d'un **digesteur anaérobie à ciel ouvert**, une mince pellicule de surface développant des formes de vie aérobies lui donnant l'apparence d'un lac naturel eu fonctionnel.

Depuis la mise en eau, différentes séquences de dégradation (**3** au total) ont dû se succéder :

1. - c'est d'abord **l'oxygène dissous** de la masse d'eau qui a été utilisé selon un processus de dégradation aérobie qui s'écrit :

Ce phénomène a été extrêmement rapide puisqu'on a constaté en très peu de temps la disparition quasi totale de l'oxygène dissous de l'eau.

Supposant l'eau à saturation à la température ambiante c'est-à-dire contenant 8 mg/l d'oxygène dissous et un volume accumulé de 1.500 Mm³ au moment où s'est établie l'anoxie généralisée de l'eau du réservoir, cela représente la consommation très rapide de **12.000** tonnes d'oxygène pour la minéralisation d'environ 10.000 tonnes de matière organique en poids sec ! Ca laisse rêveur sur les dynamiques qui ont pris place dès la mise en eau.

2. - l'utilisation transitoire, et sans doute rapide, **d'autres "porteurs d'oxygène"** pour poursuivre la minéralisation, les nitrates et sulfates par exemple selon les réactions

Dès ce stade apparaissent les **gaz dissous**, ammoniac et hydrogène sulfuré, largement représentés (l'ammoniac notamment) dans le réservoir.

3. - enfin, l'installation d'un processus de **dégradation anaérobie stricte** selon la réaction

Anhydride carbonique, ammoniac et méthane sont les produits de cette décomposition qui met en jeu des bactéries hétérotrophes anaérobies.

1 g de matière organique en poids sec provoque dans ces conditions la libération de **0,25 g** de méthane, **0,65 g** d'anhydride carbonique et **0,08 g** d'ammoniac.

Il apparaît que toutes les conditions étaient réunies pour que le **méthane** soit produit en quantités appréciables.

Il est connu en effet (réf. 8) que les phases de décomposition de la matière organique qui passent successivement par le chaînage suivant

cellulose > sucres simples > acides organiques > - CO₂ et CH₄
sont dans leur intensité régies par la **température** et qu'en particulier, le chaînage de décomposition ci-dessus est d'autant plus achevé que la température est élevée.

Ceci est vrai pour la formation des 2 composés, CH₄ et CO₂. A 35° C en particulier on remarque une formation conjointe importante de ces deux éléments.

Proportionnellement toutefois, la **formation de CH₄** est **plus importante à une température inférieure** (25° C) et se manifeste **dès les premiers jours** de mise en condition anoxique.

A 15° C, il n'y a pratiquement plus de formation de méthane (cf. schéma ci-après).

Les conditions thermiques régnantes à Petit Saut (température de l'eau comprise entre 25 et 30° C) sont **donc les plus favorables à la formation rapide de méthane**.

Compte tenu de la permanence dans le temps de ces conditions et du "gisement" de matière organique, sur pied et allochtone, il n'y a aucune **raison de penser que ce phénomène s'atténue à l'avenir**.

En termes d'"allure" générale des courbes respectives de "libération" de CO₂ et de CH₄, il est étonnant de constater la **similitude** relevée entre les courbes ci-dessus (à 25° C) et celles qui résultent des **mesures** en amont de la digue (réf.9)

La libération de CO₂ atteint "très vite" (au bout de 200 jours) un plateau alors qu'au contraire, celle de CH₄, plus longue à "démarrer", augmente très vite avec le temps.

Le processus de libération du méthane est essentiel à comprendre et à suivre, en termes de concentration sur la colonne d'eau.

En effet, il exerce à l'encontre de l'oxygène dissous de l'eau une "soif" qu'il éteint dès qu'il en a la possibilité (par des voies au demeurant mal connues, chimiques ou biochimiques ?), selon une réaction qui s'écrit

1 g de méthane "brûle" 4 g d'oxygène.

Dans le réservoir, sa présence même à faible taux dans la couche oxygénée de surface peut donc en compromettre fortement le fragile statut à cet égard.

Les désordres qu'il induit dans le fleuve sont en outre dorénavant bien caractérisés (cf. ci-après) ; c'est un élément clé de la détermination du Statut Ecologique Global du système.

Tout en en suspectant la présence et le rôle, ça n'est qu'après le début de la mise en eau qu'ont été mobilisés les moyens adaptés de mesure : les résultats obtenus apparaissent cependant encore entâchés d'incertitude, qu'il faut impérativement lever.

Ainsi, le graphique ci-après retrace, à la station Petit Saut 1, l'évolution des concentrations dans le réservoir à 4 niveaux de profondeur : surface, - 10 m, - 20m, "fond".

On relève un gradient prononcé des concentrations respectives entre la surface et le fond jusqu'en février 1995, où l'on note la plus forte valeur mesurée : **17 mg/l** au fond.

Depuis cette date, le gradient s'atténue et les concentrations baissent sensiblement avec un maximum au fond de moins de **7 mg/l** à la fin juin 1995.

Il s'agit là d'une évolution surprenante pour **deux** raisons essentielles.

1• la **décomposition anaérobie** de la matière organique produit de manière synchrone méthane et ammoniac dans un rapport égal à 3,5 pour 1.

Jusqu'en février 1995, cette évolution respective s'effectue conformément aux processus attendus puisqu'on note, en début mars 1995, une concentration d'azote ammoniacal au fond d'environ **5 mg/l**.

Mais la "libération" de ce gaz s'est poursuivie et accrue jusqu'en juin, atteignant **8,6 mg/l** au fond et se stabilisant aux environs de 0,4 mg/l en surface.

L'équilibre stoechiométrique initial paraît rompu : on ne voit pas pour quelle raison.

2• La **concentration de méthane à "Petit-Saut-Chenal"** amont du seuil, relevée à la fin du mois de juin 1995 a été de **7,6 mg/l** (cf. ci-après).

Elle représente la concentration moyenne de la colonne d'eau influencée par le soutirage. Si l'on en juge par les relevés respectifs et convergents faits à cette date de fer ferreux ou d'azote ammoniacal, on peut situer à environ **15 à 20 m** au plus l'épaisseur de cette couche influencée.

Les valeurs du graphique ci-avant à cette date se rapportant à Petit Saut 1 supposé être représentatif de l'eau destockée par les groupes **ne concordent pas avec la valeur relevée dans le fleuve**.

Sur la couche 0-20 m, elles sont en effet de

surface = 0mg/l
 - 10 m = 3 mg/l
 - 20 m = 5,5 mg/l

Pour obtenir une valeur moyenne de 7,6 mg/l sur cette couche, et compte tenu de la faible concentration de surface, il faudrait y relever à sa base (15-20 m) des concentrations nettement plus élevées.

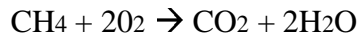
Pour confirmer cette incohérence on montre ci-après le profil vertical du méthane à Petit Saut 1 le 26 avril 1995 (réf. 18).

A cette période, la concentration de l'eau destockée se situe aux environs de 7 à 8 mg/l. Le graphique ci-dessus montre qu'on n'atteint pas cette valeur avant une profondeur supérieure à 25 m. Comme la valeur du méthane en sortie groupes apparaît fiable, il est probable qu'une dérive analytique soit à associer aux mesures "profondes". C'est un point à vérifier.

Comment dans ces conditions décrire et prévoir les communautés vivantes susceptibles de se développer dans un tel milieu ? Qu'en est-il du bel équilibre P-C-D (Producteurs - Consommateurs - Décomposeurs) qui caractérise un hydrosystème stagnant eu fonctionnel ?

- La **dominante**, et pour longtemps, est celle des organismes **décomposeurs bactériens hétérotrophes anaérobies**, qui créent les **conditions ambiantes générales** marquées par l'anoxie quasi généralisée, la production très importante de gaz dissous : CH_4 , NH_3 , CO_2 ; l'hydrogène sulfuré H_2S est également produit par décomposition anaérobie au taux, faible, de 0,02 g par g de matière organique sèche.

L'anoxie générale empêche dans le réservoir l'enclenchement du processus de **décomposition du méthane** par voie chimique ou biochimique (processus au demeurant mal connu) car celle-ci ne peut intervenir qu'en présence d'oxygène selon la réaction rappelée ci-après



Si l'on prend le chiffre réaliste de 10mg/l comme **moyenne** de la concentration de méthane dans le réservoir, le stock en est alors de près de **30.000 tonnes**.

30.000 tonnes de méthane nécessitent **120.000 tonnes** d'oxygène pour être décomposées ! Même à saturation, le réservoir tout entier n'en contiendrait pas 30.000 tonnes ! Petit développement purement théorique mais qui situe les ordres de grandeur.

En surface, où le méthane est présent également comme le montre le schéma ci-dessous (réf.9), corroboré par le même schéma ci-avant du 26 avril 1995.

on relève dans la couche oxydée des concentrations pouvant atteindre 2 mg/l, potentiellement susceptibles de consommer jusqu'à 8 mg/l d'oxygène !

L'examen du graphique d'oxygène dissous semble montrer la réalité de cette consommation.

Il y a là un mécanisme susceptible d'influencer tout autant et significativement l'équilibre biocénotique de surface et le bilan net d'oxygène dissous.

Il confirme la nécessité d'une "**décomposition**" détaillée du cycle "production consommation" d'oxygène dissous en surface puisque c'est sur l'épaisseur et l'évolution dans le temps de la couche oxydée que reposent la plupart des espoirs mis dans une amélioration du Statut Ecologique Global du milieu. Le risque est celui d'une quantité suffisante de méthane dans l'eau de surface du réservoir pour en affecter son fragile statut au plan de l'oxygène dissous.

- Le niveau des **producteurs** autotrophes est représenté en surface ; les relevés d'oxygène dissous et de chlorophylle le démontrent. Mais il convient de se demander **quel type dominant d'organismes** est à l'origine de cette production.

En milieu pélagique, il ne peut y en avoir que deux : **les algues et les bactéries phototrophes**. (phytoplancton et bactérioplancton, respectivement).

L'anoxie générale de la masse d'eau, l'insuffisance de l'alimentation carbonée inorganique sont des éléments qui militent fortement en défaveur de la prédominance de mécanismes photosynthétiques classiques, c'est-à-dire d'origine algale.

Les algues en effet sont incapables d'utiliser le carbone du méthane pour leur propre biosynthèse Celle-ci s'opère à partir du CO₂ libre dans l'eau ou provenant des bicarbonates (cf. ci-dessus) par déplacement dans le sens de sa production de l'équilibre calco-carbonique. Certes le CO₂ n'est pas absent de l'eau du réservoir (à cet égard des mesures de ce composé seraient utiles). On a vu en effet que la réaction de décomposition anoxique de la matière organique en produisait, en même temps que du méthane et de l'ammoniac.

1 g de MO en poids sec décomposée en conditions anoxiques libère 0,66 g d'anhydride carbonique, dont 0,18 g de carbone.

Toutefois l'anoxie généralisée qui a tout de suite suivi la mise en eau n'a pas permis le développement sur une grande échelle du mécanisme de la photosynthèse algale qui ne peut se produire qu'en conditions aérobies (réf. 6).

C'est pourquoi la forte compétition algues-bactéries qui caractérise tous les milieux stagnants a du dès le départ joué **en faveur des bactéries phototrophes anoxygéniques**, capables d'utiliser le **carbone organique (dont le méthane)** pour leur propre biosynthèse et qui ont probablement "occupé le terrain" empêchant par là-même le développement important des algues.

Incapables de "photolyser" l'eau (à l'inverse des algues), elles se procurent le pouvoir réducteur nécessaire à la fixation du carbone à partir de donneurs d'électrons plus réduits comme H₂S, H₂, certains composés organiques. Elles contiennent également (comme les algues), des **pigments photosynthétiques** spécifiques appelés bactériochlorophylles (on en a dénombré 6) qui présentent la même structure de base que les chlorophylles des algues.

De plus, elles utilisent un large spectre d'absorption de la lumière, et peuvent se développer à des intensités lumineuses faibles auxquelles ne réagissent plus les autres organismes phototrophes : or, à Petit-Saut, la transparence de l'eau est **naturellement très faible**, à cause de la forte teneur de l'eau en acides organiques.

Enfin elles sont thermophiles, c'est à dire qu'elles se développent préférentiellement en eaux à température élevée.

Il est donc clair que toutes les conditions ont été réunies pour un développement privilégié du bactérioplancton, à base probablement de bactéries "vertes" au détriment des algues. Il y a là un point à vérifier.

Largement négligée dans toutes les approches du fonctionnement des hydrosystèmes stagnants, alors qu'en toute situation, elle revêt une importance particulière, **la production bactérienne autotrophe** est certainement, à Petit-Saut, un phénomène biologique majeur qui n'a sans doute pas été suffisamment analysé.

La présence des **3** formes de chlorophylle, a, b et c, est à cet égard un élément à prendre en compte ; les formes b et c notamment, assez fortement sous-représentées dans les hydrosystèmes "algues dominantes", et qui, à Petit Saut sont régulièrement décelées et à des taux (la forme b en particulier) parfois largement supérieurs à ceux de la chlorophylle a sont une caractéristique à noter, confirmant la nécessité de s'interroger au fond sur la nature des organismes à l'origine de la production autotrophe.

Elle se développe "en pellicule" dans une couche superficielle n'excédant pratiquement jamais, quel que soit le point de mesure, une épaisseur de **3 m**.

Dans la très grande majorité des relevés, l'anoxie est installée **dès 1,5 m** de profondeur. Sur l'année à disposition (juin 1994 à juillet 1995) à la station Petit Saut 1 à l'amont du barrage où la profondeur a toujours été supérieure ou égale à 30 m, on développe ci-après les relevés obtenus : concentration maximum d'une part, épaisseur de la couche oxydée d'autre part.

On relève une décroissance régulière de la teneur maximale depuis l'origine jusqu'à la période décembre 1994 mars 1995 où la concentration **s'annule quasiment ! Toute**

la masse d'eau est alors anoxique ! Cette période correspond (hasard ?) à la courte saison des pluies. Puis à partir d'avril et jusqu'en juillet, le niveau se rétablit aux valeurs de départ mais avec un peu plus d' "erratisme".

L'ensemble des relevés "Petit-Saut" (4 en tout) "fonctionne" approximativement de manière analogue.

Aux stations "Génipa" (3 en tout) et Crique Bonne Nouvelle, le statut du point de vue de l'oxygène est quelque peu différent. Si l'épaisseur de la couche oxydée n'excède pas 2 m, les concentrations maximum de surface ont assez régulièrement augmenté depuis le début des observations, ainsi que l'illustre les relevés ci-dessous de la station Génipa 1 (profondeur d'environ 30 m)

L'explication n'en est pas évidente. On est en fin de la zone axiale du fleuve, à quelque 20 km du barrage ; l'ambiance d'anoxie globale de la masse d'eau est là aussi caractérisée. Des micro conditions locales, comme à la Crique Bonne Nouvelle, peuvent expliquer cette situation.

L'augmentation corrélative du pH (jusqu'à la valeur 8,1 évoquée plus haut) laisse supposer la prédominance d'une production autotrophe ayant les algues pour origine (utilisation du CO₂ !)

Cette situation illustre la complexité des mécanismes de production qui prennent place dans la couche de surface.

Ils sont certainement un point à approfondir.

Tous les relevés disponibles ont été effectués de jour ; il est probable que la nuit, la production autotrophe étant stoppée faute de lumière, les concentrations retombent vers des valeurs proches de zéro.

- Le niveau **des consommateurs** est représenté de façon variable par les organismes du **zooplancton** (référence 10).

Constitué de **3** groupes principaux,

- les Cladocères,
- les Copépodes,
- les Rotifères

ils sont ubiquistes au niveau du régime alimentaire.

La plupart des représentants du zooplancton sont herbivores, détritivores et occasionnellement carnivores.

A partir du moment où l'oxygène est présent (condition sine qua non de leur développement), ils sont donc présents au rythme des "saisons", des conditions du milieu et de la "nourriture" disponible.

Ils ne créent pas, à proprement parler, de nouvelles matières organiques, mais "réaménagent" la matière produite par les autotrophes. Ce sont donc des "chemo-organo-hétérotrophes" qui utilisent des composants organiques comme source de carbone et d'électrons. A ce titre, ils ne se distinguent des bactéries hétérotrophes aérobies que par la nature particulière des matières organiques ingérées alors que les bactéries exploitent surtout la fraction dissoute (réf. 6).

D'une manière générale, les relevés faits et référencés ci-dessus démontrent une **grande variabilité** de la présence de zooplancton depuis la quasi absence jusqu'à la "très très forte densité".

Les fortes à très forte densités s'observent le plus souvent, et c'est normal, dans les traits de surface alors que les traits verticaux montrent proportionnellement une densité plus faible.

Un rapide examen des représentants du zooplancton montre la prépondérance :

- des Cladocères : Daphnidae, Bosminidae
- des Copépodes : Calanoïdes, Cyclopoïdes

Les Rotifères sont proportionnellement beaucoup moins représentés.

Par rapport à ce que l'on sait de l'éthologie du zooplancton, on relève (avec la prudence qui convient) une certaine cohérence avec ce que l'on a dit plus haut de la prédominance de l'échelon bactérien dans l'écologie superficielle du réservoir.

En effet, les Cladocères et, à un degré moindre, les Copépodes (les Rotifères ayant de piètres "performances" à cet égard) sont reconnus comme **d'importants "brouteurs" de bactéries libres**. La probable importance de la représentation de l'échelon bactérien, (bactérioplancton autotrophe et hétérotrophe) pourrait ainsi influencer la nature des peuplements de zooplancton dans le sens observé par les mesures.

Bien sûr, cet ensemble de constatations empiriques, fondées sur la bibliographie et les phénomènes biochimiques relevés dans le réservoir, devrait être "consolidé" par des mesures adaptées.

Une autre constatation va dans ce sens : la représentation parfois marquée des **Protozoaires, Ciliés notamment**, dont on sait qu'ils exercent une prédation importante à l'encontre des peuplements bactériens lorsque ceux-ci sont denses.

Le broutage du bactério-plancton permet ainsi une réintégration rapide des matières détritiques (dont les pelotes fécales secrétées par le zooplancton) assimilées par ce dernier, contribuant à l'achèvement de la boucle microbienne.

La **typologie biocénotique** du réservoir semble ainsi se dessiner peu à peu et obéit en fin de compte à une logique d'ensemble dictée par les conditions environnementales très spécifiques créées dans le réservoir.

• **Les poissons** composent une représentation importante de l'échelon des **consommateurs**.

La mise en eau du réservoir est sans doute trop récente pour apprécier sur le long terme l'évolution des peuplements piscicoles.

Si l'on a pu observer une sorte **d'explosion de certaines espèces** parce que la mise en eau a permis la colonisation d'une très importante surface offerte aux peuplements, il est assuré que ceux-ci ne se maintiennent que dans une couche très superficielle, comme le fait aussi le cortège des organismes d'accompagnement, également consommateurs, que sont les invertébrés en particulier, qui se satisfont des conditions créées en surface et dont les poissons se nourrissent.

Certes, du fait de la faible productivité naturelle des eaux, l'essentiel de l'alimentation des poissons des rivières guyanaises provient des milieux marginaux, lorsque, en saison des pluies, ils peuvent avoir accès aux sous-bois inondés, source de nourriture à partir des éléments fournis par la végétation. Cette limitation d'accès saisonnière à leurs sources de nourriture semble orchestrer la vie des poissons, de la même façon que l'alternance hiver-été le fait pour les poissons des zones tempérées (réf. 11).

Le taux de croissance dépend de la durée de cette submersion, période durant laquelle se constituent des réserves de graisse pour la saison sèche.

Adaptés à cette alternance "crue-décrue", les peuplements évoluent dans un milieu non désaturé en oxygène ; Le "gain" du fait de l'aménagement d'une importante surface en eau offerte aux communautés piscicoles peut amener à penser qu'on va de la sorte favoriser leur développement, en leur donnant accès de manière permanente à un immense "réservoir" de nourriture. Toutefois, la **cassure** du cycle "crue-décrue" auquel les peuplements étaient asservis, le caractère très inhospitalier de l'essentiel de la masse d'eau constituée influenceront significativement leur nature dans le sens d'un **très probable appauvrissement** de la diversité d'origine.

Seules pourront se développer les espèces capables de dérouler la totalité des phases de leur cycle biologique (nutrition, reproduction, abri) dans un espace **strictement confiné** aux couches les plus superficielles du réservoir, sans que l'on sache encore vraiment de quelle manière et jusqu'à quel point la modification de l'hydrodynamisme initial va influencer la composition des communautés.

Il est cependant à peu près garanti que; quelle qu'en soit la nature, les peuplements piscicoles qui se développeront durablement dans le réservoir le feront d'une manière **quasiment totalement déconnectée** (à l'inverse des hydrosystèmes eufonctionnels) des mécanismes et communautés biologiques qui y prendront place.

Il est ainsi possible de conclure comme ci-après sur le Statut Ecologique Global du réservoir : la forte dysfonctionnalité et la cacotrophie qui le caractérisent aboutissent à l'instauration d'un hydrosystème entièrement dominé par les **décomposeurs hétérotrophes anaérobies** (dominante DHA), rares organismes capables de s'accomoder à de telles conditions.

D'une manière accessoire, sans entretenir de relation de dépendance fonctionnelle avec l'échelon dominant des DHA mais pouvant en subir l'influence, et comme si celui-ci autorisait leur développement à faible échelle, les **producteurs** sont représentés en une couche de surface de très faible épaisseur et qui a la particularité d'être probablement à dominante de **bactérioplancton** vis-à-vis duquel le contexte environnemental général est plus favorable.

Les **consommateurs** sont représentés par des groupes spécialisés de **zooplancton** et protozoaires, sans doute asservis aux peuplements bactériens très largement représentés et de **poissons**, dont l'espace d'évolution ne pourra être que fortement confiné à l'extrême couche de surface, et qui, probablement, vivront plus des ressources des milieux annexes que de matériel biologique pélagique (zoopl, algues, bactéries, ciliés).

C'est un système globalement très fortement **désolidaire** entre ses composantes biocénétiques, si on le compare à un système eufonctionnel où une très forte **solidarité** surface-fond d'une part et producteur - consommateur - décomposeur d'autre part caractérise le Statut Ecologique Global.

La dominante DHA "**écrase**" complètement l'équilibre biocénotique ; elle s'exprime sans avoir besoin de recourir aux niveaux préalables des producteurs et consommateurs dont pourtant elle dépend en milieu eu fonctionnel.

Ce Statut Ecologique global tout à fait particulier, globalement peu "gratifiant" et totalement "anthropogène" (engendré par l'action de l'homme) peut être représenté comme suit

On n'est même plus en situation de dysfonctionnalité hypertrophe (comme illustré plus haut) qui se caractérise par l'explosion du niveau des producteurs ; on est dans une situation exceptionnellement rencontrée en milieu naturel d'"**hyperanoxie**", c'est-à-dire de création ex nihilo d'un réservoir assimilable à un réacteur (= marmite) géant à ciel ouvert, où la cacotrophie et la dyscaco-fonctionnalité "entretiennent" un déséquilibre trophique tel que la **décomposition anoxique** envahit complètement, et détermine fondamentalement, tout l'hydrosystème .

Bien évidemment le **cortège "classique"** des effets biochimiques connexes propres à toute situation d'anaérobiose s'exprime sans contrainte : **libération généralisée**, car favorisée par les conditions réductrices qui règnent dans la masse d'eau, d'une série de métaux et métalloïdes comme le fer, le manganèse, le phosphore... qui s'ajoutent aux ingrédients résultants de la décomposition anaérobie.

Particulièrement gênantes et redoutées en milieu eu fonctionnel, ces manifestations n'ont, dans l'eau du réservoir, qu'une influence mineure sur le Statut Ecologique Global. Seuls sont posés les problèmes du destockage dans le fleuve d'éléments tels que le fer et le manganèse qui figurent dans la famille des compétiteurs pour l'oxygène dissous et de l'impact des conditions créées sur le **mercure**, présent du fait d'une activité d'orpaillage largement pratiquée sur le site de l'aménagement.

Ce Statut Ecologique Global, initialement installé et constaté, va-t-il (peut-il) évoluer ? L'anoxie (ou la forte hypoxie) peut-elle régresser, la couche oxydée de surface a-t-elle quelque chance de s'épaissir (phénomènes pas obligatoirement corrélés d'ailleurs) ? Peut-il en résulter l'installation d'un édifice biologique plus solidaire entre ses composants et répondant mieux à l'image que l'on se fait de la vie biologique d'un hydrosystème naturel ?

La réponse à ces diverses questions est bien difficile.

Il existe tout d'abord une situation incontournable et figée de **dys-cacofonctionnalité** - qui influencera durablement la nature de l'équilibre biologique futur, le point le plus négatif étant certainement la permanence de la stratification thermique (hors évènement "chamboulant" toute la masse d'eau) qui n'autorise pas une régénération naturelle, via le brassage des eaux de fond et leur réensemencement périodique et régulier en oxygène dissous, qu'on observe assez régulièrement (même s'il n'est pas toujours complet) en d'autres situations climatiques.

Cette caractéristique due à la climatologie et à l'insuffisance des écarts thermiques saisonniers est aggravée par la faible influence du vent et de la réaération de surface qu'il induit.

Il est donc **exclu** de voir un jour se développer dans la masse d'eau un édifice biologique en équilibre, parfaitement et harmonieusement représenté selon ses 3 composantes essentielles vues plus haut et constituant le triplet (P-C-D) ou (P-T-R).

Une éventuelle modification du Statut Ecologique Global initial est donc totalement sous la dépendance du **Niveau Trophique** et de l'évolution du statut de **cacotrophie** fait en diagnostic initial.

On l'a dit plus haut, il existe en l'état actuel du réservoir, **3** sources essentielles (et importantes) de matière organique à l'origine de l'anoxie constatée :

- la végétation herbacée et ligneuse sur pied
- la litière accumulée à sa base
- la matière organique dissoute et particulière provenant des apports allochtones.

Les 2 premières sources, autochtones, et représentant un stock fini, devraient pouvoir être peu à peu "consommées" et de ce fait entretenir pour longtemps le statut d'anoxie.

Il faut rappeler en effet l'estimation faite de **10 Mm³** de bois sur pied envoyés par l'aménagement et de **23 t/ha** de végétation immergée "rapidement dégradable", c'est-à-dire à l'échelle de la décennie et regroupant masse foliaire + plantules d'espèces arborescentes + lianes + palmiers (réf. 12).

A ce chiffre il convient d'ajouter **8 t/ha** de litière déposée elle aussi, sans doute, "rapidement dégradable".

Début juillet 1995, près de 230 km² de forêt étaient noyées ce qui aboutit à une évaluation, hors litière, de près de **500.000 t** de végétation "rapidement dégradable" chiffre supposé représenter "**8 % de la biomasse totale végétale immergée**, compte non tenu du carbone du sol et des systèmes racinaires" (réf. 12).

A vrai dire, et tenant compte de toutes les formes de biomasse dégradable, aérienne et déposée, et de la superficie totale subissant, même temporairement, la submersion (300 km²), c'est probablement près de **1 Mt** de végétation potentiellement dégradable qui sont concernées.

S'il est vrai que, par nature, certaines formes de matière organique (masse foliaire, plantules jeunes, végétation non ligneuse ...) sont plus aisément dégradables que d'autres plus réfractaires, il ne faut pas en conclure pour autant que seules ces formes subiront la dégradation.

Des relevés par plongée ont montré, **dès la fin de l'année 1994**, que "toute la végétation rapidement dégradable aurait disparu de la colonne d'eau" (réf. 12).

Ça ne s'est pas traduit pour autant par une amélioration à cette date du statut du milieu au regard de l'oxygène et du méthane notamment.

On met là le doigt sur une incertitude forte et qui va conditionner le Statut Ecologique Global à venir :

Au-delà des biomasses en jeu, allochtones et autochtones, dont on sait qu'elles sont considérables, quelles dynamiques de dégradation vont-elles se développer, compte tenu

de la "typologie" d'origine, très diversifiée, de ce que l'on regroupe peut être de manière un peu trop agrégée sous l'appellation de matière organique ?

En tout état de cause, et même si leur "labilité" est extrêmement variable, la plupart des formes de MO sont affectées par un processus de dégradation plus ou moins évoluée : seules les grumes de forte densité sont, dans l'eau, quasiment imputrescibles.

Aussi, l'ensemble des simulations faites en ne considérant que la "biomasse végétale immergée rapidement dégradable" est-il entaché d'une relative incertitude et risque-t-il de conduire à une projection trop optimiste de la situation à venir. Comme dit le rapport sus-cité : "la retenue n'a pas dit son dernier mot".

Déjà la minéralisation du million de tonnes de végétation immergée dégradable équivaut à une consommation de 1,25 Mt d'oxygène. Rappelons que le stock théorique **maximal** d'oxygène "emmagasinerable" dans le réservoir est au plus de **30.000** tonnes.

Retenant ce chiffre de 1 Mt de matière organique immergée rapidement dégradable, cela représente en conditions d'anoxie une "production" potentielle de **240.000** tonnes de méthane et **76.000** tonnes d'ammoniac.

Ceci posé, il reste **deux** sources additionnelles de matière organique dont il faut se préoccuper :

1. - la **matière organique allochtone**, qui, à l'inverse de la matière organique autochtone, représente une source "infinie" (non finie) d'apports au réservoir. Comme dit plus haut, et même si on ne dispose pas de mesures spécifiques de ses constituants, les flux annuels entrants sont importants (120.000 à 170.000 t de DCO). Assez fortement thermolabile, cette matière organique, et notamment sa fraction dissoute, constitueront une source permanente d'alimentation organique contribuant à entretenir la "dys-caco"-trophie.

2. - la **matière organique autochtone néoformée**, c'est-à-dire celle qui est susceptible de coloniser les espaces, fixes ou mouvants, nouvellement créés par l'aménagement. **2** "menaces" sont à cet égard à craindre

- la **colonisation par les Macrophytes** des espaces de faible profondeur, où le système racinaire trouvera des conditions appropriées à son implantation. S'agissant pour l'essentiel de végétaux "**hélophytes**" (c'est-à-dire qui développent leur fonction chlorophyllienne et leur reproduction à l'air, à l'inverse des végétaux "hydrophytes" qui, eux, les développent dans l'eau), ils ne contribuent **en aucune façon** au bilan oxygène dissous du réservoir (sous l'angle de son amélioration).

Par contre, ils accroissent parfois de manière considérable (exemple des jacinthes d'eau), la biomasse organique, subissant à sa mort la décomposition hétérotrophe.

Il est difficile de savoir pourquoi, à ce jour, ces macrophytes rivulaires ne se sont pas développés, compte tenu d'un énorme développement du linéaire de rive. Il est vrai que la

mise en eau est très récente. Peut-être aussi est-ce dû au fait que l'anoxie subsuperficielle généralisée et très rapidement installée ne crée pas les conditions propices à l'enracinement.

Pour l'avenir, il paraît fondamental d'élucider ce point

- De manière plus générale, la **végétalisation de l'espace marnant**. A Petit Saut, près **d'un tiers** de la surface du plan d'eau est marnante, au rythme des apports en eau et de la gestion de l'aménagement. Cela représente quelque **10.000 ha** !

Quoiqu'inhospitalier du fait de ce marnage, cet espace est directement "offert" à des espèces capables de s'adapter à l'alternance exondation inondation.

S'il est vrai que sous nos climats tempérés, un risque de cette nature n'est quasiment pas à craindre (ce qui ne signifie pas qu'une revégétalisation raisonnée et bien gérée des berges de réservoirs marnants soit vouée à l'échec), on ne sait pas réellement quelle peut en être la nature dans les conditions environnementales propres à Petit Saut.

Quel que soit toutefois le mode d'expression dans le futur de cette "menace", il ne pourra de toute façon que contribuer à **enrichir un peu plus** un "stock" de matière organique, autochtone et allochtone, qui est considérable. Celui-ci entretiendra pour longtemps les conditions environnementales générales déjà constatées. On ne voit pas réellement ce qui pourrait justifier qu'il en aille autrement, même si on peut ardemment le souhaiter.

Le schéma fonctionnel ci-dessus du Statut Ecologique Global actuel peut donc être "**projeté**" sans grand risque dans l'avenir.

Il y aurait lieu par conséquent d'orienter le programme de surveillance dans un sens adapté aux cinétiques, réactions biochimiques, compartiments biocénétiques qui prédominent.

Au-delà de cette perspective d'évolution sur le moyen et le long terme, il reste la probabilité de la **survenue d'un épisode** ou incident tel qu'une **très forte crue**, à l'inverse, un étiage très prononcé ou l' "**explosion d'hydrogène sulfuré**" soulignée comme une éventualité à ne pas sous estimer (réf. 13).

Comme dit plus haut, il y a beaucoup à craindre des désordres que créerait une crue violente qui remettrait en circulation et brasserait toute la masse d'eau.

Le fragile édifice biologique de surface qui a pu s'installer, image certes rudimentaire et confinée d'un édifice biologique de milieu eufonctionnel (avec représentation d'une relation Production autotrophe - Consommation hétérotrophe) risque d'être rompu par

l'invasion de l'anoxie de toute la masse d'eau (avec les conséquences sur l'aval qui en résulteraient).

Il en irait de même au cas où un important dégagement d'hydrogène sulfuré surviendrait.

L'impression générale est donc celle d'une **grande vulnérabilité** d'un hydrosystème dont les caractéristiques environnementales de fond n'ont pas de raison d'évoluer significativement à court terme et où malgré tout a pu se développer dans l'extrême couche superficielle, et comme "assis" sur un matelas hypolimnique en totale anaérobiose, un rudiment de réseau trophique plus proche des formes que revêt la vie dans les milieux stagnants aux conditions moins extrêmes.

III.2. La qualité du fleuve Sinnamary

Le cours aval de Sinnamary, depuis l'aménagement jusqu'à l'embouchure, développe quelque 67 km dont 40 jusqu'à Pointe-Combi où se situe le début de l'estuaire

On relève sur le tracé les "points singuliers" suivants :

| Point Singulier | pk par rapport à l'aménagement | Caractéristiques |
|---|--------------------------------|--|
| Confluence canal de fuite évacuateur de fond | 1 | |
| Kerenroch | 8 | saut naturel rapide début du mélange |
| Crique Chapeau | 12 | confluence |
| Cirque Vénus | 23 | confluence |
| Roche Bravo | 31 | point intermédiaire de mesures |
| Pointe Combi | 40 | début de l'estuaire |
| Estuaire | 48 à 65 | -- |
| Embouchure | 67 | -- |

En termes de situation hydraulique, le fleuve et les caractéristiques qui l'influencent peuvent être représentés schématiquement comme suit :

Le système apparaît donc comme triplement influencé

- par **l'aménagement** à travers

- la qualité de l'eau emmagasinée dont il est à l'origine
- les dispositifs d'amélioration de celle-ci mis en place à l'aval proche des groupes
- les diverses possibilités de "jouer" dans certaines limites, en matière de destockage de l'eau emmagasinée

- par **l'hydrologie**,

- **d'amont** et notamment les épisodes extrêmes, de crue et d'étiage, qui influencent la qualité de l'eau emmagasinée
- **intermédiaire**, grâce aux apports en eau des criques Chapeau et Vénus notamment, bénéfiques au plan de l'amélioration de la qualité générale mais soumises aux mêmes aléas climatiques que le réservoir et les apports qui l'alimentent

- par **la marée hydraulique**, et les cycles qui lui sont propres dont l'amplitude affecte le temps de séjour de l'eau dans l'estuaire.

Arrivant fortement désoxygénée à Pointe Combi, l'eau est susceptible de résider dans l'estuaire pendant un temps suffisamment long pour que puissent se poursuivre les processus de consommation de l'oxygène dissous résiduel.

Il est vrai qu'à ce niveau là du cours du fleuve, l'influence "marine" doit masquer assez fortement le statut d'ensemble du milieu et estomper l'influence du barrage.

Les diverses possibilités de "jouer" en matière de destockage de l'eau emmagasinée et qui sont évoquées ci-dessus sont :

- **les évacuateurs de fond** dont la configuration est propice à une nette amélioration de la qualité de l'eau car elle provoque à la fois dégazage des gaz dissous produits dans le réservoir et oxygénation forcée de l'eau
- **le clapet de surface**, situé côté groupes et qui peut fonctionner à partir de la cote 30,50 m.

A son pied l'eau est saturée en oxygène.

Quoique "capable" d'évacuer un débit limité, il affecte par construction la couche superficielle du réservoir qui présente, de loin, la qualité la meilleure.

- **les groupes**, au nombre de 4, d'un débit d'équipement unitaire de 110 m³/sec (capacité maximum de turbinage : 440 m³/sec) et totalisant une puissance de **116 MW** (hauteur de chute comprise entre 27,30 m et 30,80 m selon les cotes minimale et maximale d'exploitation de l'eau dans le réservoir qui sont respectivement de 31,50 et 35 m).

Ils "évacuent" une eau dont la qualité constatée à l'aval s'apparente à la moyenne de celle de la couche allant de 0 à 15-20 m de profondeur. Ceci traduit une certaine efficacité de la digue de 20 m ennoyée à quelque 70 m à l'amont du barrage.

C'est sur la base du constat d' "inacceptabilité" au plan de la qualité du Sinnamary, fait au moment des premiers essais de turbinage, qu'ont été conçus et mis en place en urgence, les dispositifs de réoxygénation - dégazage (bullage et seuil déversant) à l'aval proche des groupes.

La question de fond qui est dorénavant posée est **l'optimisation des modes possibles de restitution**, via l'évacuateur de fond et les groupes, de l'eau emmagasinée satisfaisant l'objectif de qualité fixé à Pointe-Combi sans compromettre l'équilibre hydrologique et économique de l'aménagement, c'est-à-dire permettant de faire l'économie du seuil déversant (qui fait perdre environ 4 m de hauteur de chute) ou de tout autre dispositif d'amélioration de la qualité de l'eau destockée.

Est-ce possible ? ...

Bien évidemment; les dispositions à adopter à cet égard doivent pouvoir jouer en toute situation hydrologique.

L' "environnement" technico-économique de cette question clé est caractérisé par les **3** considérations suivantes :

- on vise, à terme, **le fonctionnement "à plein régime"** de l'aménagement, selon la demande en énergie (250, 300 puis 400 ? m³/s).

- les **aléas naturels** s'expriment au triple niveau

- des crues du Sinnamary
- des étiages évères annulant l'effet bénéfique des apports intermédiaires
- des marées hydrauliques de forte amplitude

- enfin, le contexte général est marqué d'une **forte incertitude** quant au **Statut Ecologique Global** du réservoir et à son éventuelle amélioration.

Le problème est, on le voit, hautement complexe ; les solutions ne s'expriment pas simplement.

A l'heure actuelle, ainsi que l'illustre le schéma ci-après (réf. 14) on est parvenu au prix d'efforts importants à respecter à peu près la "norme" des **2 mg/l** l'oxygène dissous à tout instant à Pointe Combi.

Cette norme est assez peu ambitieuse, il faut bien le reconnaître, au regard des exigences écologiques des biocénoses aquatiques.

Mais ce résultat, fragile, est obtenu dans des conditions d'exploitation assez éloignées de l'optimum visé : débit turbiné : 100 m³/s ; appoint du seuil deversant ; débit évacué par les vannes de fond qui peut être parfois important.

On est par ailleurs dans des conditions favorables de régime hydrologique médian (pas de fortes crues, apports intermédiaires soutenus) et de plus, on bénéficie de l'efficacité du système "bulleurs-seuil".

Celle-ci est en effet avérée comme en attestent les chiffres suivants (juillet 1995) (réf. 13) :

| concentrations | O ₂ | CH ₄ |
|----------------|----------------|-----------------|
| amont seuils | 2 | 7,6 |

| | | |
|--------------|-----|--------|
| aval seuils | 7,3 | 1,3 |
| Pointe Combi | 3,2 | traces |

Il a été noté au passage que la valeur ajoutée du système de bullage est faible au regard de celle des seuils déversants.

Que dire d'abord des différents "compartiments" chimiques déversés et susceptibles d'expliquer une consommation nette en oxygène dissous qui, sur les 40 km du barrage à Pointe-Combi, est de l'ordre de 4 à 5 mg/l ? (sans doute plus compte tenu de l'appoint non négligeable des apports intermédiaires à double effet : dilution et apport d'oxygène dissous).

Très grossièrement ils sont au nombre de 4

- les **gaz dissous** : CH₄ surtout et H₂S (un peu)
- **l'azote ammoniacal** sous forme ionisé
- les **métaux** dont Fe et Mn
- la **matière organique**

En considérant les données les plus récentes (juillet 1995) on constate les points suivants :

• **l'azote ammoniacal** ne subit pratiquement **aucune dégradation** sur le parcours du fleuve ainsi qu'en atteste le tableau suivant (en mg/l NH₄)

| | 28 juin 1995 | 12 juillet 1995 |
|-----------------------|--------------|-----------------|
| Petit Saut Chenal | 2,07 | 2,21 |
| Petit Saut aval seuil | 2,29 | 2,41 |
| Kerenroch | 2,38 | 2,65 |
| Pointe Combi | 2,10 | 1,83 |

Il n'y a donc pas de nitrification sur le parcours. A quoi est-ce dû ?

Tout se passe comme si, dans la compétition pour l'oxygène à laquelle se livrent les différents composés, certains apparaissent "affamés" d'oxygène à un point tel que la demande de l'azote ammoniacal ne pouvait s'exprimer tout au long des 2 jours nécessaires au transit de l'eau, à 100 m³/s, du barrage à Pointe Combi. C'est sans doute suffisant cependant pour que, dans les conditions de température et d'oxygène qui prévalent, un processus de nitrification puisse s'amorcer. A moins que des conditions spécifiques (pH ? dont la valeur est comprise entre 5,4 et 6,0) empêchant le développement et l'action des germes nitrifiants.

Or, on ne l'observe pas. Aux taux de départ (2 à 2,5 mg/l) la nitrification, si elle intervenait, consommerait **9 à 11** mg/l d'oxygène dissous, c'est-à-dire plus que le stock de départ, rehaussé par le seuil.

- le **fer** se comporte différemment.

Aux mêmes lieux et dates que ci-dessus on note

| Fe | 28.06.1995 | | 12.07.1995 | |
|--------------------------|------------|--------|------------|---------|
| | Fe ++ | Fe tot | Fe ++ | Fe tot. |
| Petit Saut chenal | 0,78 | 2,94 | 0,61 | 3,77 |
| Petit Saut aval seuil | 0,54 | 3,48 | 0,48 | 3,58 |
| Kerenroch | 0,24 | 4,02 | 0,09 | 3,69 |
| Pointe Combi | 0,06 | 3,13 | 0,07 | 3,44 |

Le **fer ferreux** diminue **significativement** (d'environ 90 %) de l'amont vers l'aval. Cette diminution est déjà très marquée dès **Kerenroch c'est-à-dire 8 km à l'aval** de l'aménagement.

Le profil en long type ci-après assez représentatif **dans sa forme** sinon dans ses valeurs absolues de l'évolution moyenne du taux d'oxygène dissous dans le fleuve montre qu'en effet, sur ce tronçon, la moitié environ de la consommation s'effectue entre Petit Saut et Kerenroch. C'est donc un phénomène très rapide qui s'installe (réf. 9).

Il est donc avéré que le **fer** ferreux est l'un des compétiteurs pour l'oxygène satisfaisant très vite sa demande ; sans doute évolue-t-il classiquement vers une forme précipitée **d'hydroxyde ferrique**, ainsi qu'on l'observe dans nombre de situations analogues où dès l'exutoire, des dépôts couleur rouille de ce composé sont observés. C'est le cas à Petit Saut, où le site aval est très marqué de couleur rouille qui ne semble pas devoir être imputée à

la latérite. En termes d'équilibre chimique et de quantité d'oxygène nécessaire à cette transformation, elle obéit à l'équation suivante :

On voit qu'il faut **16 g** d'oxygène pour transformer **112 g** de fer. Appliqué au contexte de Petit Saut, on en déduit une consommation **très faible** d'oxygène sur le tronçon, liée à ce processus : de l'ordre de 0,1 mg/l.

Il est vrai que la méthodologie analytique utilisée pour révéler le fer ferreux doit être regardée avec prudence : cf. à cet égard les résultats respectifs obtenus dans le réservoir à Petit Saut 1, à 8 jours d'intervalle (3 et 11 juillet 1995) à forte discordance. Il est probable qu'au vu de ce que l'on observe à l'aval, le fer ferreux soit relâché en quantités plus importantes que celles relevées.

• La **matière organique**, mesurée à travers la DCO ne peut être considérée comme évoluant significativement à la baisse, au contraire. Les résultats ci-après en attestent

| | 28.06.1995 | 12.07.1995 |
|--------------------------|------------|------------|
| Petit Saut Chenal | 29,13 | 15,71 |
| Petit Saut aval seuil | 21,36 | 17,14 |
| Kerenroch | 23,3 | 15,24 |
| Pointe Combi | 21,36 | 20,95 |

Le 28 juin on retrouve à Pointe Combi une valeur strictement identique à celle relevée à l'aval immédiat du seuil. Le 12 juillet, elle est supérieure à Pointe Combi.

L'hypothèse d'un transit sans dégradation manifeste est avérée. A quoi est due cette situation ? L'autoépuration est-elle inhibée par les conditions ambiantes, la présence de toxiques ? Autres question posées.

L'augmentation à Pointe Combi observée le 12 juillet peut s'expliquer par les apports intermédiaires et leur propre concentration "naturelle" en matière organique dissoute et particulaire.

Les gaz dissous apparaissent bien comme les **principaux responsables** de la consommation d'oxygène dissous relevée sur le tronçon. Ce constat a été démontré dans un travail spécialement dédié à confirmer cette hypothèse (réf. 15).

Sachant comme on l'a vu qu'un gramme de méthane nécessite 4 g d'oxygène dissous pour sa transformation en CO₂, et reprenant les chiffres les plus récents à disposition cités ci-dessus à savoir (en mg/l) :

| | Amont seuil | Amont seuil | Pointe Combi |
|-----------------|-------------|-------------|--------------|
| CH ₄ | 7,6 | 1,26 | traces |
| O ₂ | 2 | 7,3 | 3;2 |

on retrouve une cohérence parfaite avec cette hypothèse de consommation. Il est donc probable que le **méthane** est, avec le fer ferreux, le **principal consommateur** d'oxygène dans le fleuve.

3 remarques s'imposent à ce niveau

1) l'efficacité démontrée du seuil tant au plan de la **réaération** qu'à celui du **dégazage**

2) la probable faible amplitude du **dégazage** sur le tronçon qui, si elle se produisait, "économiserait" l'oxygène dissous. Parvenant "**à l'air libre**" (à la pression atmosphérique), il ne semble pas que le méthane "dégaze" naturellement de manière importante. Quid, alors, de la loi de Henry ?

3) la **réaération de surface** (que traduit le fameux coefficient K₂ des modèles) pose le problème de son influence dans le contexte et de la validité des formules usuelles.

Celles-ci expriment K₂ sous la forme $K_2 : a \frac{V}{H}$

où V est la vitesse et H la profondeur.

Avec des valeurs de ces paramètres de 25 cm/sec et de 2,5 m, les formules usuelles fournissent une valeur de K₂ de l'ordre de **0,6 jour⁻¹**

La réaération de surface, égale à K₂ (C_s - C) où C_s est la concentration à saturation et C la concentration observée, fournirait, à Roche Bravo par exemple, c'est-à-dire à 30 km du barrage où (C_s - C) est de l'ordre de 4 mg/l, un appoint de 2,4 mg/l/jour c'est-à-dire un appoint non négligeable **qui ne semble pas être observé**.

Bien que cette approche rapide mérite d'être confortée par un examen spécifique, il est à peu près avéré que les formulations classiques en matière de réaération de surface, pour l'essentiel établies en conditions tempérées, **ne s'appliquent pas dans le contexte de**

Petit Saut. Il est probable qu'elles surestiment en effet la valeur de K2. C'est là une remarque intéressante pour l'orientation des programmes de recherche appliquée et de suivi souhaitables.

On conclut de cette analyse que le respect de la contrainte de **2 mg/l** d'oxygène dissous à Pointe Combi suppose une limitation à **5 mg/l** au plus de sa consommation sur le tronçon et donc

1 - une **concentration "de départ"** (aval immédiat de l'aménagement) d'au moins **7 mg/l**

2 - une **concentration de méthane** au même endroit **n'excédant pas 1,25 mg/l**.

Peut-on raisonnablement espérer atteindre ces conditions en fonctionnement "normal" (300 à 400 m³/s turbinés) et sans l'appoint du seuil ? Si oui, à quelle échéance ?

L'optimum de gestion visé, à savoir

- Q turbiné (QTU) le plus élevé possible
- Combinaison optimale du rapport $\frac{Q \text{ évac. de fond}}{QTU}$ $\frac{QEF}{QTU}$
- suppression du seuil aval

ne peut être atteint si le méthane est présent dans l'eau destockée.

Il faut savoir en effet qu'au-delà de 200 à 250 m³/s, l'effet bénéfique du remous créé au niveau de l'évacuateur de fond perd de son efficacité.

En prenant l'hypothèse d'un QTU = 300 m³/s et d'un QEF = 200 m³/s avec 90 % de rendement de dégazage à l'évacuateur et saturation en oxygène dissous, on obtient au mélange seulement opéré à Kerenroch, c'est-à-dire 8 km à l'aval (problème du statut de la moitié droite du fleuve) les résultats ci-dessus illustrés, non satisfaisants.

Avec des valeurs de méthane et d'oxygène respectivement égales à 5 mg/l et 2 mg/l au niveau des groupes, ces mêmes taux s'établissent à Kerenroch à 3,4 mg/l de méthane et 4,4 mg/l d'oxygène ce qui n'est pas satisfaisant non plus.

En tout état de cause, un **QEF appréciable** sera toujours nécessaire au seul regard de la **réoxygénation qu'opère le remous**.

En effet, à supposer même que le Statut Ecologique Global du réservoir évolue favorablement, le statut d' "oxygène dissous" qui le caractérise ne sera jamais mirobolant pour la triple raison qui suit :

1 - l'oxygène dissous du réservoir a un origine **essentiellement biogénique**, c'est-à-dire qu'il provient de la production autotrophe des algues et des bactéries à la quasi exclusion de toute autre origine.

2 - à ce titre, ses taux sont, dans l'eau, **hautement erratiques** et sous la double dépendance

- de l'ensoleillement
- du rythme jour/nuit

3 - enfin, la **transparence naturelle**, très faible, de l'eau, empêche de considérer que la couche oxydée puisse excéder l'épaisseur maximum actuellement constatée **c'est-à-dire 3 m**.

Compte tenu d'une dynamique de soutirage par les groupes qui affecte une épaisseur appréciable de la masse d'eau et du maintien probable et durable d'une forte hypoxie dans une épaisse couche de fond, il n'y a pas à attendre, sans "aide" extérieure, une alimentation soutenue et régulière en oxygène dissous de la tête du fleuve.

Le destockage par les évacuateurs de fond, en régime d'exploitation, proche du maximum apparaît donc inéluctable, il a ses limites.

En crue en particulier (ou pour des débits destockés supérieurs à 300 m³/s), il affecte, par le remous qu'il crée, le rendement du seuil déversant.

Il doit être adjoind d'un dispositif connexe jouant un rôle analogue au niveau du chenal afin de créer à l'aval du barrage (et pas seulement à Kerenroch 8 km plus loin) les conditions initiales permettant de garantir l'objectif de qualité fixé à Pointe Combi.

Existe-t-il un substitut technique au seuil déversant (qui grève le rendement hydraulique donc économique de l'aménagement) ayant des "performances" analogues ? La question est posée.

Le caractère nécessaire de cet aménagement connexe paraît néanmoins démontré. A supposer même que l' "améthanogénèse" dans le réservoir devienne la règle, ce qui implique la substitution totale d'un statut d'hypoxie à celui d'anoxie, il restera posé le problème des **autres compétiteurs d'oxygène**, latents et qui peuvent s'exprimer dès lors que le statut du fleuve au regard du méthane aura changé (azote ammoniacal en particulier).

En tout état de cause; la production de gaz dissous dans l'eau du réservoir est inéluctable : c'est la caractéristique de tout lac acide. Il faut donc gérer en tenant compte de cette contrainte.

De son côté **l'oxygène dissous** sera soumis à de fortes variations notamment temporelles, et sa production restera confinée à la surface. Son taux aura donc à être soutenu **en permanence**.

Réoxygénation et dégazage sont par conséquent les éléments obligés d'une stratégie pérenne de gestion

Ils le seront d'autant plus qu'on affiche peu d'ambition au niveau de l'objectif de qualité fixé à Pointe Combi (comment les peuplements vivent-ils d'ailleurs cette situation ?) (sera-t-on amené à le revoir un jour selon les exigences biocénotiques mieux connues ?) et que le raisonnement "moyen" conduit ci-dessus n'a plus de valeur en conditions extrêmes.

En fortes crues du Sinnamary par exemple, le risque est important d'une **remise en suspension généralisée** de l'eau et des dépôts benthiques du réservoir, créant des conditions de milieu particulièrement mauvaises se répercutant sur l'aval, même si alors le temps de transit de l'eau jusqu'à Pointe Combi se réduit à 1 jour.

Les relevés les plus récents montrent qu'en dépit de débits restitués élevés, correspondant à des temps de séjour raccourcis dans le tronçon aval, on observe néanmoins une consommation d'oxygène de Petit Saut à Pointe Combi de l'ordre de grandeur de celle relevée en conditions de débits plus faibles

| Date | Débit restitué | Consommation O ₂ |
|------|----------------|-----------------------------|
|------|----------------|-----------------------------|

| | | |
|----------|------------|------------|
| 29.07.95 | 210 | 2,6 |
| 31.07.95 | 820 | 2,6 |
| 2.08.95 | 203 | 4,3 |
| 3.08.95 | 303 | 2,4 |

Il serait intéressant de connaître les conditions initiales relativement aux taux de méthane.

Par ailleurs, lors de ces épisodes, l'efficacité du seuil déversant se réduit à proportion de l'importance du remous hydraulique qui s'installe.

Les étiages sévères conduisent à l'annulation des apports intermédiaires (crique Chapeau; crique Vénus) et des effets bénéfiques qui les caractérisent en termes de dilution et d'ensemencement en oxygène dissous.

Ces épisodes "péjorativement" les conditions moyennes décrites. Leur influence précise sur le statut de qualité du fleuve est à déterminer et les consignes de gestion à adapter en conséquence.

Il reste enfin le problème général lié à l' "amortissement" du cycle naturel" crues-décrués" qui caractérisait la situation d'avant.

Si peu d'observations sont à formuler quant à la pertinence du débit réservé (80 m³/s), que peut-on dire de l'impact, sur les biocénoses piscicoles en particulier, de ce lissage du régime hydrologique initial et qui surajoute ses effets à l'impact qualitatif ?

La réponse est déjà complexe en climat tempéré ; on imagine qu'elle l'est encore plus dans le contexte "Petit Saut" où le faible niveau de connaissance générale sur la biologie des espèces piscicoles originelles et leurs exigences spécifiques en matière d'habitat est la règle. Il serait souhaitable de mener les études comparées permettant de progresser en ce sens dans l'esprit en particulier des dispositions déjà arrêtés en métropole sur un certain nombre de sites sous l'influence d'un aménagement E.D.F. et que les S.D.A.G.E. ont reprises.

Elles consistent à tenter de préciser sur le long terme le concept général de **capacité d'accueil** offerte par le milieu influencé aux peuplements piscicoles à travers l'identification d'un certain nombre de déterminants-clé de leur habitat : la vitesse, la profondeur, la granulométrie ... Bien qu'à adapter dans la transposition, l'esprit de la démarche est le même ; il consiste à comprendre ce que peut être un statut écologique optimal du fleuve maintenant aménagé, et d'adapter en conséquence (ainsi d'ailleurs que cela se fait pour la qualité même si l'objectif visé est un minimum) les consignes de gestion tant au plan des éclusées qu'en matière d'hydrologie extrême : crues notamment.

IV - Conclusions générales

La **transformation écosystémique** liée à l'aménagement de Petit Saut est majeure ; on a substitué à un écosystème originel de forêt tropicale primaire drainée par un réseau hydrographique constituant l'habitat riche et diversifié d'un nombre très grand d'espèces autochtones de plantes et d'animaux un hydrosystème qui a si peu à voir avec le premier que l'appréciation d'un impact environnemental, au sens "mesure d'un écart entre deux situations biocénétiques qui relèvent d'une même typologie", n'a plus de sens.

Bien sûr la vie n'en est pas absente ; et l'on sait bien qu'elle colonise les milieux les plus inhospitaliers (grands fonds océaniques, grottes sans lumière, haute atmosphère, sources à très haute température ...) ; mais elle y revêt une forme particulièrement fruste qu'impose le statut d'anoxie quasi généralisée de la masse d'eau, où les processus de décomposition hétérotrophe anaérobie par des bactéries adaptées à ces conditions sont dominants.

En une mince pellicule de surface, se développe un édifice biologique un peu plus élaboré mais dont l'extension et la complexification seront toujours limitées par les contraintes de son environnement, tant aérien qu'aquatique.

On a considéré par conséquent que l'objectif **politique** d' "autonomisation" du territoire au regard de son approvisionnement énergétique était suffisamment impérieux pour que ce tribut fût payé, dont on a bien sûr tenté d'en prendre la mesure préalable afin d'en minimiser le coût.

Par certains côtés, les opérations conduites pour amoindrir les conséquences de l'aménagement sur l'environnement ont été remarquables ; c'est le cas du programme de sauvetage de la faune terrestre, source considérable de connaissances scientifiques de grande importance, ou de l'interdiction de l'activité d'orpaillage sur le site à l'origine, d'une manière générale d'ailleurs, et pas seulement à Petit Saut, d'inacceptables nuisances.

L'hydrosystème constitué cependant, réservoir et fleuve, est marqué d'une forte indigence écologique.

Sa composante "réservoir" notamment, qui constitue un "**bicouches non solidaires**", est une menace non écartée de dégradation, probablement durable, de la qualité de l'eau du fleuve.

Le recul est loin d'être suffisant pour qu'on ait la certitude de disposer de la maîtrise totale de celle-ci ; ni le statut écologique global final, ni les conditions "normales" de l'exploitation ne sont en effet établis. Tous deux d'ailleurs sont sous l'influence d'évènements hydrologiques susceptibles d'engendrer de graves désordres.

S'agissant de l'hydrosystème, la question à se poser compte tenu d'un "vécu" déjà hautement porteur d'incertitudes comportementales, obligeant à parer précipitamment aux manifestations observées et d'un avenir non moins incertain sur ce plan, est de savoir **en quoi** la démarche préalable d'appréhension globale du statut probable de ce milieu artificiellement créé a-t-elle été défailante, de manière à tirer le meilleur profit du "retour d'expérience" de Petit Saut.

Pour en juger, on dispose pour l'essentiel des prescriptions du décret du 18 mai 1989 autorisant l'aménagement et de ses annexes, notamment :

- la convention relative à la protection de l'environnement
- le cahier des charges de la concession

Dans le domaine de l'environnement aquatique seul, on y trouve **4** dispositions se rapportant aux préoccupations de la qualité du milieu et à la gestion prévisionnelle de l'aménagement.

1 - de manière prioritaire, la "garantie du maintien d'une teneur minimale en **oxygène dissous** de l'eau **à l'aval** de l'aménagement comme dans les **couches supérieures** de la retenue" : dur de garantir ce second point dans la mesure où l'on ne dispose d'aucun levier de commandes!

2 - la "recherche **d'espèces piscicoles** susceptibles de se développer dans la future retenue"

3 - la fixation à 100 m³/s en phase de remplissage, puis à 80 m³/s en phase d'exploitation du **débit minimal** laissé en rivière quel que soit le débit entrant.

4 - le principe d'un **suivi écologique** susceptible, au-delà d'un délai de 3 ans à compter de la mise en service de l'aménagement, et en cas "d'évolution significative du milieu" à laquelle il pourrait être "jugé opportun de remédier" par les autorités de tutelle, de conduire à une révision des modalités de gestion arrêtées en phase d'exploitation.

L'ensemble des autres prescriptions techniques, très dense, vise simplement à **décrire** ce milieu très particulier et à en connaître les spécificités afin de structurer le moment venu le suivi écologique.

L'impression d'ensemble est celle d'un effort de recherche considérable mais sans **construction logique** qui aurait pu, par exemple, suivre le cheminement adopté dans le présent rapport et rappelé ci-après :

Une démarche descriptive de ce type aurait sans doute permis de mieux cerner ce qu'allaient être les spécificités fonctionnelles du réservoir et par suite, du fleuve et gérer avec un peu plus d'anticipation une situation dont de nombreux éléments laissaient prévoir qu'elle allait être délicate.

En outre, une telle démarche structurée est de nature à orienter dans le bon sens les objectifs fondamentaux du suivi et de la gestion évitant une trop grande dilution des efforts.

C'est en définitive un défaut de réflexion et de coordination d'ensemble qui est à noter.

C'est aussi, sans doute, une confiance un peu trop excessive dans les **vertus prédictives de la modélisation**.

Si, lorsqu'on s'adresse à des processus où le hasard n'intervient pas et où le comportement du système est entièrement "**déterminé**" par les conditions aux limites propres aux différents "forçages" qui agissent sur son état (on qualifie pour cette raison de "déterministes" ces processus et les modèles qui en sont l'image mathématique), il est loin d'en être de même dès lors qu'on considère des processus dans lesquels intervient le vivant.

L'aléa en est alors la caractéristique principale et sont alors mises en jeu le plus souvent des cinétiques autrement plus complexes que celles des modèles déterministes.

Lorsque, qui plus est, comme c'était le cas à Petit Saut, on se trouve dans un contexte d'aménagement projeté, on doit forcément "faire l'impasse" sur la **phase initiale de calage vérification** dont l'objet est de "forger" l'outil sur la base de données observées (on se fixe comme objectif la reconstitution du passé, via le modèle dont, par le biais d'une série d' "essais-erreurs", on adapte la construction et les "performances" pour qu'il fournisse des valeurs des variables modélisées les plus proches possible de celles qui ont été mesurées), on mesure le risque pris, à s'appuyer sur une stratégie de cette nature.

A Petit Saut, tout, pour l'essentiel, a gravité autour de **l'oxygène dissous** et c'est sur cette **variable d'état** qu' a reposé toute la modélisation mise en jeu, supposée répondre à la question initiale suivante :

"Déboisement ou pas déboisement ", façon partielle de poser le problème-clé de la **matière organique** qui régit le Statut Ecologique Global tout entier, actuel et futur, de l'hydrosystème.

Si la formulation du problème peut paraître simpliste ainsi centrée sur **l'oxygène dissous** et son devenir probable, elle suppose cependant la mise en jeu d'une modélisation d'un **haut niveau de complexité**, compte tenu de l'extrême diversité des processus susceptibles d'interférer plus ou moins avec le statut du milieu au regard de cette variable.

C'est donc d'emblée, et à juste titre, car c'est bien la variable essentielle, à un niveau très haut d'ambition qu'on a situé le problème et prétendu y répondre (sachant qu'à cet égard, il peut en exister de différenciés selon la précision que l'on souhaite obtenir en retour et les moyens qu'on est prêt à y consacrer).

La principale "erreur", ainsi que l'illustre le schéma ci-dessous a été de passer **trop rapidement** de la formulation du problème au choix de l'outil supposé y répondre de la manière la plus pertinente

Au delà d'une formulation initiale quelque peu restrictive (problème du déboisement), un faisceau de contraintes et caractéristiques spécifiques à Petit Saut aurait dû inciter à la prudence quant à la façon d'opérer cette transition.

1 - **l'impasse obligée** de la phase "**calage-vérification**", on l'a vu, de nature, lorsqu'elle est achevée (ce qui est loin d'être simple) à sécuriser le modélisateur sur la "qualité générale" de son modèle et le risque alors pris à le faire jouer en mode "prédictif" c'est-à-dire pour simuler un état "à venir" mais non encore vécu.

2 - le **contexte climatique et physiographique** très spécifique de Petit Saut (au simple regard, par exemple, de la température, on sait bien qu'elle exerce un effet "dopant" sur des cinétiques plutôt léthargiques en climat tempéré), aurait dû être beaucoup mieux appréhendé quant à son impact possible sur les mécanismes, cinétiques et réactions biochimiques qui allaient se produire.

En particulier, l'objectif de simulation de l'oxygène imposait une analyse beaucoup plus poussée qu'elle ne l'a été de la **matière organique** principale consommatrice de l'oxygène dissous, en termes aussi bien de **quantité** (sans négliger toutes les origines) que de **nature** au regard de la "labilité.

3 - la **transposition "sans autre"**, d'un "know-how" incontestable mais **obtenu dans des conditions radicalement différentes** était, et s'est révélée, **hasardeuse**.

On a illustré ci-dessus, à travers l'exemple du coefficient K₂ de réaération superficielle, l'inadéquation des modèles "tempérés" aux conditions "tropicales". Bien d'autres mécanismes apparus dès la mise en eau ont surpris tant par **leur intensité** à l'exemple de la

rapidité d'installation de l'anoxie ou (cf. ci-dessus le discours sur la matière organique) de la **production de gaz dissous** que par **leur côté inattendu** comme l'importance probable du bactérioplancton, au niveau primaire notamment, dans le réservoir où l'absence de nitrification dans le fleuve.

Par ailleurs, des cinétiques qui se sont révélées essentielles comme la "production-décomposition" du méthane ne peuvent pas être simulées correctement **car on ne connaît pas les mécanismes réellement impliqués** dans cette dynamique, où la chimie et la biochimie conjuguent sans doute leurs effets. (*)

Il faut par conséquent avoir conscience de l'erreur faite à **s'en remettre beaucoup trop à la modélisation** (qui il faut bien le dire, dans le domaine du vivant, reste encore un jouet de spécialiste) dans le contexte à très haute incertitude qui était et est encore celui de Petit Saut.

Bien sûr, le "garde-fou" du vécu d'aménagements "analogues" a bien été actionné mais quel en fut (quel en est) le degré réel de similitude avec Petit Saut ? Les données disponibles permettent-elles une appréhension correcte des conditions et limites de la transposition ? Où fixer les bornes du "retour d'expérience" à en tirer ?

(*) Le problème se complique en outre par des considérations **d'ordre météorologique**, relatives à la mesure de ce gaz dissous, en profondeur en particulier.

Sans prétendre évidemment qu'elle eut permis de lever toutes les incertitudes, une étape intermédiaire essentielle a fait défaut : celle de la conduite d'une réflexion **organisée et globale** (il ne s'agit bien évidemment pas de dire qu'il n'y a pas eu de réflexion) suivant une logique analytique, et presque **"anatomique"**, de la nature de celle qu'on a tenté de développer tout au long de ce rapport, c'est-à-dire consistant à décomposer, puis décrire le mieux possible (quitte à orienter les investigations pour y répondre) les **déterminants fondamentaux** du statut fonctionnel d'abord, écologique ensuite, du milieu qu'on se proposait de créer avec bien sûr la part d'incertitude inéluctable d'une telle démarche mais sans doute ramenée à son minimum de fait de la globalité de cette réflexion.

Le choix d'investigations et outils de connaissances prévisionnelles pertinents en aurait naturellement découlé (il n'est pas évident qu'à ce titre la modélisation eût été retenue), qui auraient incontestablement abaissé l'aléa, créant ainsi des conditions de meilleur confort pour la gestion.

En définitive, et pour conclure sur ces réflexions d'ordre général, c'est bien d'une **vision globale** du problème qu'on a manqué ; elle seule aurait permis d'identifier risques

probables et points d'ombre à éclaircir ; elle seule aurait permis de définir sur **des bases réalistes** les objectifs raisonnables à se donner en terme de qualité générale du milieu et règles de gestion pour les satisfaire, avec bien sûr une **marge d'erreur** inhérente au caractère prédictif de la démarche, mais assortis néanmoins d'un **engagement fort de résultat de la part du pétitionnaire** dès lors que ces objectifs auraient été démontrés, formulés et agréés.

Pour celà, c'est **toute la mécanique de la conduite** du travail qui doit être repensée et, disant celà, on se projette vers l'avenir, dépassant le cas de Petit Saut, tout en s'appuyant sur l'expérience à en tirer.

L'organisation idéale est celle qui articule les éléments composants suivants :

1 - un **comité de pilotage**, organe essentiel de formulation et analyse des problèmes, **prise de décision, infléchissement stratégique**.

Sous une autorité incontestée à désigner, (en dehors du pétitionnaire bien sûr, la tutelle étant la plus appropriée) mais d'une composition très large il doit s'appuyer sur :

2 - un **conseil scientifique** à large spectre, mais **qui est là pour formuler des avis sur les questions posées par le Comité de pilotage** et non pas pour décider lui-même des orientations stratégiques à suivre ! Un (ou plus) des membres (dont le Président) fait partie du Comité de pilotage.

3 - Un **opérateur de terrain polyvalent** et permanent, chargé de toute l'organisation matérielle, logistique, technique et de la coordination des tâches de terrain à conduire, telles qu'elles ont été définies par le Comité de pilotage et agissant sous sa tutelle directe.

Elément pivot de toute la "stratégie terrain" il aurait autorité sur l'ensemble des personnels techniques mobilisés et serait responsable de la mise en forme et de la restitution devant le Conseil scientifique et le Comité de pilotage, des résultats des travaux.

Il est d'autant plus urgent de mettre en place cette organisation que la phase **"pionnière"** est maintenant achevée et que débute maintenant réellement la phase **de gestion** proprement dite de l'aménagement qui pose encore de multiples questions.

Il reste à orienter maintenant les investigations pour lever quelques interrogations fondamentales que le rapport n'a qu'esquissées (et qui devront influencer le suivi) et notamment

① la **matière organique** : origines, formes, quantités, labilité ... dans les conditions du réservoir.

Elle va conditionner l'importance et la pérennité de l'anoxie dans le fond du réservoir, qui est le **déterminant majeur** du Statut Ecologique Global.

Elle est à approcher sous 3 angles :

a) la **MO autochtone et la part de celle-ci qui va subir la minéralisation**. Les données d'ordre semi-quantitatif avancées par l'O.N.F. doivent être confirmées par des tests de dégradabilité ad hoc afin de préciser les stocks en cause,

b) la **MO autochtone néoformée**, c'est-à-dire le risque de colonisation d'espaces nouveaux, dont les espaces marnants, par une végétation qui y trouveraient les conditions de son développement.

L'objectif est d'anticiper sur l'occurrence de ce risque par l'analyse détaillée du milieu potentiellement colonisable confrontée aux exigences éthologiques des principales espèces végétales à risque,

c) la **MO allochtone** et son potentiel de minéralisation/dégradation.

Les étapes à suivre sont :

- identification détaillée de **toutes** les formes entrant dans le réservoir par **toutes** les criques
- appréciation des **flux** annuels en cause
- évaluation du **potentiel de labilité résiduelle** de ces diverses formes.

On sait déjà que la DBO "classique" des affluents peut atteindre 3 mg/l. Etendue au volume annuel moyen entrant, cette valeur équivaut à une quantité de DBO annuelle de **26.000 tonnes**.

Or la DBO est un test qui est loin de refléter les conditions régnant dans le réservoir (test à 5 jours, à 20° C, en présence d'oxygène).

Ce sont des tests adaptés de dégradation en **conditions anoxiques**, à la **température** de l'eau du réservoir (28° C environ) et pendant une **durée** correspondant à différents temps de séjour de l'eau réellement observés dans les diverses parties du réservoir qui doivent être effectués.

Déjà, sur la plupart de ces points des travaux ont été entrepris par le pétitionnaire ; ils doivent être poursuivis dans l'objectif précis d'évaluer le processus de **dégradation hétérotrophe anaérobie**, en intensité et durée, qui dépend entièrement des quantités et formes de la matière organique.

② le corollaire de ces tests est bien sûr le développement de **l'acquis méthodologique** sur les **cinétiques** de dégradation de la matière organique et la **formation des gaz dissous**, dont le méthane.

S'agissant de ce dernier, les axes de recherche sont de 3 ordres :

a) la **mesure** elle-même de ce gaz dissous dans l'eau. Il n'est pas évident à cet égard qu'on en ait une maîtrise suffisante,

b) la **cinétique de sa production**, par décomposition de la matière organique, c'est-à-dire le processus de **méthanogénèse** insuffisamment connu,

c) la **cinétique de sa décomposition**, dont on sait seulement qu'elle est avide d'oxygène au point de supplanter la plupart des autres processus consommateurs.

On a vu que la présence de méthane même à de faibles taux dans la couche oxygénée de surface peut en compromettre le statut.

Là encore, des travaux sont en cours qui se fixent ces objectifs.

③ La **problématique de la couche oxydée de surface** et de son évolution probable. C'est sur son épaissement et sa stabilisation que reposent la plupart des espoirs d'une amélioration de la qualité du fleuve.

L'oxygène dissous ayant essentiellement un origine biogénique, il paraît nécessaire, dans un souci d'anticipation, d'apprécier la **fertilité potentielle** de l'eau par des tests adaptés.

Hors toute influence extérieure dont celle du méthane, l'objectif est d'obtenir une connaissance théorique (donnant une valeur de calage par excès) du processus de production autotrophe de l'eau du réservoir, en intensité et selon la profondeur.

Il est probable en effet que la faible pénétration de la lumière dans l'eau et sa relative pauvreté en C inorganique constituent une limitation naturelle à ce phénomène.

Ceci mérite d'être vérifié.

④ Comme corollaire à cette analyse théorique, les **mécanismes réellement observés de production/consommation d'oxygène** en surface doivent être approfondis.

En **termes de production**, ce sont les dynamiques respectives de production phytoplanctonique et bactérioplanctonique qui doivent être mieux connues. Elles ne mettent pas en jeu en effet les mêmes réactions biogéochimiques, n'ont pas les mêmes conséquences au regard de la production d'oxygène et peuvent entrer en concurrence dans des conditions à connaître car susceptibles d'influencer le statut d'oxygène dissous du réservoir.

En **termes de consommation**, le rôle possible des gaz dissous, dont le méthane, est à préciser.

Agissant en "parasite" il peut en effet "manger" un oxygène qui fera défaut à l'aval. C'est au demeurant l'une des rares manifestations de "solidarité" entre les couches de fond et de surface qui constituent le "bicouches" qu'est le réservoir.

⑤ L'influence réelle des **fortes crues** sur la destabilisation du réservoir, par mélange complet des eaux et des dépôts, et aux conséquences aisément imaginables sur l'aval est un autre point d'interrogation.

⑥ Il en va de même du **confinement** des eaux du réservoir et de l'influence respective des **criques confinées** sur le statut de qualité de la masse d'eau toute entière.

Les temps de séjour de l'eau notablement plus importants qu'on y relève sont en effet de nature à permettre l'installation durable de conditions de mauvaise qualité qui peuvent influencer la qualité de l'eau destockée et du fleuve lors des épisodes de hautes eaux.

Le protocole de suivi pérenne doit tenir compte de ce particularisme hydrologique au niveau de l'échantillonnage en particulier.

⑦ **S'agissant du fleuve**, le constat est, comme dans le cas du réservoir; le "surgissement" de mécanismes et réactions différents de ceux auxquels on s'attendait.

On a évoqué à ce titre la réaération de surface, les modalités de consommation de l'oxygène dissous, le mystère de l'absence de nitrification.

Il s'agit d'un champ d'expérience rêvé pour remettre à plat les concepts de base de la modélisation des processus influençant le statut de l'oxygène dissous dans le contexte propre à Petit Saut. Mais plutôt que transposer cinétiques et paramètres élaborés dans des contextes différents, il s'agit de développer un protocole de recherche appliquée **spécifique au site**, utile à une gestion plus sécurisée.

La différenciation des comportements des différents compétiteurs pour l'oxygène a été démontrée ; elle est à préciser au regard des métalloïdes (Fe, Mn) sous forme réduite car leur poids relatif paraît faible comparé à celui du méthane.

Jusqu'à quel point ce dernier apparaît-il comme le compétiteur le plus "gourmand" ?

Quels sont les changements possibles de ces comportements s'il advenait que les proportions relatives de ces différents compétiteurs soient modifiées ?

Qu'en résulterait-il au plan de l'objectif de qualité de Pointe Combi dont, au demeurant, on peut relever le faible niveau d'ambition ? Ces questions sont entièrement posées. Le rapport avance quelques éléments en forme de réponse qui ne sont en fait que des interrogations.

⑧ Il faut aussi évoquer le problème connexe du **mercure**. Sa présence dans le site n'est bien sûr pas à imputer à l'aménagement. Le cumul des pertes en mercure, dues à l'activité d'orpaillage, serait égal, sur le bassin du Sinnamary, à 13,8 t, soit 14 % des pertes globales de tout le territoire (réf. 16). Les premiers éléments à disposition semblent montrer que la "solubilisation" du mercure métallique dans l'eau de la retenue est peu importante et les valeurs relevées dans la chair des poissons restent faibles quoique présentes en proportion dans la chair des carnivores en particulier (réf. 17). Ceci doit être conforté et suivi, au regard

notamment d'un impact sur le fleuve, en période de crues en particulier, de même que doit être appréhendée l'influence de l'anoxie sur les diverses spéciations chimiques du mercure et leurs mobilités relatives.

En conditions anoxiques en particulier et de plus, en présence de méthane, les risques de sa solubilisation-méthylation doivent être cernés au mieux. Bien sûr le suivi permanent du compartiment "Poissons" (réservoir et fleuve) s'impose, de même que s'impose la pérennisation de l'interdiction de l'activité d'orpaillage, surtout dans les conditions où elle est pratiquée, dans l'ensemble du bassin versant.

Au-delà du cas de Petit Saut d'ailleurs, l'ensemble de l'activité d'orpaillage mérite d'être revu fondamentalement, à l'échelle de tout le territoire puisqu'il apparaît que les désordres qu'elle engendre sur la qualité de l'eau, la végétation et la faune autochtone sont majeurs.

⑨ Il reste enfin un volet qui semble encore insuffisamment étudié ; c'est celui du **débit minimum, du changement de rythme crue-décrue** et de l'influence de cet ensemble sur **la vie piscicole**. Le sujet est vaste. Il ne peut être éludé dès lors qu'on affiche sur le fleuve une ambition écologique. Pourquoi ne pas monter un programme inspiré dans sa conception des expériences métropolitaines en cours ?

C'est sur cette liste très partielle d'interrogations et de pistes d'actions suggérées que se termine le présent rapport de mission.

C'est probablement réducteur par rapport à l'objectif fixé qui a été de poser au fond le problème de l'appréhension de l'impact environnemental forcément majeur de ce type d'aménagement et des moyens de le prévoir et de le minimiser.

Sans doute convient-il d'avoir dorénavant une démarche d'investigation pertinente et "anticipative" par rapport à l'évolution probable du Statut Ecologique Global de l'hydrosystème.

C'est pourquoi, la "reprise en mains" des choses par une structure telle que proposé ci-dessus apparaît à la fois nécessaire et urgente.

L'Ingénieur en Chef du G.R.E.F.

P. BALLAND

Références bibliographiques

- (1) "Aménagement de Petit Saut - Hydrologie - Simulations d'exploitation et de remplissage" - Rapport EDF 13.4.1993 - C. SISSAKIAN - 6 pages + annexes
- (2) "Présentation de la retenue de Petit Saut en Guyane française : cartographie - partition de la retenue - volumes et surfaces - intégration paysagère"
C. SISSAKIAN - Hydro écol. Appl. 1992 - tome 4 - vol. 1 pages 121-132

- (3) "Suivi de la mise en eau du barrage de Petit Saut : évolution des paramètres physicochimiques de juillet à décembre 1994" - S. RICHARD - Rapport intermédiaire 2 - 1994 - HYDRECO
- (4) "Suivi de la mise en eau du barrage de Petit Saut à partir de janvier 1995" - Données brutes
- (5) "Aménagement du Sinnamary - Chute de Petit Saut - Demande de concession et demande de déclaration d'utilité publique - Dossier d'enquête - Etude d'impact sur l'environnement EDF - Tirage 11/1992" - 503 pages
- (6) "Limnologie générale" - sous la direction de R. POURRIOT et M. MEYBECK - Collection d'Ecologie 25 - Masson 1995 - 956 pages
- (7) "Le lac de Devesset (Ardèche) : Rapport de synthèse" - Eco-Hydro-Services - avril 1994 - 36 pages
- (8) "Mineralization of sédiment organic matter under anoxic conditions" - P.M. GALE - K.R. REDDY - D.A. GRAETZ - J. Environ. Qual - Vol. 21 - July-September 1992 - pages 394 - 400
- (9) "Evolution de la qualité de l'eau du Sinnamary au cours de la première année de mise en eau" - Rapport E.D.F. - A. GREGOIRE - 12.1.1995 - 4 pages + figures
- (10) "Rapport intermédiaire 2 - 1994 " non signé - Données collectées par les équipes de surveillance - 156 pages
- (11) "Les relations Poissons-Forêt en Guyane" - T. BOUJARD - Nature Guyanaise - n° hors série 1994 - pages 131 - 138
- (12) "Scénarios d'évolution de l'oxygène dissous du Sinnamary en aval du barrage de Petit Saut" - EDF - P. GOSSE et R. GRAS - 13.1.1995 - 17 pages + figures
- (13) "Rapport de mission au Directeur de la Nature et des Paysages - Réunion du Comité scientifique "Petit Saut" - 20 au 23 juin 1995" - C. PAIRAUDEAU - 6 pages
- (14) "Aménagement hydroélectrique de Petit Saut - Suivi écologique" - E.D.F - C. SISSAKIAN - 10.7.1995 - 12 pages
- (15) "Hypothèse d'une influence des gaz formés en anaérobiose dans le réservoir de Petit Saut sur les baisses d'oxygène dissous dans le Sinnamary aval" - EDF - HE - 31/94/038 - Ph GOSSE - 1994 - 25 pages

- (16) "Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux de Guyane - Territoire : Sinnamary-Kourou" - Document de travail provisoire - B.R.G.M. juin 1995 - 28 pages

- (17) "Bilan de recherche du mercure en Guyane" - C. REYNOUARD, S. RICHARD, P. CERDAN - Laboratoire Environnement de Petit Saut - Hydreco - E.D.F. - C.N.E.H. - 15 septembre 1994 - 5 pages + annexes

- (18) "Qualité de l'eau du Sinnamary - Récapitulatif au 30 avril 1995" - Document E.D.F. C.N.E.H. - A. GREGOIRE - 3 mai 1995 - 8 pages

ANNEXES

1. Lettre de mission en date du 9 décembre 1994 du Ministre de l'Environnement et du Ministre des Départements et Territoires d'Outre-Mer

2 - Courrier de confirmation du 22 décembre 1994 du Secrétaire Général du Conseil Général des Ponts et Chaussées

3 - Liste des personnes rencontrées ou contactées

Liste des personnes rencontrées ou contactées

Ministère de l'Environnement

P. DIFFRE - Direction de l'Eau

P. KEITH - Direction de l'Eau

E.D.F. - C.N.E.H.

B. DESCHARD - Chef du Département Technique

A. GREGOIRE - Expert Environnement

Melle C. SISSAKIAN - Chef de Projet Environnement

E.D.F.-D.E.R.

B. MANOHA - Chef du département Environnement

P. GOSSE - Expert Environnement

E.D.F. - Direction

J.P. BENQUE - Directeur Exécutif des DOM

R. COIN - Conseil Juridique Régional I.D.F. et D.O.M.

P. CASEAU - Inspecteur Général à la Direction Générale (contacté)

Experts et chargés de missions Petit Saut

C. TETARD - I.G.G.R.E.F. au C.G.G.R.E.F., chargé de mission

A.L. ROUX - Professeur Consultant Expert

C. PAIRAUDEAU - I.G.G.R.E.F., chargé de mission pour le compte de la D.N.P.