



Conseil Général de la  
Martinique  
Direction Générale des  
Services Techniques et  
Economiques – DIE



## Etude diagnostic

Retenue de barrage de La Manzo

---

# ETUDE DIAGNOSTIC DE LA QUALITE DE L'EAU DU BARRAGE DE LA MANZO

---

RAPPORT ANNUEL

**Campagne 2006**



**ASCONIT CONSULTANTS**  
Agence Caraïbes

MAISON LITTÉE BORD DE MER  
QUARTIER MANSRADE RANÇÉE  
97240 Le François  
(Martinique)

Tél./Fax 05.96.63.55.78  
Mobile : 06.96.25.54.10



**Principaux Contacts :**

CONSEIL GENERAL DE LA MARTINIQUE :

Cécile ZAMY

Tél. : 05.96.59.85.32

ASCONIT CONSULTANTS :

Nicolas BARGIER

[nicolas.bargier@asconit.com](mailto:nicolas.bargier@asconit.com)

# SOMMAIRE

<b>1. Contexte et objectifs de l'étude.....</b>	<b>7</b>
1.1. Contexte et objectifs .....	7
<b>2. Méthodologie du diagnostic 2006.....</b>	<b>10</b>
2.1. Conditions 2006 : la vidange décennale de la retenue .....	10
2.2. Calendrier des interventions .....	12
2.3. Interprétation des données .....	13
<b>3. Présentation du barrage de La Manzo .....</b>	<b>15</b>
3.1. Le bassin versant.....	15
3.2. Le barrage de La Manzo.....	18
3.3. Fonctionnement hydrologique de la retenue de La Manzo .....	18
<b>4. Diagnose du plan d'eau .....</b>	<b>22</b>
4.1. Evaluation des pressions sur la retenue .....	22
4.1.1. Occupation des sols sur le bassin versant .....	22
4.1.2. Régime hydrologique.....	25
4.1.3. Régime sédimentaire.....	27
4.1.4. Berges.....	27
4.1.5. Autres critères.....	27
4.1.6. Synthèse .....	27
4.2. Caractérisation physico-chimique des eaux du plan d'eau.....	29
4.2.1. Conditions physico-chimiques in situ .....	29
4.2.2. Paramètres chimiques analysés en laboratoire.....	31
4.2.3. Composés azotés et phosphorés .....	33
4.2.4. Alcalinité.....	34
4.2.5. Micropolluants minéraux .....	34
4.2.6. Micropolluants organiques.....	35
4.2.7. Bactériologique.....	36
4.3. Caractérisation physico-chimique des sédiments du plan d'eau .....	37
4.3.1. Granulométrie .....	37
4.3.2. Physico-chimie des sédiments bruts .....	37
4.3.3. Physico-chimie de l'eau interstitielle .....	40
4.4. Degré de trophie du plan d'eau .....	41
4.4.1. Les descripteurs .....	41
4.4.2. Approche fonctionnelle .....	44
4.5. Caractérisation biologique du plan d'eau .....	45
4.5.1. Invertébrés Oligochètes.....	45
4.5.2. Phytoplancton .....	45
4.5.3. Ichtyofaune .....	50
4.5.4. Végétation des berges .....	51
<b>5. Evaluation globale (SEQ Plan d'eau) .....</b>	<b>57</b>
<b>6. Conclusion de la diagnose .....</b>	<b>62</b>
<b>7. Plan de gestion .....</b>	<b>65</b>
7.1. Caractéristiques des Ouvrages, hiérarchisation des dysfonctionnements .....	65
7.1.1. La retenue de Saint-Pierre de la Manzo : géométrie et règles de gestion.....	65
7.1.2. Les problèmes relevés par l'exploitant, le constat mis en évidence par les mesures.....	66
7.2. Aménagements proposés .....	68

7.2.1.	<i>Principe des solutions à privilégier .....</i>	68
7.2.2.	<i>Aménagement d'une prise d'eau en surface .....</i>	72
7.3.	<i>Lutte contre l'eutrophisation occasionnelle .....</i>	74
7.3.1.	<i>Assèchement par vidange du fond.....</i>	74
7.3.2.	<i>Biomanipulation : consommation par le zooplancton .....</i>	74
7.3.3.	<i>Contrôle des nutriments .....</i>	75
7.4.	<i>Mesures immédiates et adaptations du programme de surveillance .....</i>	76

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Récapitulatif des mesures réalisées lors de la 1 <sup>er</sup> campagne (juin 2006) .....	12
Tableau 2. Récapitulatif des mesures réalisées lors de la 2 <sup>de</sup> campagne (novembre 2006). ....	13
Tableau 3. Superficie d'irrigation du PISE par commune (2003) .....	17
Tableau 4. Caractéristiques hydrologiques de la Lézarde .....	20
Tableau 5. Volumes dirigés vers le PISE entre 2002 et 2006.....	21
Tableau 6. Apport en nutriments (N et P) provenant de la Lézarde (2002 à 2006) .....	23
Tableau 7. Temps de séjour de l'eau estimé dans la retenue de La Manzo sur cinq années (2002 à 2006) .....	26
Tableau 8. Mesures de transparence in situ réalisées en 2006.....	29
Tableau 9. Résultats d'analyses des eaux de la retenue de La Manzo (Campagnes 2005 et 2006).....	32
Tableau 10. Concentrations en fer et en manganèse (µg/l) relevées en surface et au fond de la retenue depuis 1981.....	35
Tableau 11. Résultats d'analyses des micropolluants organiques relevées en juin 2006. ....	36
Tableau 12. Résultats d'analyses des micropolluants organiques relevées en juin 2006 .....	36
Tableau 13. Distribution granulométrique des particules.....	37
Tableau 14. Résultats d'analyses des sédiments de la retenue de La Manzo en juin 2006 .....	38
Tableau 15. Concentrations physico-chimiques relevées en juin 2006 sur les eaux (surface et fond) et sur les sédiments de la retenue de La Manzo .....	40
Tableau 16. Etat trophique de la retenue de La Manzo selon le système « fixe » de classification de l'état trophique de l'OCDE (OCDE, 1982).....	42
Tableau 17. Inventaire des algues phytoplanctoniques de la retenue de La Manzo (en % de nombre de cellules) .....	46
Tableau 18. Valeur d'I.T.P. en 2006.....	50
Tableau 19. Tableau récapitulatif des captures issues des pêches aux filets. (N : espèce native). ....	50
Tableau 20. Etagement de la végétation en bordure de la Manzo.....	52
Tableau 21. Liste non exhaustive de la flore rivulaire du barrage de la Manzo .....	54
Tableau 22. Tableau synoptique des pistes de gestion envisagées pour la retenue de la Manzo .....	71

## LISTE DES FIGURES

Figure 1. Prévision de vidange. (Source : BGPISE) .....	11
Figure 2. Programme de vidange du 9 mai au 26 juin 2006. (Source : BGPISE) .....	11
Figure 3. Description du bassin versant de la retenue de La Manzo (Conseil Général/Asconit C., 2005) .....	16
Figure 4. Volumes annuels d'eau distribués sur le PISE entre 2002 et 2006. (Conseil Général/Asconit C., 2005) .....	17
Figure 5. Plans schématiques des infrastructures du PISE.....	19
Figure 6. Volumes dirigés vers le PISE entre 2002 et 2006 .....	20
Figure 7. Volumes de pluies directes sur la retenue de La Manzo entre 2005 et 2006.....	21
Figure 8. Apports annuels externes en azote et en phosphore estimés entre 2002 et 2006 pour les principales sources exogènes identifiées sur le bassin versant de La Manzo .....	24
Figure 9. Volumes hebdomadaires stockés dans la retenue de La Manzo depuis 1996 .....	25
Figure 10. Volumes circulant dans la retenue de La Manzo. Part des volumes entrant et sortant par rapport au volume présent dans le réservoir 2002 à 2006 .....	26
Figure 11. Profils physico-chimiques verticaux réalisés en 2006 .....	30
Figure 12. Rappel des profils verticaux réalisés en avril 2005 :.....	31
Figure 13. Etat trophique probable en fonction de la concentration en chlorophylle pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982). Données 2006....	41
Figure 14. Etat trophique probable en fonction de la transparence pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982). Données 2006 .....	43
Figure 15. Approche fonctionnelle des phénomènes de trophie sur la Manzo en 2006.....	44
Figure 16. Répartition du nombre de taxons recensés dans la retenue de La Manzo –novembre 2006	47
Figure 17. Contribution relative des différents groupes exprimée en % de l'abondance totale de la communauté algale – novembre 2006 .....	48
Figure 18. Densité cellulaire en nombre d'algues par millilitre et en nombre de cellules par millilitre aux deux strates considérées- novembre 2006 .....	48
Figure 19. Distribution en classes de tailles des Tilapias (novembre 2006).....	51
Figure 20. Courbe volumétrique de la retenue de la Manzo .....	66
Figure 21. Historique des remplissages de la retenue (1998 à 2004).....	70
Figure 22. Volumes mobilisables en fonction du niveau d'eau en semaine 23 .....	70
Figure 23. Mât oscillant en phase de mise en place au Bec d'Ambes en Gironde .....	72
Figure 24. Schéma de principe de la prise d'eau de surface .....	73

# 1. Contexte et objectifs de l'étude

Le présent rapport d'étude s'inscrit dans le cadre du suivi de la qualité des eaux et de la définition des pistes de gestion de la retenue de barrage de Saint-Pierre la Manzo, en cohérence avec la mise en œuvre de la Directive Cadre européenne sur l'Eau (DCE) 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, du 23 octobre 2000. La maîtrise d'ouvrage de cette étude est assurée par le Conseil Général de la Martinique.

## 1.1. Contexte et objectifs

---

### ▪ Le barrage de Saint-Pierre La Manzo

Le barrage Saint-Pierre Manzo dit aussi retenue de La Manzo, sur la rivière la « Manche » est un ouvrage départemental situé sur le territoire de la commune de Ducos, dans la partie centrale de la Martinique.

Le Barrage de la Manzo a été construit dans les années 1980 afin de pourvoir à l'irrigation des zones agricoles situées dans la partie sud-est de l'île. Il est essentiellement alimenté par une dérivation effectuée sur la rivière Lézarde. Un projet d'augmentation de la capacité du barrage, en cours d'étude, permettra d'accroître les réserves pour mieux satisfaire les besoins des irrigants en période de carême sévère.

### ▪ Des investigations préalables pour comprendre le fonctionnement de l'eutrophisation

Ces dernières années, la retenue de la Manzo est affectée, de manière récurrente, avec plus ou moins d'intensité, par une prolifération de microalgues donnant une coloration verte à l'eau. La présence de ces algues est le **signe d'une eutrophisation de l'eau** de la Manzo (cf. Annexe 1). En général, le terme d'eutrophisation désigne un phénomène complexe, lié à la teneur en éléments nutritifs, qui met en jeu une succession de processus biologiques, chimiques et physiques. Ces derniers entraînent un dérèglement de l'équilibre de l'écosystème du plan d'eau. Les conséquences néfastes pour l'écosystème, outre la formation des algues, peuvent être : une anoxie des eaux du fond, une stratification thermique de la colonne d'eau, un relargage des métaux (fer et manganèse), la formation de sulfure.... De plus, la dégradation de la qualité de l'eau peut occasionner des gênes pour les usagers de l'eau en question. A l'heure actuelle, le phénomène d'eutrophisation et ses effets, dans le cas du barrage de la Manzo, sont relativement mal connus.

C'est dans ce contexte que le Département s'est engagé à mener des investigations visant à répondre à un certain nombre d'interrogations portant sur :

- **l'origine du phénomène d'eutrophisation** des eaux de la Manzo ;
- les raisons du **caractère aléatoire** de l'apparition des algues ;
- les **conséquences sur l'écosystème** de la Manzo et pour les utilisateurs ;

- les **mesures pour prévenir l'eutrophisation** et pour limiter les nuisances occasionnées.

La démarche suivie par le Département sera dans un premier temps de **mieux comprendre le phénomène d'eutrophisation** des eaux de la Manzo et dans un deuxième temps de **mettre en œuvre un programme d'amélioration** de la qualité de l'eau.

Une étude préliminaire a été effectuée afin de dresser un état des lieux relatif à la qualité de l'eau. A partir de ce dernier, une méthodologie incluant un programme d'analyse a été élaborée pour approfondir la connaissance de l'écosystème de la Manzo.

## ▪ **La mise en œuvre d'un programme de suivi et d'amélioration de la qualité des eaux, en cohérence avec la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE)**

La Directive Cadre européenne sur l'Eau 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil, du 23 octobre 2000 établit un cadre communautaire pour la protection des eaux intérieures de surface, de transition, côtières et souterraines. Elle a pour objectif ambitieux de **retrouver le « bon état écologique » des eaux** de surface (cours d'eau, lacs, eaux de transition, eaux côtières) et souterraines **d'ici 2015** (sauf dérogation).

En application de l'article 5 de la directive cadre sur l'eau, l'analyse d'ensemble du district<sup>1</sup> sous la forme d'un **état des lieux** (2005) a notamment produit une analyse des caractéristiques des masses d'eau<sup>2</sup> du district hydrographique de La Martinique. Pour chacune d'elle, l'analyse a permis d'apprécier la capacité à respecter ou non les objectifs environnementaux à l'horizon 2015. L'approfondissement de la caractérisation des masses d'eau et le programme de surveillance doivent permettre de préciser si le risque de non respect des objectifs est avéré ou non. Pour cela, les États membres doivent contrôler les paramètres indicatifs de tous les éléments de qualité biologiques, hydromorphologiques et physico-chimiques.

Dans le cadre de la mise en œuvre de cette directive, **la retenue de la Manzo a été provisoirement classée parmi les « masses d'eau artificielle » (MEA)**, c'est-à-dire celles créées par l'homme n'ayant aucune préexistence. **De fait, elle n'a pas l'obligation d'atteindre le « bon état écologique » mais le « bon potentiel écologique », le potentiel maximal étant le meilleur état qui puisse être obtenu compte tenu des altérations physiques inévitables.** L'absence de données biologiques et chimiques sur la retenue de La Manzo a conduit à classer provisoirement cette masse d'eau en « doute » pour la définition du risque de non atteinte du bon potentiel à l'horizon 2015. Le programme de surveillance de La Manzo permettra ainsi de statuer sur ce risque qui conditionnera les mesures à engager pour atteindre les objectifs environnementaux.

<sup>1</sup> **District hydrographique** : zone terrestre et maritime, composée d'un ou plusieurs bassins hydrographiques, ainsi que des eaux souterraines et eaux côtières associées, identifiée selon la DCE comme principale unité pour la gestion des bassins hydrographiques.

<sup>2</sup> **Masse d'eau** : volume d'eau distinct et significatif. Par exemple, pour les eaux de surface : un lac, un réservoir, une rivière ou une partie de rivière, un fleuve ou une partie de fleuve. Pour les eaux souterraines : un volume distinct d'eau à l'intérieur d'un ou plusieurs aquifères.



Les objectifs du présent projet d'étude sont :

- ✓ De réaliser un suivi de la qualité des eaux de la retenue, en incluant des paramètres **indicateurs du degré d'eutrophisation** du plan d'eau afin d'aborder le fonctionnement du phénomène ;
- ✓ De **définir des bases d'appréciation de l'état écologique du plan d'eau de la Manzo** qui devront servir à l'appréciation des possibilités d'atteinte (ou non) du bon potentiel écologique de cette masse d'eau selon la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil) ;
- ✓ Etablir un **diagnostic complet du plan d'eau** afin d'ajuster les hypothèses émises précédemment ;
- ✓ Elaborer un **plan de gestion** visant à améliorer la qualité de l'eau dans le barrage et réduire rapidement les nuisances rencontrées par les usagers ;
- ✓ Evaluer **le coût et l'efficacité des mesures** envisagées.

Le présent rapport synthétise les **résultats des campagnes d'interventions de terrain réalisées en juin et octobre 2006, ainsi que les pistes de gestion chiffrées pour améliorer la qualité de l'eau dans la retenue.**

## 2. Méthodologie du diagnostic 2006

Le projet distingue 2 phases principales :

1. **Phase 1** : Diagnostic du plan d'eau sur la base de paramètres hydro-morphologiques, physico-chimiques et biologiques (base d'évaluation de l'état écologique) pertinents qui devront permettre d'ajuster les hypothèses émises par l'étude préliminaire, mais également de définir les conditions de référence de la masse d'eau ;
2. **Phase 2** : Elaboration d'un plan de gestion afin d'améliorer la qualité de l'eau dans le barrage et une évaluation du coût et de l'efficacité des mesures.

Ces phases se divisent en 4 étapes :

- **Etape 1** : Réalisation de campagnes de terrain de mesures et de prélèvements (hydro-morphologie, physico-chimie, biologie). Conservation, transport et transmission des échantillons ;
- **Etape 2** : Analyse des différents types d'échantillons ;
- **Etape 3** : Interprétation des résultats sous forme d'un diagnostic complet ;
- **Etape 4** : Elaboration d'un plan de gestion et estimation du coût et de l'efficacité des mesures.

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre des Phases 3 et 4 de diagnostic du plan d'eau.

### 2.1. Conditions 2006 : la vidange décennale de la retenue

---

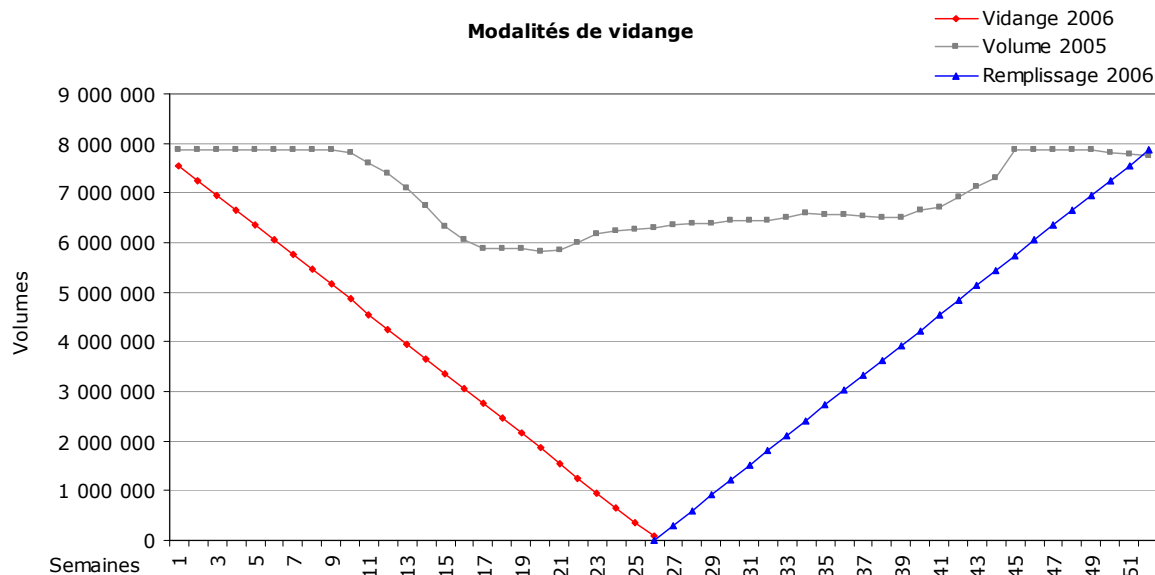
La gestion du barrage de Saint-Pierre La Manzo est assurée par un service du Conseil Général de la Martinique, propriétaire des ouvrages du PISE : le Bureau de Gestion du Périmètre Irrigué du Sud-Est (BGPISE). La mission inclut des visites périodiques, des contrôles topographiques et des travaux d'entretien courant du barrage (entretien des digues, faucardage, entretien des chemins, du matériel,...) et l'exploitation et la gestion technique de l'ouvrage.

Dans le cadre de l'exploitation du barrage de La Manzo, en application de la circulaire interministérielle N° 70.15 du 14 août 1970, une **visite décennale** a été effectuée **à la fin du mois de juin 2006**. Cette vidange est la troisième depuis la mise en eau du réservoir en 1979 :

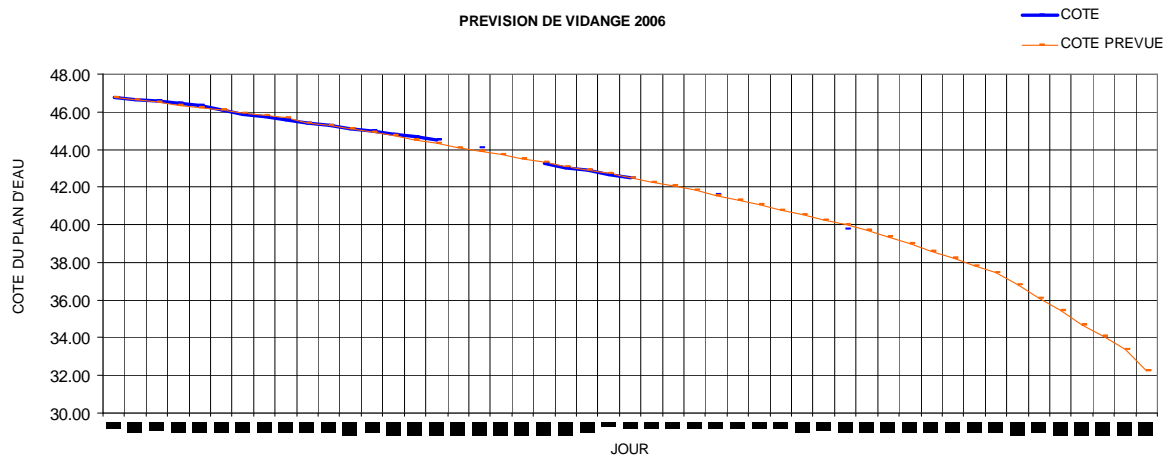
- **1986** : première visite décennale. Elle aurait dû avoir lieu en 1985, elle a été réalisée en juin 1986 après dérogation du ministère compétent. Cette visite s'est effectuée retenue vide. Une partie de l'eau de la retenue a été évacuée dans la rivière la Manche.
- **1996** : deuxième visite décennale. Elle s'est effectuée par inspection subaquatique. Cette visite a mis en évidence un ouvrage en bon état.
- En **2006**, la troisième visite décennale est réalisée. En raison de travaux sur les parties habituellement noyées, et pour des raisons de sécurité, cette visite se réalise avec la retenue vide.

Les graphiques ci-après présentent :

- Les modalités d'abaissement et de remplissage du plan d'eau prévues, ainsi que l'évolution des volumes au cours de l'année précédente ;
- La dernière phase d'abaissement du plan d'eau, du 9 mai au 26 juin 2006.



**Figure 1. Prévision de vidange. (Source : BGPISE)**



**Figure 2. Programme de vidange du 9 mai au 26 juin 2006. (Source : BGPISE)**

L'abaissement du plan d'eau a été **maximal du 25 juin 2006** où la cote de 32,25 m a été atteinte, correspondant à un volume restant de 37 500 m<sup>3</sup> (bas vanne basse).



La Manzo – 23 Mai 2006



La Manzo – 19 juin 2006  
Date des interventions de terrain



La Manzo – 25 juin 2006  
Niveau d'abaissement maximal

## 2.2. Calendrier des interventions

Dans le cadre du suivi de plan d'eau de La Manzo, des mesures et prélèvements ont été prévus initialement sur 2 points du plan d'eau selon le calendrier suivant :

- 2 campagnes en période de carême (début et fin de saison) ;
- 2 campagnes en période d'hivernage (début et fin de saison) ;
- Des campagnes supplémentaires optionnelles en cas de bloom algal.

Compte tenu des conditions particulières liées à la vidange décennale de la retenue, le calendrier et les prestations ont été revus et seront amenés à évoluer. Les investigations réalisées lors de la première campagne de mesures et de prélèvements de juin et novembre 2006 sont résumées dans le tableau ci-après.

**Tableau 1. Récapitulatif des mesures réalisées lors de la 1<sup>er</sup> campagne (juin 2006)**

RETENUE DE LA MANZO – Juin 2006	Thématiques		
Groupes de mesures	HYDROMORPHOLOGIE	PHYSICO-CHIMIE	BIOLOGIE
<b>Groupe 1</b> - Mesures physico-chimiques <i>in situ</i>		2 Profils verticaux	
<b>Groupe 2</b> - Analyses physico-chimiques eau		3 prélèvements (3 profondeurs)	
<b>Groupe 3</b> - Analyses physico-chimiques eau		2 prélèvements (2 profondeurs)	
<b>Groupe 4</b> - Analyses physico-chimiques eau		2 prélèvements (2 profondeurs)	
<b>Groupe 5 et 6</b> - Analyses physico-chimiques sédiments		1 pool de prélèvements	
<b>Groupe 7</b> - Analyses biologiques - Phytoplancton			1 prélèvement
<b>Groupe 8</b> - Analyses biologiques – Macrophytes			Observations <i>in situ</i>
<b>Groupe 8</b> - Analyses biologiques – Invertébrés			1 prélèvement
<b>Groupe 8</b> - Analyses biologiques – Poissons			1 prélèvement repoussé en novembre
<b>Analyses bactériologiques</b>		1 prélèvement	
<b>Hydromorphologie</b>	Site		

**Tableau 2. Récapitulatif des mesures réalisées lors de la 2<sup>de</sup> campagne (novembre 2006).**

RETENUE DE LA MANZO – Novembre 2006	Thématiques		
	HYDROMORPHOLOGIE	PHYSICO-CHIMIE	BIOLOGIE
Groupes de mesures			
<b>Groupe 1</b> - Mesures physico-chimiques <i>in situ</i>		3 Profils verticaux	
<b>Groupe 2</b> - Analyses physico-chimiques eau		3 prélèvements (3 profondeurs)	
<b>Groupe 7</b> - Analyses biologiques - Phytoplancton			1 prélèvement
<b>Groupe 8</b> - Analyses biologiques – Invertébrés			1 prélèvement (contrôle résultats Campagne 1)
<b>Hydromorphologie</b>	Site (contrôle)		

Les mesures *in situ* et les prélèvements d'eau et de sédiments ont été réalisés à partir d'une embarcation, à proximité de la prise d'eau. Les échantillons ont été immédiatement transmis aux laboratoires d'analyses.

Les événements climatiques du mois de juin-début juillet ont limité les possibilités d'interventions pour la pêche. L'abaissement du plan d'eau (sous-tirage important, mise à nu de la couche sédimentaire boueuse) et les ondées successives ont rendu les bordures de la pièce d'eau impraticables. La pêche a été reportée en novembre 2006, de manière à disposer de conditions favorables aux investigations (berges stables, possibilité de mise à l'eau d'une embarcation).

La nature des interventions réalisées sur le terrain est présentée en Annexe 2.

## 2.3. Interprétation des données

### ▪ Diagnostic global du plan d'eau :

A partir des résultats obtenus suite aux différentes campagnes d'échantillonnages et d'analyses, la qualité chimique et écologique de l'eau du barrage sera estimée, l'origine et le fonctionnement de l'écosystème de la Manzo sont abordés.

- La caractérisation de la **qualité physico-chimique de l'eau** : fournit les informations sur la qualité de l'eau, son évolution et sa compatibilité avec les usages. C'est un paramètre prépondérant de la répartition des espèces (flore et faune) et un indicateur du fonctionnement de l'écosystème ;
- La caractérisation de la **qualité physico-chimique des sédiments** : intégrateurs spatio-temporels de l'activité de l'écosystème, ils fournissent une information physico-chimique sur une plus longue période ;
- L'étude du **niveau de trophie** des lacs : associée aux paramètres physico-chimiques, l'analyse de la composition et de la structure du peuplement des algues macroscopiques phytoplanctoniques permet d'aborder des conditions trophiques sur le plan d'eau ;
- La **qualité écologique** du plan d'eau : sur la base de l'interprétation (indices) des résultats biologiques.

Les grilles du Système d'Evaluation de la Qualité « **SEQ-Plan d'Eau** » permettront d'évaluer le niveau trophique et l'état écologique du plan d'eau. Cet outil d'évaluation tient compte des états requis de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau (DCE) et de leur aptitude à satisfaire les usages en fonction de leur état d'altération.

## ▪ Définition du bon potentiel au sens de la DCE :

Selon la circulaire DCE 2005/12, les règles pour la définition de **l'état chimique des plans d'eau** sont identiques à celles qui sont applicables aux cours d'eau. En conséquence, les valeurs-seuils provisoires proposées dans la circulaire sont aussi valables pour les plans d'eau.

Remarque : l'état chimique n'est pas lié à une typologie. Les mêmes valeurs-seuils sont applicables à tous les plans d'eau. A noter, cependant que, pour certains paramètres (métaux lourds), elles sont liées au fond géochimique (bruit de fond).

Concernant **l'état écologiques des plans d'eau**, les données « milieu » disponibles sont beaucoup moins fournies que pour les cours d'eau et les méthodologies d'évaluation normalisées en France n'existent pas. Un travail important est à mener sur les plans d'eau pour définir le bon état et mettre au point des méthodes d'évaluation « DCE compatibles ». Il est programmé pour, qu'en 2007, les objectifs environnementaux puissent être choisis en toute connaissance de cause. La priorité est d'acquérir de la donnée sur les plans d'eau dès 2005, notamment par le réseau de sites de référence ou par des études réalisées dans les bassins. L'exercice d'inter étalonnage (2005-2006) mené au niveau européen devrait également permettre d'avancer concrètement sur les questions de méthodologies et de calage du « bon « état ». A cet égard, l'indice phytoplanctonique de la méthode « diagnose rapide » du CEMAGREF fait actuellement l'objet d'un test « grandeur réelle » dans les groupes européens mettant en oeuvre cet exercice et auxquels participe la France. D'autres méthodologies venant d'autres Etats-membres sont également en cours de test à la même échelle.

Dans le cadre de l'état des lieux du district Martinique, **la retenue de La Manzo a été provisoirement classée parmi les « masses d'eau artificielle » (MEA)** c'est-à-dire celles créées par l'homme, n'ayant aucune préexistence. De fait, elle n'a pas l'obligation d'atteindre le « bon état écologique » mais le « **bon potentiel écologique** ». Le « bon potentiel écologique » correspond au meilleur état qui puisse être obtenu compte tenu des altérations physiques inévitables.

## 3. Présentation du barrage de La Manzo

Le barrage de Saint-Pierre La Manzo, sur la rivière la Manche, se situe dans le secteur Centre de la Martinique. Sa surface couvre à la fois les communes du François (à l'Est) (quartiers la Saint Pierre, Petite Gamelle, Morne Gamelle), de Ducos (à l'Ouest) (quartiers Fond Savane, la Saint Pierre) et quelques parcelles au Sud sont sur la commune de Saint-Esprit (quartier la Manzo).

### 3.1. Le bassin versant

---

Le bassin versant de la retenue s'étend sur 237 hectares (dont 82 ha de plan d'eau pour un remplissage moyen). Une grande partie des 155 hectares de terres émergées se situe au Nord-Ouest au lieu dit St Roch et en direction Morne Bel Air, sur des terrains pentus à très pentus dont le dénivelé atteint près de 245 mètres. Pour le reste, les terres se répartissent autour de la retenue et forment de nombreuses avancées telles que La St Pierre et Duquesne.

#### ▪ Occupation du sol

De manière générale, le bassin versant de la retenue de la Manzo se caractérise par une présence assez faible de l'activité agricole de production et une densité moyenne d'habitats inégalement répartis sur l'ensemble du territoire. De nombreux secteurs présentent une activité agricole traditionnelle orientée vers l'auto-consommation. Le bassin présente aussi des zones en friche ou boisées et très peu de sols nus, excepté sur les parcelles de maraîchage.

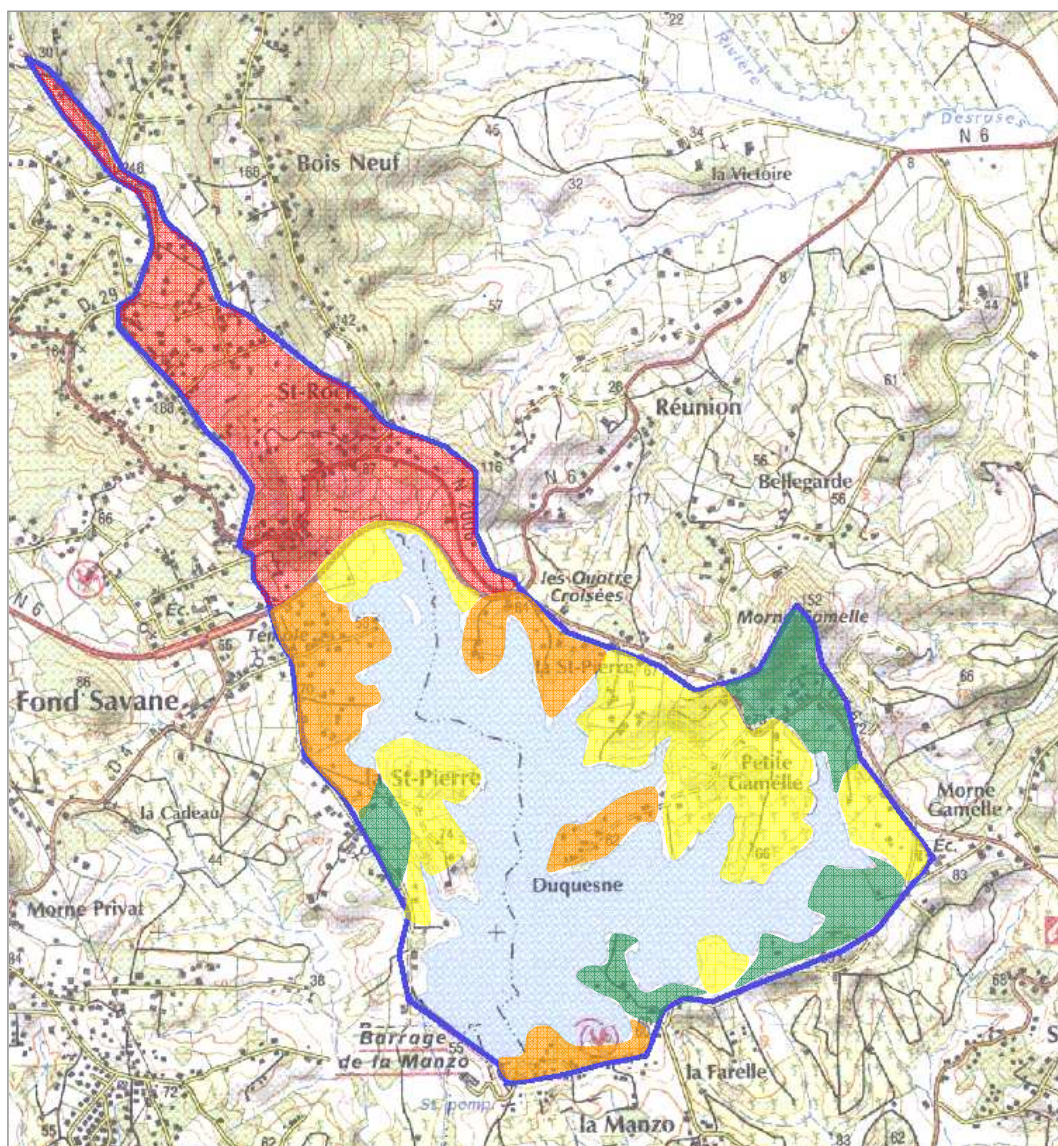
Le bassin versant de la retenue de la Manzo est toutefois soumis à une pression urbaine croissante qui n'a pu être contenue par les orientations et règles fixées par les POS. L'activité humaine et l'occupation du sol du bassin versant semblent parfois échapper à la réglementation.






Le bassin versant s'organise en micro territoires que l'on peut répartir en quatre types d'occupation du sol (Figure 3) :

- Les secteurs d'habitations de densité moyenne à forte,
- Les secteurs de densité faible et de cultures traditionnelles,
- Les secteurs de productions agricoles,
- Les secteurs en friche ou arborés.

Dans les plans d'occupation des sols des communes concernées, les parcelles du bassin versant de La Manzo sont classées en zones naturelles ND (zones naturelles à protéger) et NB (espaces dont le caractère urbain n'est pas encore marqué malgré l'existence de quelques constructions).





-  Zone d'habitation de densité moyenne à forte
-  Zone de culture traditionnelle, habitations de densité faible à moyenne
-  Zone d'agriculture de production : canne ou/et banane export
-  Zone arborée ou en friche
-  Limite du bassin versant de la retenue de La Manzo

**Figure 3. Description du bassin versant de la retenue de La Manzo (Conseil Général/Asconit C., 2005)**



## ▪ Les usages

Le barrage Saint-Pierre Manzo est un ouvrage destiné à constituer une réserve d'eau pour **l'irrigation** du Sud-Est de la Martinique (périmètre PISE).

Le PISE couvre 4 950 ha. La superficie équipée est de 4 500 ha. Les communes desservies sont du Nord au Sud (Tableau 3) : le Robert, Le François, le Lamentin, Ducos, Saint-Esprit, le Vauclin, le Marin et Saine-Anne.

**Tableau 3. Superficie d'irrigation du PISE par commune (2003)**

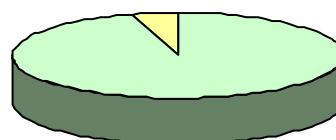
Secteur d'irrigation du PISE	Superficie (ha)
Robert	209
François Nord	799
François Sud	435
Ducos	72
Sous secteur de Ducos 1	81
Saint-Esprit	180
Vauclin Nord	451
Vauclin Sud	407
Marine et Sainte-Anne	459

Les volumes distribués ont été particulièrement importants pendant le carême 2003, année sèche, par rapport à 2004 où les précipitations ont été abondantes et ont limité les sollicitations de l'eau d'irrigation.

Année	Volumes distribués (m <sup>3</sup> )
2002	9 310 000
2003	11 900 000
2004	7 610 000
2005	6 920 133
2006	9 083 693

**Volumes d'eau distribués par le PISE**  
**Origine de la ressource**

**2003**



□ Rivière Lézarde  
■ Bassin versant de La Manzo

**Figure 4. Volumes annuels d'eau distribués sur le PISE entre 2002 et 2006. (Conseil Général/Asconit C., 2005)**

Aucun **prélèvement AEP** n'est présent sur le secteur d'étude. L'eau potable distribuée provient d'une ressource extérieure au bassin versant.

## 3.2. Le barrage de La Manzo

---

La **Figure 5** présente les principales infrastructures du Périmètre Irrigué du Sud Est (PISE) de la Martinique, propriété du Conseil Général de la Martinique, auxquelles appartient la retenue de barrage de La Manzo :

- Les ouvrages de captages,
- L'unité de prétraitement (dessableur),
- Les réservoirs de stockage,
- La retenue de barrage de La Manzo,
- La station de pompage.

L'eau destinée au PISE est prélevée à la prise d'eau située sur la rivière Lézarde. L'eau transite vers l'usine de potabilisation de Directoire ou jusqu'au périmètre du PISE qui est alimenté directement et/ou par le barrage de La Manzo. L'eau est distribuée directement aux irrigants et/ou stockée dans le barrage de La Manzo. Le fonctionnement s'effectue comme suit :

- Soit une alimentation du barrage seul ;
- Soit une alimentation simultanée du barrage et du réseau aval station de pompage de La Manzo ;
- Soit une alimentation directe du réseau aval station de pompage.

L'eau retenue par la réserve de La Manzo est pompée au niveau d'une prise d'eau située près du barrage, à la cote 34 mNGM ; deux vannes sont positionnées à deux profondeurs (haute : 38 mNGM ; basse : 34 mNGM) de manière à alimenter la station de pompage selon la hauteur d'eau stockée dans le réservoir.

## 3.3. Fonctionnement hydrologique de la retenue de La Manzo

---

### ▪ L'alimentation par la rivière Lézarde

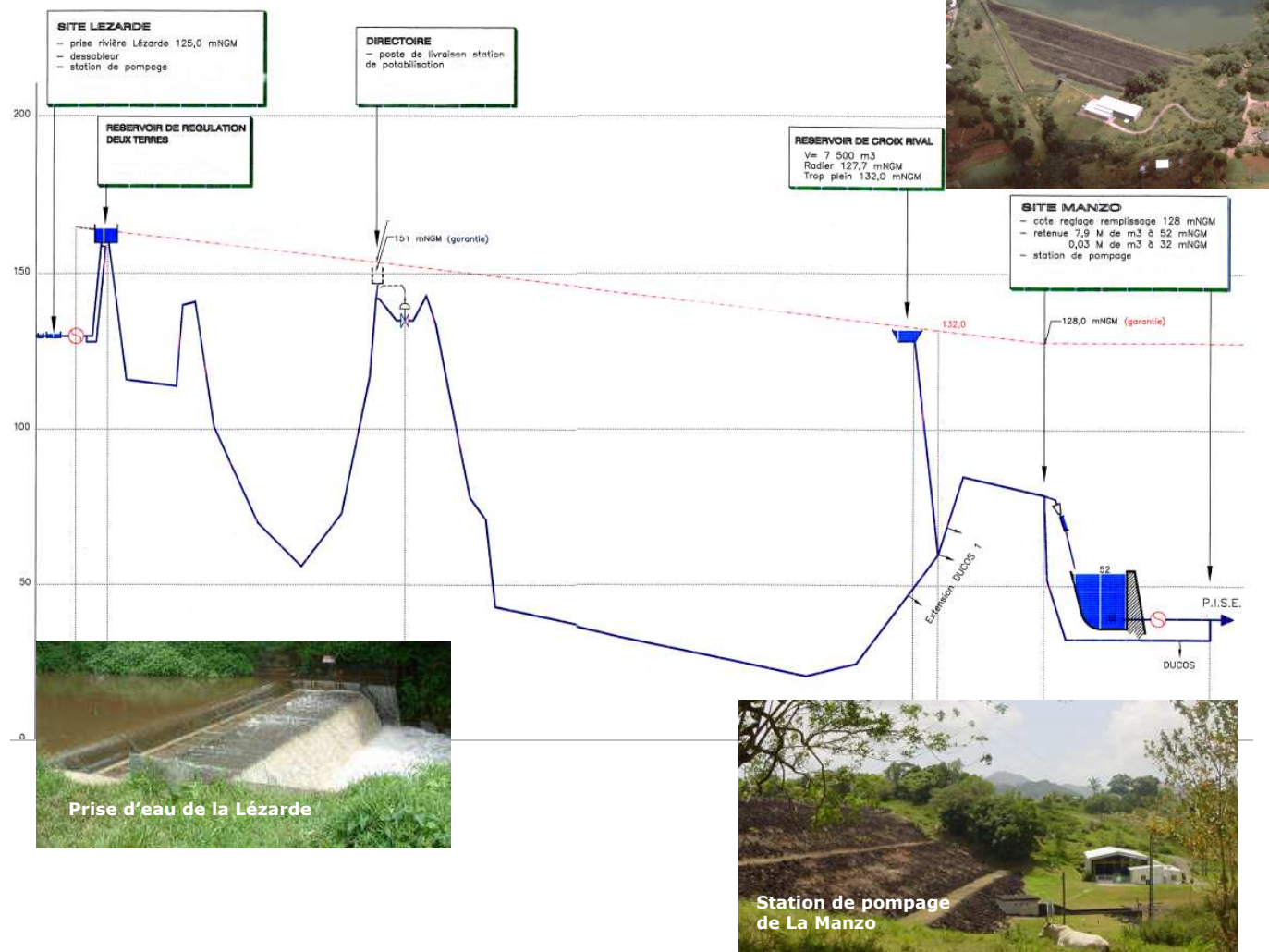
La retenue de Saint-Pierre La Manzo est essentiellement alimentée par les eaux de la station de pompage de la rivière Lézarde. Ce cours d'eau présente un fonctionnement hydrologique marqué par les saisons (carême, hivernage) :

- **En étiage** (carême, de janvier à juin) : la ressource disponible dans la rivière pendant les mois les plus secs impose de prélever prioritairement pour l'alimentation en eau potable. Les volumes dirigés vers le PISE diminuent sensiblement, en particulier entre mars et mai.

Selon les calculs réalisés par la DIREN, par extrapolation de la surface de bassin versant de la prise d'eau, le débit spécifique serait compris entre 70 et 75 l/s/km<sup>2</sup> et le module inter-annuel serait de l'ordre de 1200 l/s (Tableau 4).

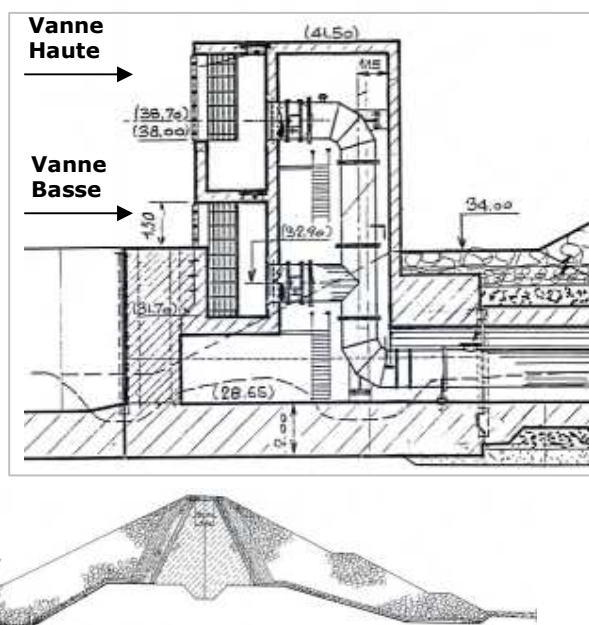
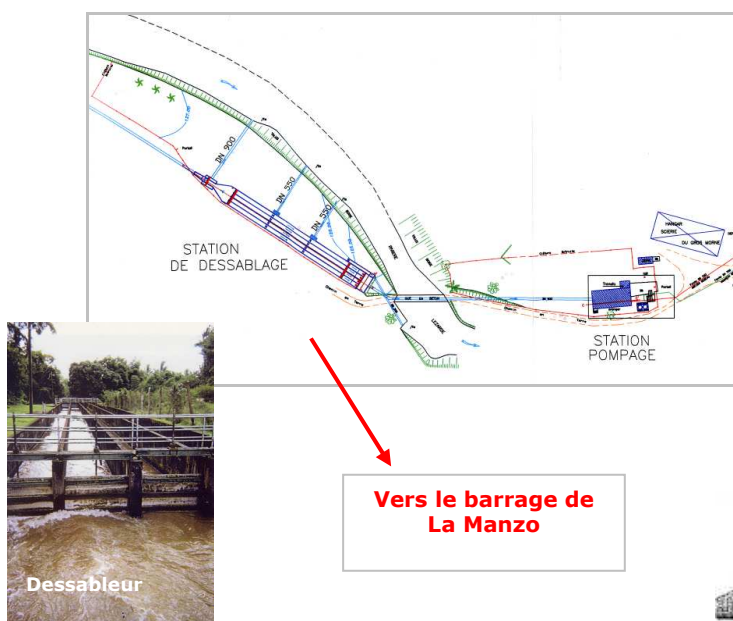
- **En hivernage** (de juillet à décembre) : les volumes disponibles dans la rivière Lézarde peuvent dépasser les capacités de pompage de la station de la Lézarde. Le débit transité vers le barrage de la Manzo est alors plus important qu'en période de carême. Le remplissage de la retenue de barrage se fait à cette saison d'autant plus que les besoins en irrigation sont également les plus faibles à cette période.

Figure 5. Plans schématiques des infrastructures du PISE



**Dessableur de la Lézarde :**

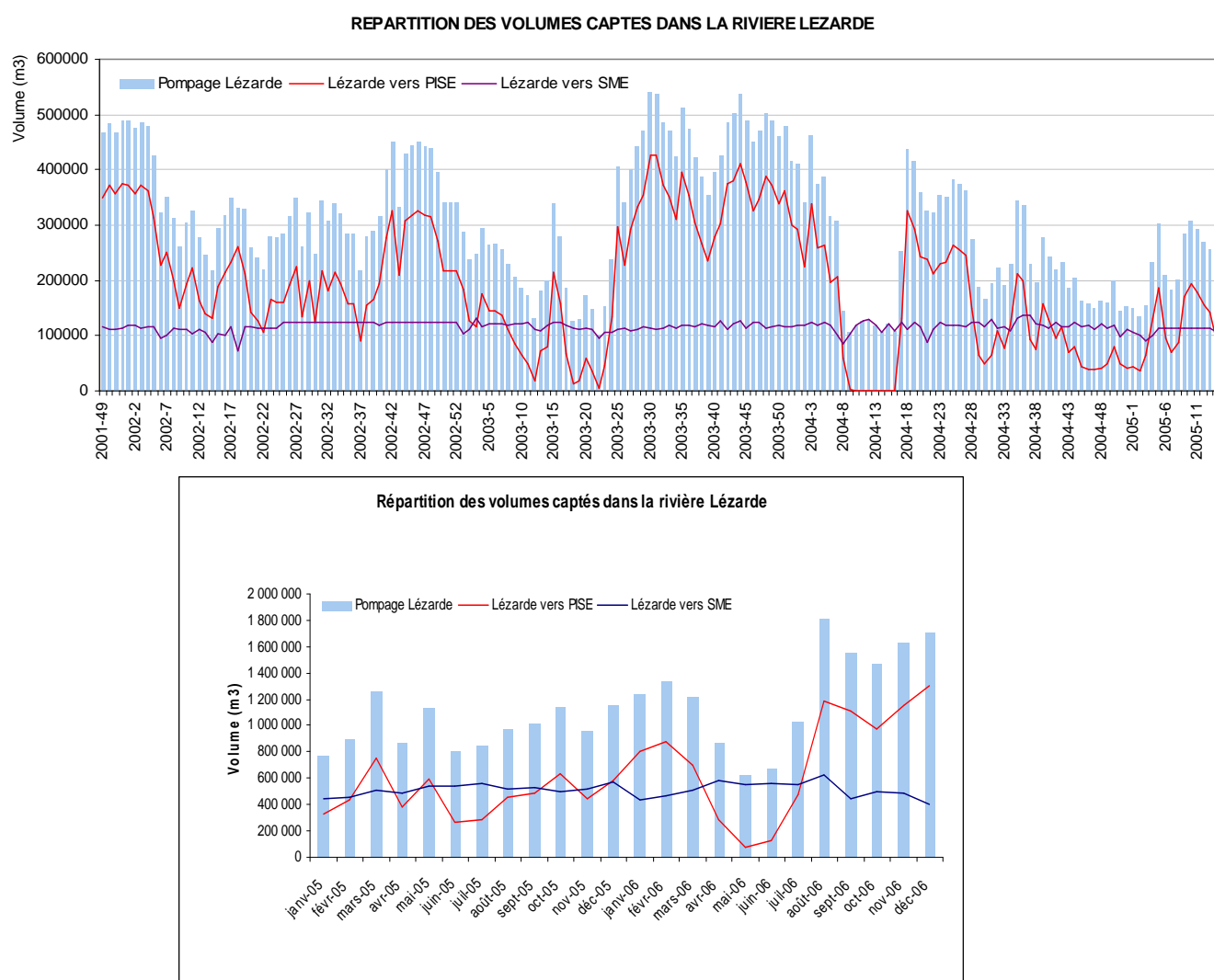
**La prise d'eau du barrage de La Manzo :**



**Tableau 4. Caractéristiques hydrologiques de la Lézarde**

	Module	débit d'étiage de fréquence quinquennal	débit réservé 2003 (10%)	débit réservé en 2010 (20%)
En l/s	1 200	234	120	240
En m <sup>3</sup> /j	103 680	20 217	10 368	20 736

Il existe un net écart entre les saisons mais aussi entre les années (Figure 6 et Tableau 5). La période de carême de 2003 a été plus marquée par la sécheresse par rapport à 2002. En 2004, des volumes plus faibles ont été globalement acheminés au PISE, en relation avec la diminution des besoins durant cette année particulièrement pluvieuse. A noter cependant une interruption totale de l'acheminement de l'eau provenant de la Lézarde en 2004, entre les semaines 10 et 16, due à des travaux sur ce réseau. Pour la même période, respectivement 1 250 000m<sup>3</sup> et 833 000 m<sup>3</sup> avait été acheminés depuis La Lézarde en 2002 et en 2003.



**Figure 6. Volumes dirigés vers le PISE entre 2002 et 2006**

**Tableau 5. Volumes dirigés vers le PISE entre 2002 et 2006**

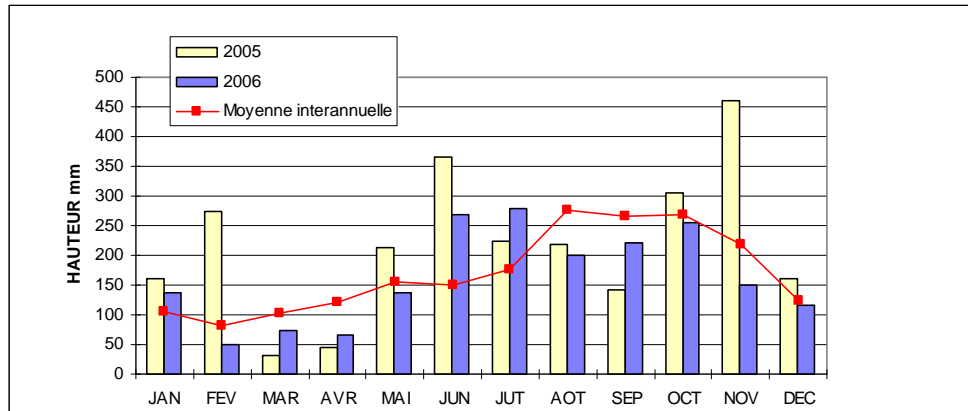
Année	Pompage Lézarde	Volumes dirigés vers le PISE (Irrigation)	Volumes dirigés vers la SME (AEP)
2002	17 451 000	11 347 000	6 104 000
2003	17 821 700	11 771 200	6 050 500
2004	12 849 807	6 759 392	6 090 415
2005	11 817 275	5 643 208	6 174 067
2006	15 171 625	9 083 693	6 087 932

### ▪ L'alimentation par le bassin versant et par les pluies

La retenue de La Manzo est située en tête de bassin versant de **la rivière la Manche**. En dehors de l'apport des eaux captées sur la rivière Lézarde, elle est alimentée par des eaux qui ruissellent sur le bassin versant et les pluies directes.

Le bassin versant de la retenue occupe une faible superficie. Les apports d'eau naturels provenant du bassin versant sont estimés à 2 000 000 m<sup>3</sup>/an en moyenne, soit une très faible proportion par rapport aux apports de la Lézarde. Les pluies directes représentent un apport d'eau faible vers la retenue. Les volumes apportés ont été particulièrement élevés en 2004 par rapport aux années sèches de 2001 et 2003 (Figure 7). Le volume moyen annuel évaporé au-dessus de la retenue de La Manzo est estimé à 1 500 m<sup>3</sup>.

Il n'y a pas de cours d'eau pérenne identifié qui alimente la retenue. A l'aval, le cours d'eau la Manche est alimenté par le débit de fuite de la retenue (débit de drainage) et s'écoule vers l'Ouest en traversant la commune de Ducos avant de rejoindre la mer au niveau de la baie de Génipa.

**Figure 7. Volumes de pluies directes sur la retenue de La Manzo entre 2005 et 2006**

## 4. Diagnose du plan d'eau

### 4.1. Evaluation des pressions sur la retenue

---

#### 4.1.1. Occupation des sols sur le bassin versant

*L'objectif, au niveau du bassin versant, est ici de s'assurer que les cycles bio-géochimiques et les apports de sédiments fins ne sont pas significativement perturbés par les apports de nutriments et l'érosion des sols agricoles, et que les apports polluants et les divers impacts physiques liés aux zones bâties sont très faibles.*

*Au niveau du plan d'eau, il s'agit d'écarter les plans d'eau recevant des rejets industriels ou urbains domestiques directement (même après passage en STEP). De même, sont écartés les plans d'eau recevant des tributaires déclassés par un rejet (même du bleu au vert selon le SEQ-Eau), et ceux dont l'altération matières phosphorées n'est pas bleu.*

Le **bassin versant de la retenue La Manzo**, s'étend sur 237 hectares. Pour un remplissage moyen, la retenue couvre 82 ha. Une grande partie des 155 hectares de terres émergées se situe au Nord-Ouest au lieu dit St Roch et en direction Morne Bel Air, sur des terrains pentus à très pentus dont le dénivelé atteint près de 245 mètres.

De manière générale, le bassin versant de la retenue de la Manzo se caractérise par une présence assez faible de l'activité agricole de production et une densité moyenne d'habitats inégalement répartis sur l'ensemble du territoire. De nombreux secteurs présentent une activité agricole traditionnelle orientée vers l'auto-consommation. Le bassin présente aussi des zones en friche ou boisées et très peu de sols nus, excepté sur les parcelles de maraîchage.

La **couverture végétale** répartie de manière **homogène** sur l'ensemble du territoire tend à limiter l'érosion et le transport de matières. Le ruissellement se localise principalement sur la partie Nord Ouest du bassin où les pentes sont les plus fortes.

Le secteur au Nord-Est du bassin versant présente des **zones d'habitations de densité moyenne à forte**. Les propriétés contiguës et ornementées sont clairement délimitées. Elles se situent sur un secteur à forte pente atteignant 300 mètres sur la pointe nord du bassin. Les risques de ruissellement liés à la forte pente et à la présence de surfaces imperméabilisées peuvent être importants sur ce secteur. Par contre, la présence de couvert végétal et l'absence de terrain nu, limitent les risques de transport de matières terreuses.

Plusieurs secteurs se caractérisent par une **agriculture traditionnelle et une densité d'habitation moyenne à faible**. Principalement situées en bordure de la retenue, trois zones de ce type sont identifiables : à l'Ouest, entre la nationale 6 et La St Pierre, à l'Est sur la presqu'île de Duquesne et enfin au Sud à proximité du lieu dit La Manzo. Les productions, destinées à la consommation personnelle, sont variées : arbres fruitiers (manguiers), bananiers, ananas. Quelques bovins au piquet, cabris et volailles sont aussi présents.

Quelques parcelles de **productions agricoles** telles que la banane export, la canne à sucre ou le maraîchage sont cultivées autour de la retenue : à l'Ouest sur La St Pierre et à proximité, au Nord en bordure de nationale 6, à l'Est sur le secteur de La St Pierre et Petite Gamelle et enfin à proximité de Morne Gamelle ainsi qu'au Sud du bassin. Ces parcelles sont généralement situées sur des terrains à faibles pentes et à proximité de la retenue.

Enfin, le bassin versant présente des **zones de friches ou boisées**. Généralement situées sur des secteurs pentus, elles se situent à proximité des lieux dits La St Pierre Est et Ouest, au Nord Est entre les deux secteurs d'habitations et enfin de part et d'autre de Morne Gamelle.

Au vu de cette description, **deux sources de pollution** sont susceptibles de favoriser l'apparition du phénomène d'eutrophisation : l'agriculture d'une part et l'assainissement d'autre part, l'activité industrielle étant inexistante sur le bassin versant.

Une **première évaluation des principales sources exogènes** potentielles de composés phosphorés et azotés a été réalisée en 2005 (Conseil Général, Asconit C., 2005). Ces sources sont essentiellement constituées par :

- Les apports ponctuels de la rivière Lézarde,
- Les apports diffus d'origine agricole et domestique.

Les apports en azote et en phosphore issus du captage de la rivière Lézarde et dirigés vers le réservoir ont été estimés sur la base des volumes d'eau annuels entrant dans la retenue et des concentrations moyennes de chaque nutriment dans les eaux de la rivière (Tableau 6).

Les apports annuels en **azote** issus de la rivière Lézarde varient **entre 0,8 et 4,7 tonnes/an**. Les apports en **phosphore** sont estimés **entre 0 et 60 kg/an**. Sur les cinq dernières années, la moyenne des apports est estimée à 3 tonnes d'azote et 23,8 kg de phosphore.

**Tableau 6. Apport en nutriments (N et P) provenant de la Lézarde (2002 à 2006)**

Année	Volume annuel entrant dans la retenue (m³/an)	AZOTE Concentration moyenne dans la rivière Lézarde (mg/l)	AZOTE Apports annuels estimés (kg/an)	PHOSPHORE Concentration moyenne dans la rivière Lézarde (mg/l)	PHOSPHORE Apports annuels estimés (kg/an)
2006	5 481 451	0.54	2 960	0	0
2005	799 784	1.00	800	0	0
2004	2 043 572	1.20	2 452	0.01	20
2003	5 682 261	0.83	4 735	0.01	57
2002	4 162 625	1.00	4 163	0.01	42
<b>Moyenne</b>	2 841 872	<b>0.91</b>	<b>3 022</b>	<b>0.006</b>	<b>23.8</b>

L'estimation de la quantité d'azote et de phosphore générée par l'activité agricole a été centrée sur les productions de banane et de canne pour plusieurs raisons. Ce sont les cultures majoritaires en termes de superficie, les autres productions étant très réduites. N'ayant pas une connaissance précise des pratiques de fertilisation sur le secteur, une moyenne des pratiques en Martinique a été utilisée.

Sur le bassin versant, on peut estimer entre 4 800 et 5 360 kg la quantité d'azote épandue sur les parcelles de banane et de canne à sucre, et entre 1 904 et 2 338 kg celle du phosphore.

Une partie mineure de ces apports est susceptible d'être transférée au milieu naturel puisque la majorité de ces apports est utilisée pour la croissance des plantes et seule la part qui ruisselle sur le bassin versant parviendra à la retenue. Concernant la culture de banane, cette part est estimée **entre 132 à 296 kg d'azote et 43 et 98 kg de phosphore**, ce qui représente **une quantité très faible rapportée au volume d'eau de la retenue de La Manzo**.

La pollution potentielle liée à l'assainissement dépend largement des pratiques et du type d'assainissement en place. La présence d'assainissement autonome sur l'ensemble du bassin versant et les fortes suspicions quant au non respect des normes réglementaires sur les installations autonomes laissent supposer une pollution d'origine domestique sur le bassin versant.

Le nombre de résidences présentes sur le bassin versant est estimé à 397. Les hypothèses suivantes ont été retenues : une moyenne de 3 habitants par résidence, une production de 15 g d'azote et de 4 g de phosphore par jour et par habitant.

Au vu du manque de connaissance sur la présence et l'efficacité de traitement individuel, deux hypothèses sont réalisées quant au taux de transfert au milieu. Appliqué à la production initiale, ce taux doit permettre de considérer la quantité rejoignant les eaux superficielles. L'hypothèse optimale considère un abattement de 50 %, l'hypothèse pessimiste un abattement de 10%.

La quantité issue de l'assainissement produite par an et susceptible de parvenir à la retenue est estimée à :

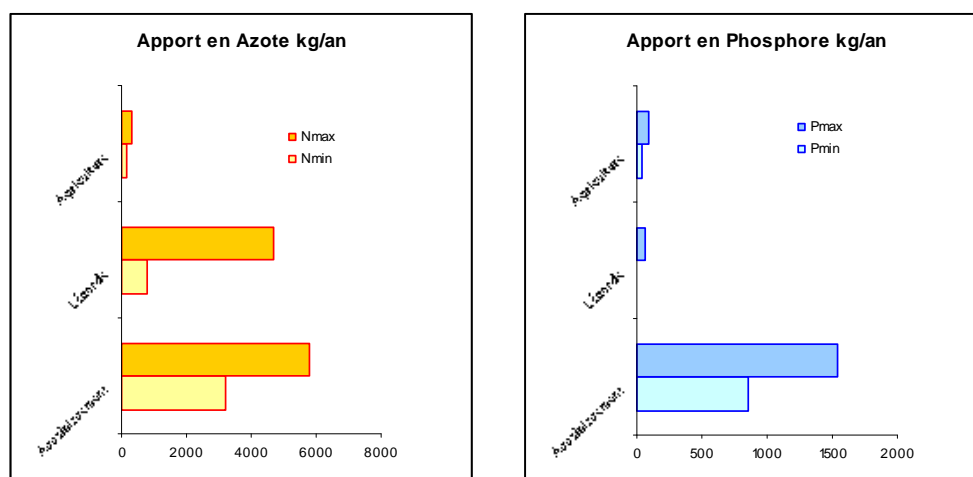
- **entre 3 215 et 5 788 kg/an en azote ;**
- **entre 857 et 1 543 kg/an en phosphore.**

Les **apports annuels de trois principales sources de nutriments azotés et phosphorés sur le bassin versant** de La Manzo ont été estimés. Les principales composantes des apports identifiées sont l'assainissement et les eaux de la rivière Lézarde (volumes d'eau 2002-2006)

**La charge externe en azote estimée entre 2002 et 2006 est de 4,2 à 10,8 tonnes/an. L'apport en phosphore annuel varie entre 0,9 et 1,7 tonne.**

A titre indicatif, dans le cadre du contrôle du phénomène d'eutrophisation dans un lac de barrage algérien<sup>3</sup> de 14,6 millions de m<sup>3</sup>, et d'une profondeur moyenne de 28 m, il a été estimé que pour ramener le réservoir eutrophe à un état oligo-mésotrophe, la charge externe admissible modélisée en phosphore devait être de 2,8 à 4 tonnes/an. Une charge externe observée initialement de 20 tonnes/an était beaucoup trop élevée.

**La charge externe en phosphore (élément généralement considéré comme facteur responsable de l'accroissement de la production algale) apportée à la retenue de La Manzo ne semble pas excessive.**



**Figure 8. Apports annuels externes en azote et en phosphore estimés entre 2002 et 2006 pour les principales sources exogènes identifiées sur le bassin versant de La Manzo**

<sup>3</sup> Diagnostic et contrôle du phénomène d'eutrophisation du barrage de Keddara - Algérie. Samir Boucheraï.



Il est toutefois rappelé que les apports estimés pour la retenue de La Manzo sont à prendre avec beaucoup de précautions compte tenu des conditions d'évaluation de cette charge.

La retenue de Saint-Pierre La Manzo est essentiellement alimentée par les eaux de la station de pompage de la rivière Lézarde. En dehors de l'apport des eaux captées sur la rivière, elle est alimentée par des eaux qui ruissellent sur le bassin versant et les pluies directes. Il n'y a pas de cours d'eau pérenne identifié qui alimente la retenue.

**Les apports des tributaires ne constituent donc pas une source d'altération pour le plan d'eau.**

## 4.1.2. Régime hydrologique

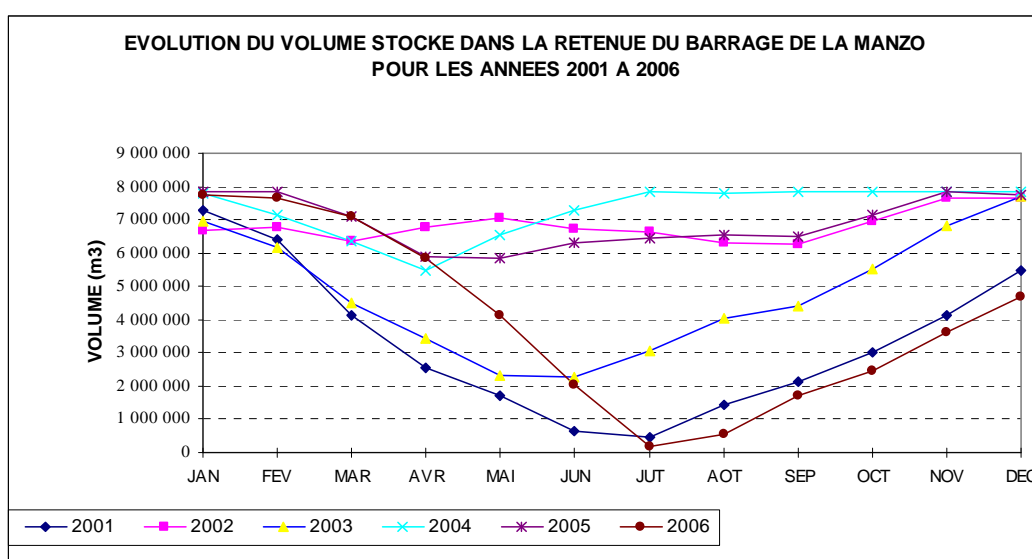
*L'objectif, au niveau du bassin versant, est ici d'écarter les plans d'eau pour lesquels le module d'un des tributaires a été modifié (dérivation, pompage, ...).*

*Au niveau du plan d'eau, les modifications du régime hydrologique concernent l'existence ou non d'un marnage artificiel (ou artificialisé, s'il en existait un naturellement auparavant), la modification de la circulation interne de la masse d'eau (systèmes d'agitation, pompage, ...), les prélèvements (moins de 2% des apports entrants annuellement).*

Aucun cours d'eau pérenne identifié n'alimente la retenue de La Manzo. Les volumes d'eau proviennent majoritairement du captage de la rivière Lézarde.

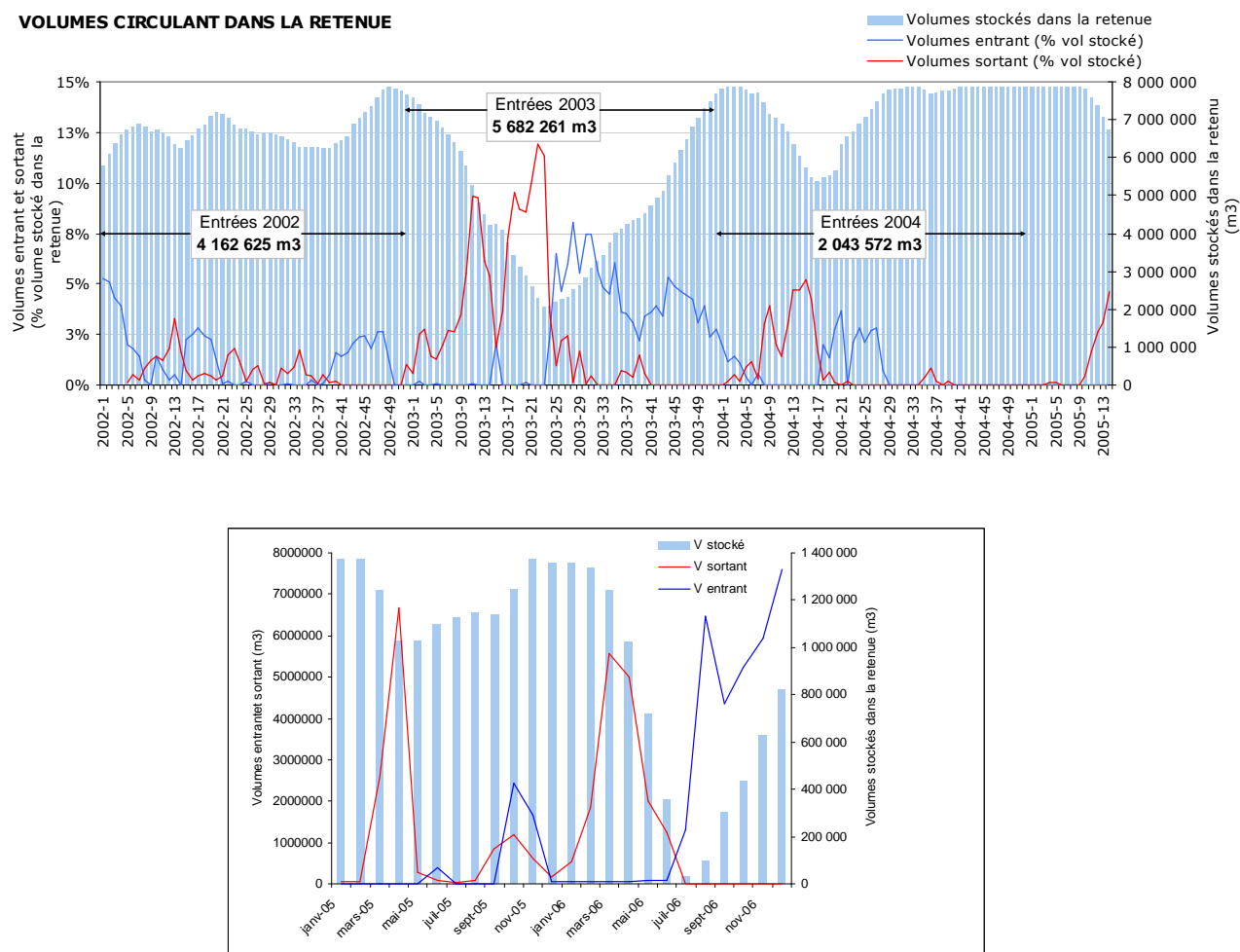
Les **volumes d'eau circulant dans la retenue de La Manzo** sont variables en fonction des années et de la saison. Les côtes hebdomadaires relevées par le BGPISE, entre 1996 et 2005 (Figure 9), montrent une forte diminution du volume stocké dans la retenue en période de carême, lorsque la rivière Lézarde présente un débit insuffisant pour couvrir les besoins du PISE. Elle est ensuite réalimentée par les eaux de la Lézarde dès que le débit de la rivière devient suffisant pour couvrir les besoins pour l'AEP et pour le PISE (en hivernage).

La Figure 10 présente la part des volumes hebdomadaires stockés, entrant et sortant de la retenue de barrage. On note les plus fortes variations des volumes en année sèche (2003), ce qui traduit un renouvellement rapide de l'eau dans le réservoir par rapport à une année pluvieuse où les volumes d'eau entrant et sortant de la retenue sont moins importants.



**Figure 9. Volumes hebdomadaires stockés dans la retenue de La Manzo depuis 1996**

## VOLUMES CIRCULANT DANS LA RETENUE



**Figure 10. Volumes circulant dans la retenue de La Manzo. Part des volumes entrant et sortant par rapport au volume présent dans le réservoir 2002 à 2006**

Le **temps de séjour de l'eau estimé** dans le réservoir est alors 2 à 6 fois plus long en année humide, lorsque les volumes circulant dans le plan d'eau sont faibles (Tableau 7). En 2003, l'importance des volumes sortant du premier semestre et des volumes entrant du second semestre a permis de renouveler le stock d'eau de la retenue en quelques mois. En revanche, les faibles variations des volumes circulant notées en 2004 et 2005 (années particulièrement pluvieuses) ne permettent pas un renouvellement des eaux du réservoir dans l'année. En maintenant ces conditions de faible circulation des eaux, compte tenu des volumes entrant dans la retenue et du volume stocké, il faudrait plusieurs années pour renouveler entièrement les eaux du bassin. Ceci donne un temps de séjour moyen estimé à 2,7 années.

**Tableau 7. Temps de séjour de l'eau estimé dans la retenue de La Manzo sur cinq années (2002 à 2006)**

Année	Volume moyen mensuel stocké (m3)	Temps de séjour (an)
2006	3 972 562	1,0
2005	6 922 542	5,8
2004	7 302 458	4,2
2003	4 762 417	0,8
2002	6 817 333	1,7

Suite à l'étude précise des suivis géologiques de la retenue, il apparaît qu'aucune **connexion aux masses d'eau souterraine** n'a été détectée. La mise en place à partir d'un noyau d'argile ne permet en effet aucune connexion toute masse d'eau souterraine.

### 4.1.3. Régime sédimentaire

*A l'échelle du bassin versant, la modification des flux particuliers sur les tributaires peut avoir un impact notable sur le plan d'eau lui-même.*

Les apports en MES provenant de La Lézarde et du bassin versant sont considérés comme faibles. Il n'existe pas de relevés permettant une estimation fiable de la quantité de sédiments apportés par la rivière Lézarde (pas de suivi de crue), ni ceux présents au fond de la retenue depuis sa mise en eau.

### 4.1.4. Berges

*Au niveau du plan d'eau, Les modifications de la rive impliquent les artificialisations en tant que telles (endiguement, zones portuaires, constructions,...) mais aussi les zones de plage.*

A l'exception de la structure du barrage, les berges ne montrent pas de marques d'artificialisation.

### 4.1.5. Autres critères

*Il s'agit d'écarter les plans d'eau pour lesquels :*

- *Des étangs toujours en exploitation sont présents sur le bassin versant ;*
- *Une zone humide associée a été détruite (drainage, comblement, aménagement,...) ;*
- *Ceux qui ont perdu la connectivité naturelle pour le poisson, tant avec l'amont qu'avec l'aval ;*
- *Sont observés des espèces proliférantes (macrophytes, avifaune, phytoplancton, macroinvertébrés, poissons), même non exotiques ;*
- *Une activité de pisciculture est installée ;*
- *Le poisson était absent et a été introduit. Sont potentiellement retenus ceux qui ont été dans ce cas mais n'ont pas fait l'objet d'un empoissonnement depuis 5 ans.*

La retenue de La Manzo représente la seule zone humide du bassin versant. Elle n'abrite pas d'activité de pisciculture. Aucune introduction d'espèces n'a été officiellement réalisée. Cependant, on note la présence du tilapia, espèce exotique, qui se reproduit dans le plan d'eau. Il semble qu'aucun empoissonnement n'ait été réalisé au cours des deux dernières années. Aucune espèce proliférante n'a été répertoriée. (faune, flore).

### 4.1.6. Synthèse

La grille de critères de référence utilisée par la DCE ci-après a été renseignée à partir des données actuellement disponibles.

## EVALUATION DU STATUT DE SITE DE REFERENCE

### BASSIN VERSANT

#### ◇ Occupation du sol dominante sur le BV du plan d'eau :

Forêt naturelle, friches, landes, prairies, paturages, ...  
Culture intensive (labours)  
Vergers  
Urbanisation et zones périurbaines  
Rejets via tributaires

Réf. Possible	Doute	Déclassant
> 90%	> 80%	Déclassant
Absence	< 10% SAU	Déclassant
Absence	< 1% SAU	Déclassant
Absence	< 8%	Déclassant
Absence	Non signif.	Déclassant

#### ◇ Régime hydrologique :

Modification du module des tributaires

Absence	Non signif.	Déclassant
---------	-------------	------------

#### ◇ Régime sédimentaire :

Blocage du flux sédimentaire  
Erosion généralisée des sols

Absence	Non signif.	Déclassant
Absence	Non signif.	Déclassant

### PLAN D'EAU

#### ◇ Rejets polluants :

Industriels (et urbains avec industries)  
Urbains domestiques  
Rejets diffus (et dispersés)

Absence	Non signif.	Déclassant
Absence	Non signif.	Déclassant
Absence	Non signif.	Déclassant

#### ◇ Modifications du régime hydrologique :

Marnage artificiel ou artificialisé  
Modification de la circulation interne de la masse d'eau  
Prélèvements

Absence		Déclassant
Absence		Déclassant
Absence	< 2%	Déclassant

#### ◇ Modifications "lourdes" des rives :

(digues, plages, artificialisation, ..., en % du linéaire du tronçon)

≤ 10%	≤ 20%	Déclassant
-------	-------	------------

#### ◇ Perte de connectivité naturelle

#### ◇ Prolifération d'espèces

#### ◇ Dégradation zone humide associée

#### ◇ Pisciculture

#### ◇ Création d'un peuplement de poisson

Absence		Déclassant
Absence		Déclassant
Absence		Déclassant
Absence		Déclassant
Absence	> 5 ans	Déclassant

### APPRECIATION GLOBALE DU PLAN D'EAU PAR L'EXPERT

Référence

Perturbée

De nombreux critères sont déclassants pour une candidature au statut de référence « plans d'eau ». **La retenue de La Manzo ne doit cependant pas atteindre le très bon état écologique. Les futurs critères de bon potentiel écologique, dès qu'ils seront disponibles au niveau national, devront permettre de préciser l'état du plan d'eau compte tenu des altérations physiques inévitables.**

**Il semble néanmoins que les perturbations anthropiques émanant du bassin versant soient évaluées comme faibles et non significatives. Il apparaît nettement que les critères déclassants s'illustrent par le caractère artificiel de la retenue et par son fonctionnement inhérent à son usage exclusif c'est-à-dire l'irrigation. On peut dès lors se demander si l'état actuel du plan d'eau du point de vue hydromorphologique ne correspond pas au meilleur état qui puisse être attendu.**

## 4.2. Caractérisation physico-chimique des eaux du plan d'eau

Il est important de noter en préalable que les campagnes de mesures pour le suivi 2006 ont été réalisées dans des conditions particulières et sont susceptibles de retranscrire un état exceptionnel ou transitoire de cette masse d'eau. En juin 2006, les mesures et les prélèvements ont été effectués au cours de la vidange décennale du barrage de La Manzo, c'est-à-dire dans des conditions spécifiques liées à l'abaissement du plan d'eau ; en novembre 2006, ces opérations ont été faites lors de la remontée des eaux.

### 4.2.1. Conditions physico-chimiques in situ

Des mesures physico-chimiques *in situ* ont été effectuées au moyen d'une sonde multiparamètre (modèle 340i – WTW).

Sur chaque paramètre étudié in situ, des profils verticaux ont été réalisés en 2006 : deux en juin et trois en novembre. Les résultats sont présentés dans la Figure 11 ci-après.

Les profils verticaux établis en juin 2006, en fin de vidange (basses eaux), avaient mis en évidence une homogénéité des conditions physico-chimiques *in situ* dans la colonne d'eau. Aucune stratification des couches d'eau n'avait été observée. Du fait d'une hauteur d'eau plus faible et mouvement des différentes masses d'eau, les opérations d'abaissement du plan d'eau ont permis un brassage des eaux et une perte de la stratification.

En novembre 2006, on retrouve des conditions de stratification comparables à celles notées en avril 2005, en hautes eaux. Ces conditions sont établies alors que la retenue est en phase de remontée des eaux et n'est remplie qu'au  $\frac{3}{4}$  de sa capacité.

La transparence mesurée au disque de Secchi a été de 1,2 m (anses) à 1,6 m (proche barrage), ce qui permet une définition de la limite inférieure de la zone euphotique (où se développent les algues) à 3-4 m.

**Tableau 8. Mesures de transparence *in situ* réalisées en 2006.**

RETENUE DE LA MANZO – Nov. 2006	Transparence Nov. 2006		Transparence Juin 2006	
	Disque de Secchi (m)	Zone euphotique (m)	Disque de Secchi (m)	Zone euphotique (m)
Point de mesures physico-chimiques n°1 (anse n°1)	1,2	3	0.45	1.1
Point de mesures physico-chimiques n°2 (anse n°2)	1,2	3	-	-
Point de mesures physico-chimiques n°3 (proche barrage)	1,6	4	0.45	1.1

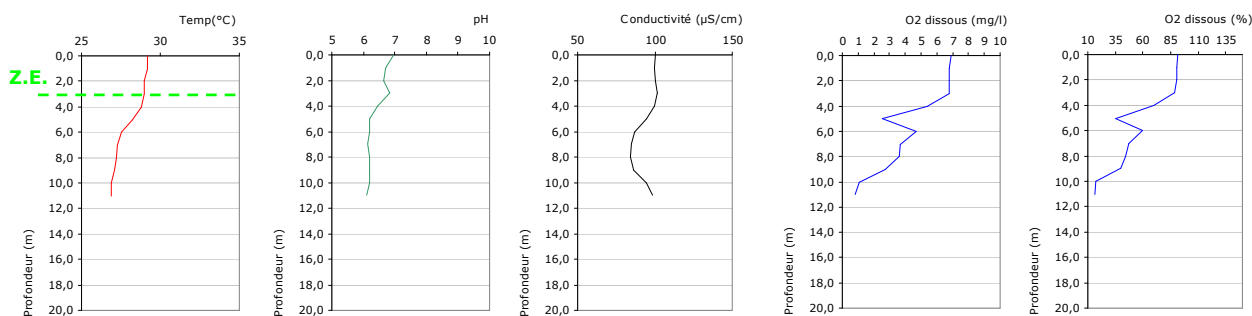
On distingue ainsi nettement trois couches d'eau distinctes :

- Une couche superficielle ou épilimnion, jusqu'à 4 m : présentant les températures les plus élevées et une concentration moyenne en oxygène dissous ;
- Une couche intermédiaire ou métalimnion, entre 4 et 6 m : où les températures et les concentrations en oxygène diminuent significativement ;
- Une couche profonde, au-delà de 6 m de profondeur : où les valeurs de température et d'oxygène sont les plus faibles.

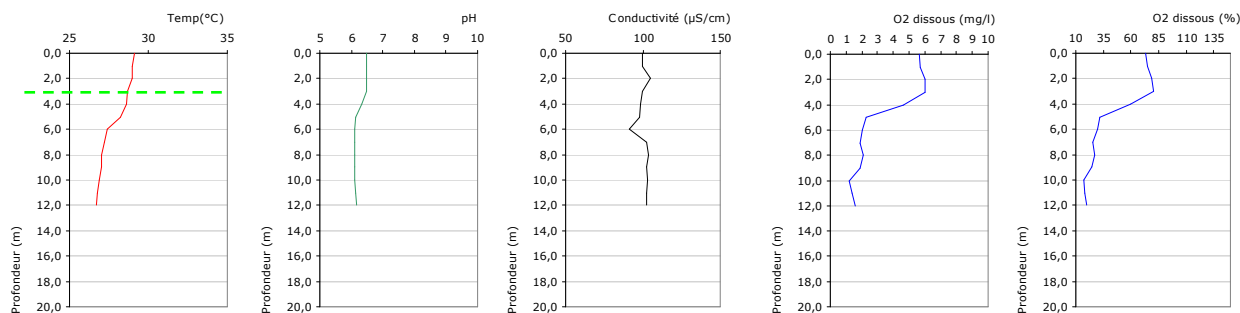
Jusqu'à 4 m de profondeur, soit la hauteur de la zone euphotique où se développent les algues (profondeur du Secchi à 1,6 m), les conditions d'oxygénation sont relativement stables, moyennes à forte. Au-delà, on note une chute très significative des concentrations, jusqu'à des valeurs minimales inférieures 2 mg/l (20-30 % de saturation).

**Figure 11. Profils physico-chimiques verticaux réalisés en 2006**

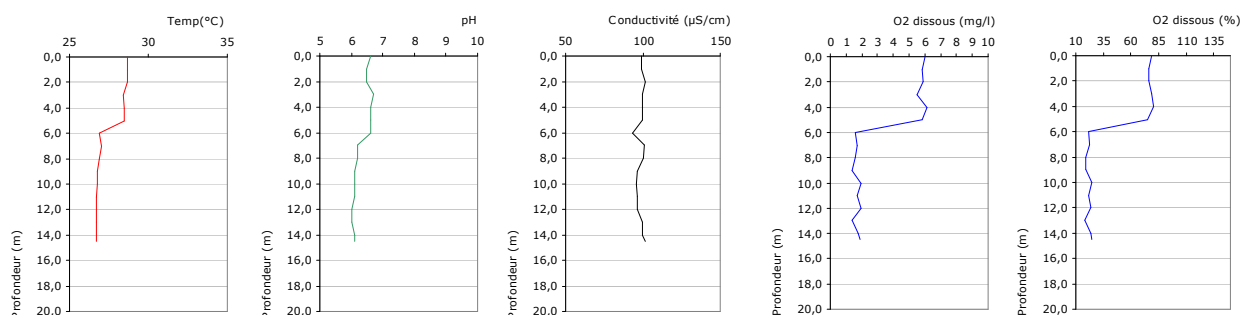
**Anse (n°1) :**



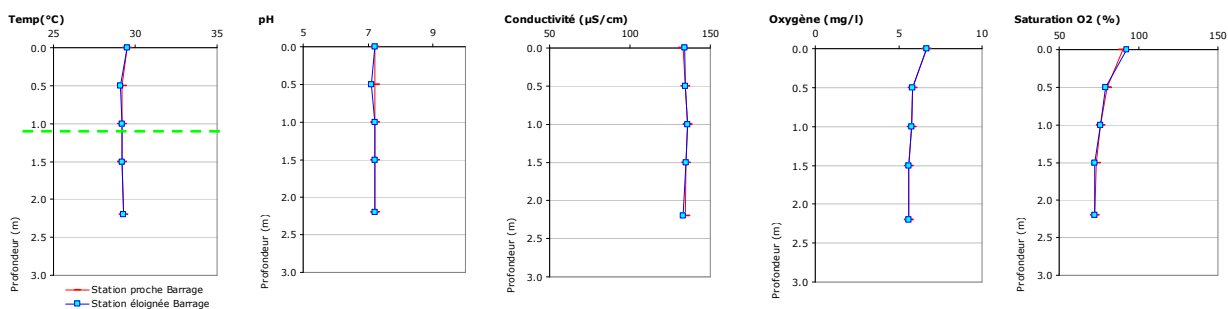
**Anse (n°2) :**



**Barrage (n°3) :**

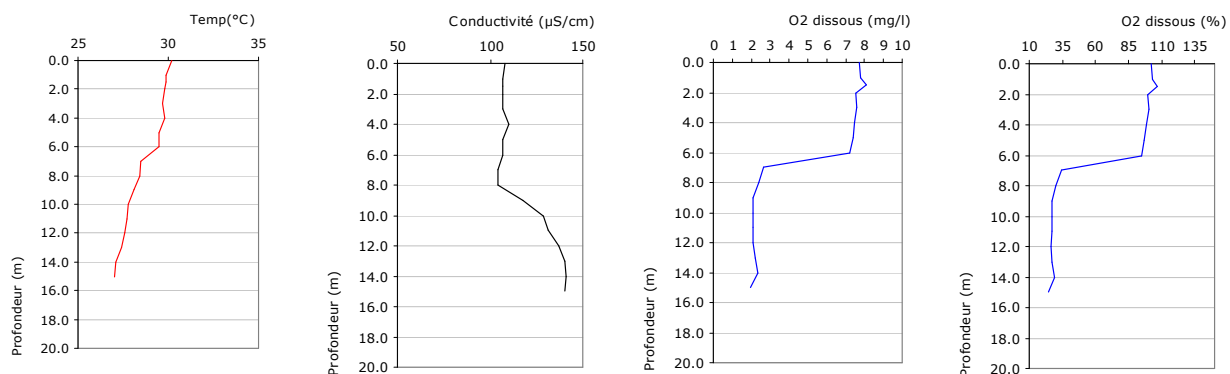


**Profils verticaux réalisés en juin 2006 (barrage) :**



Les profils verticaux de température et d'oxygène dissous établis sur trois points de la retenue de La Manzo ont mis en évidence une stratification des couches d'eau caractérisée par un épilimnion moyennement oxygéné tandis que la couche hypolimnion est déficitaire en oxygène.

**Figure 12. Rappel des profils verticaux réalisés en avril 2005 :**



Pour mémoire, les profils verticaux réalisés **en 2005** avaient permis d'observer une chute des concentrations en oxygène au fond du réservoir (Les profils verticaux de température et d'oxygène dissous établis sur trois points de la retenue de La Manzo ont mis en évidence une stratification des couches d'eau caractérisée par un épilimnion moyennement oxygéné tandis que la couche hypolimnion est déficitaire en oxygène).

Figure 12). Jusqu'à 4 m de profondeur, soit la hauteur de la zone euphotique où se développent les algues (profondeur du Secchi à 1,6 m), les conditions d'oxygénation étaient relativement stables, sursaturées. Au-delà, on notait une chute très significative des concentrations, particulièrement nette entre 6 et 8 m où elles atteignaient des valeurs minimales de l'ordre de 2 mg/l (25-30 % de saturation).

Cette stratification, bien que moins bien individualisée, avait été observée pour la température. On différenciait ainsi : une couche superficielle ou épilimnion, jusqu'à 4-5 m ; une couche intermédiaire ou métalimnion, entre 5 et 8 m ; une couche profonde, au-delà de 8 m de profondeur.

## 4.2.2. Paramètres chimiques analysés en laboratoire

Sur chaque point de mesure, des prélèvements d'eau ont été réalisés à différentes profondeurs afin de caractériser certains paramètres chimiques des eaux. Les résultats des analyses, réalisées en laboratoire agréé, sont présentés dans le tableau ci-après :

Tableau 9. Résultats d'analyses des eaux de la retenue de La Manzo (Campagnes 2005 et 2006)

Paramètres	Unités	Nov. 06 Intégré	Nov. 06 Intermédi.	Nov. 06 Fond	Juin 06 Intégré	Juin 06 Intermédi.	Juin 06 Fond	Avr. 05 Surface	Avr. 05 Fond
Transparence	(m)	1,6			0,45				
Matières organiques et oxydables									
Saturation en O2	(%)	78.7	19.2	23.5	80.1	76.2	72.6	102.5	24.8
DBO5	mg/l O2	3	2	2	0.0	0.0	0.0		
DCO	mg/l O2	< 30	60	< 30	31	< 30	37		
COD	mg/l C	2.3	3.7	2.4	Non disponible (problème laboratoire)				
COT	mg/l C	2.5	4.5	2.6					
NH4	mg/l NH4	< 0.1 (0,008)*	0.19	0.72	0.33	0.48	0.4	0	0.2
NTK	mg/l N	0.7	0.6	1.1	0.6	1.0	0.7	0.69	1.3
Azote, Phosphore									
NO3	mg/l NO3	< 0.1 (0)*	< 0.1 (0,073)*	< 0.1 (0)*	0.15	0.19	0.16	0.03	0.00
NO2	mg/l NO2	< 0.05 (0)*	< 0.05 (0)*	< 0.05 (0)*	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
Phosphore total	mg/l P	< 0.05 (0)*	< 0.05 (0)*	< 0.05 (0)*	Non disponible (problème laboratoire)			< 0.1	0.1
Phosphore total	mg/l P2O5	< 0.1 (0)*	< 0.1 (0)*	< 0.1 (0)*				< 0.1	0.23
Orthophosphates	mg/l PO4	< 0.1 (0)*	< 0.1 (0)*	< 0.1 (0)*	< 0.1	< 0.1	< 0.1	0	0
Particules en suspension									
MES	mg/l	14	17	26	30	35	25	18.5	25
Turbidité	NTU	4.8	4.2	7.6	19	26	> 40	3.2	5.1
Acidification									
pH	unité pH	6.5	6.2	6.1	7.2	7.2	7.2	7.6	6.7
Minéralisation									
Conductivité	µS/cm	99.8	101.1	101.9	134.6	135.7	134.4	102	118
Silice	mg/l	20	19	19	Non disponible (problème laboratoire)			16	16
Sulfates	mg/l				4.87		5.66	2	0.5
Calcium	mg/l				6.2		5.7	5.6	6.2
Fluorures	µg/l	23.0	14.0	23.0	42.0	54.0	43.0	0	0
Magnésium	mg/l				3.2		3.0	2.1	2.2
Sodium	mg/l				9.0		9.0	7.7	10.8
Potassium	mg/l				1.8		1.8	1.5	1.8
TAC	(d°F)	2.7	2.6	2.6	3.4	3.4	3.4	3.0	3.7
TH	(d°F)	1.7	1.4	1.4	2.5	2.6	2.5		
Carbonates	mg/l CO3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Hydrogénocarbonates	mg/l	32.6	31.1	32.2	41.6	41.2	41.3	37	45.5
Micropolluants minéraux sur eau brute									
Arsenic	µg/l	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5		
Aluminium	µg/l	16	13	120	Non disponible (problème laboratoire)				
Bore	µg/l	25	25	32					
Cyanures totaux	µg/l	< 10	< 10	< 10					
Fer total	µg/l	18	< 10	489	660	880	4 739	375	5 966
Manganèse total	µg/l	< 10	< 10	34	447	403	614	89	2 681
Effets des proliférations végétales									
Chlorophylle a Phéopigments	µg/l	5.91 2.2	-	-	32.02 10.09	-	-	4	-

(n)\* : données paillasse



### 4.2.3. Composés azotés et phosphorés

Ces composés sont recherchés dans les eaux car ils sont les éléments nutritifs essentiels au développement des végétaux : algues et macrophytes aquatiques, source primaire de la vie aquatique.

Quatre types de composés, caractérisant le cycle de l'azote ( $\text{NtK}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ), sont recherchés dans les eaux car leurs concentrations respectives permettent d'apprécier l'état de la masse d'eau. Le  $\text{NH}_4^+$  est la forme la plus réduite de l'azote minéral. Sa présence traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. La nitrification (transformation de  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$ , via le  $\text{NO}_2^-$ ) dépend principalement de la teneur en oxygène, du pH, de la température et des teneurs en  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NO}_3^-$ . Les eaux riches en matière organique, ou en condition anaérobie, peuvent présenter des concentrations en  $\text{NO}_2^-$  et  $\text{NH}_4^+$  importantes, alors qu'elles sont naturellement présentes sous forme de traces (zone de transition « eau-sédiment », rejets de type domestique, eaux eutrophes, ...).

Les concentrations naturelles en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) varient entre 1 et 15 mg/l  $\text{NO}_3^-$ , avec une valeur optimale de 2 à 3 mg/l. Une forte teneur en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) peut résulter d'une pollution agricole ou domestique. Cet élément n'est pas toxique mais reste responsable de la dégradation des eaux naturelles en favorisant l'eutrophisation du milieu. Les nitrates sont facilement utilisés par les végétaux aquatiques.

Pour les composés phosphorés, les ions orthophosphates sont la forme la plus importante pour les algues. Certaines espèces de chlorophycées absorbent toutefois les phosphates inorganiques. Leurs présences dans les eaux permettent de révéler un potentiel à l'eutrophisation de la masse d'eau.

Les concentrations en éléments azotés observées **en 2005** étaient faibles à nulles (Tableau 9). Les teneurs en phosphore dans l'essentiel de la colonne d'eau (< 40  $\mu\text{g/l}$  P, selon les valeurs de paillasse) étaient moyennes pour un plan d'eau tropical ; elles étaient élevées au fond du plan d'eau (100  $\mu\text{g/l}$ ).

En **juin 2006**, les données de phosphore n'ont pu être fournies par le laboratoire. Les composés azotés  $\text{NO}_3^-$  ont été identifiés dans l'eau alors qu'ils étaient absents en 2005. Les  $\text{NH}_4^+$  ont également été retrouvés dans des concentrations plus importantes, dans l'ensemble de la colonne d'eau alors qu'ils avaient été uniquement détectés au fond du plan d'eau en 2005. Cette évolution est à rapprocher de l'état du barrage à cette période : homogénéisation de la masse d'eau liée à la vidange et mouvement des eaux pouvant mobiliser en partie les couches profondes (plus riches en  $\text{NH}_4^+$ ). Les valeurs de l'azote minéral ( $\text{NH}_4^+$   $\text{NO}_3^-$ ) situent la masse d'eau (du fond à la surface) comme une eau de bonne qualité (selon le SEQ : 0,2 mgN/l <N min. < 0,4 mgN/l).

En **novembre 2006**, les concentrations de la plupart des éléments nutritifs (nitrates, nitrites, phosphore, orthophosphates) sont très faibles à nulle (en dessous des limites de quantification). La présence d'ammonium confirme la présence de conditions réductrices dans les zones profondes de la retenue, plus marquée au fond que dans la zone moyenne du plan d'eau. Les teneurs en phosphore ne définissent pas une masse d'eau de mauvaise qualité (selon le SEQ : P total maximal < 0,06 mgP/l), elles sont toutes au moins passables au fond de la retenue du fait de la présence d'ions ammonium (selon le SEQ Plan d'eau : 0,4 mgN/l <N minéral < 1 mgN/l).

Selon le descripteur Nutriments, la qualité des eaux du lac Manzo est globalement bonne, seule la zone « eau-sédiment » présente une activité anaérobie qui permet l'expression de l'azote sous sa forme réduite ( $\text{NH}_4^+$ ). Il faut noter que l'absence de nutriments dans les eaux d'un lac ne permet pas de définir l'eutrophisation de celui-ci, mais simplement d'en apprécier une partie (consommation des nutriments par la biomasse algale). Le rapprochement avec les composantes du phytoplancton permettra d'affiner cette perception.

### Les paramètres calculés adaptés à la trophie (Diagnose rapide des plans d'eau, Cemagref 2003) :

De nombreux paramètres peuvent être calculés sur la base des résultats obtenus, néanmoins des taux parfois très bas et des problèmes de planning de prélèvements (seulement 2 campagnes dont l'une en vidange) ne permettent pas d'exploiter, de manière pertinente, certaines de ces valeurs.

- Le **rapport N/P (N minéral/P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)** dans l'eau :

La valeur ne peut être déterminée en raison de l'absence des orthophosphates (N minéral = de 0,006 mgN/l et P (PO<sub>4</sub>) = 0 mgP/l sur valeur intégré en période de développement phytoplanctonique maximum). Cet état permet de signifier que le risque de développement des cyanophycées devrait être limité sur ce plan d'eau du fait de la présence d'azote et l'absence de phosphore. Toutefois, en novembre 2006, la concentration trouvée pour l'azote minéral montre une totale consommation des éléments produits donc un risque de développement des espèces autotrophes vis-à-vis de l'azote.

- Le **rapport Si/P** dans l'eau (mois de novembre) :

L'absence de phosphore et la présence de silice dans les eaux de La Manzo mettent en avant la biodisponibilité de la silice, qui n'est de ce fait pas un facteur limitant.

- Le **rapport N/SiO<sub>2</sub>** dans l'eau (mois de novembre) :

Il s'élève à 0,0004. Le rapport N/SiO<sub>2</sub> est très faible et montre donc que la silice n'est pas un facteur limitant pour les diatomées mais que l'azote l'est et peut dans ce cas là favoriser les cyanophycées si l'équilibre azote/phosphore est rompu.

## 4.2.4. Alcalinité

Dans les eaux, le carbone est présent sous formes inorganiques (CO<sub>2</sub>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ou CO<sub>3</sub><sup>=</sup>—selon le pH) ou organiques (cellulaire). Les eaux stagnantes sont généralement riches en carbone autochtone.

L'alcalinité de l'eau de la retenue de La Manzo, déterminée par les titres alcalimétriques TA et TAC, indique que les concentrations en ions carbonates sont très faibles à nul (TA = 0). En revanche, le titre alcalimétrique complet (TAC) indique la présence d'ions hydrogencarbonates les deux années.

Conformément au diagramme de prédominance des trois espèces de carbone, en fonction du pH, les ions HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> sont prédominants (pH entre 6,35 et 10,3). Leur concentration augmente en profondeur, parallèlement à la diminution du pH.

La concentration en HCO<sub>3</sub> diminuera en profondeur au profit de la forme dissoute du CO<sub>2</sub>. On a une acidification de l'eau : vers 6,3, il existe un équilibre entre la forme HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> et CO<sub>2</sub> dissous. En dessous, c'est le CO<sub>2</sub> qui s'accroît au dessus c'est le HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

## 4.2.5. Micropolluants minéraux

Les micropolluants relevés dans les eaux en concentration importante sont le fer et le manganèse.

Les concentrations en Fer montrent, comme antérieurement, une augmentation très significative entre la surface et le fond où les teneurs sont près de 7 fois supérieures à celles relevées en surface. Cette variation est moins marquée pour le manganèse mais la concentration reste la plus élevée dans les eaux de fond du plan d'eau (Tableau 10).

En juin 2006 les valeurs mesurées dans les eaux de surface sont supérieures à celles rencontrées en avril 2005. Dans la zone profonde, c'est l'inverse et on note une diminution des concentrations. L'abaissement du plan d'eau semble remettre en suspension les éléments disponibles au niveau de la zone de transition « eau-sédiment ».

En novembre 2006, les teneurs pour ces deux métaux sont très largement plus faibles que celles mesurées auparavant. L'assèchement partiel des sédiments durant la vidange semble avoir fixé ces éléments (adsorption) et limite leur remise en eau lors de la remontée des eaux. Nous sommes très proches des valeurs rencontrées en novembre 1981.

Les concentrations en fer montrent, comme antérieurement, une augmentation très significative entre la surface et le fond. De même, bien qu'en concentrations inférieures, le niveau de manganèse reste plus élevé dans les eaux de fond du plan d'eau.

Les valeurs en fer montrent en juin 2006 des valeurs très critiques tant sur la zone profonde que sur les masses d'eau supérieures. A titre d'exemple, la grille du SEQ Plan d'eau propose une limite à 500 µg/l pour la très mauvaise qualité. En novembre 2006, les concentrations des masses d'eau supérieures sont représentatives d'une eau de bonne qualité (celle du fond d'une qualité mauvaise).

Les plus faibles concentrations de fer dans les eaux lors de la remontée semblent souligner une origine très locale de ce métal : substratum du fond de la retenue. En effet une source exogène aurait automatiquement réalimenté les eaux en fer.

**Tableau 10. Concentrations en fer et en manganèse (µg/l) relevées en surface et au fond de la retenue depuis 1981.**

Hivernage												
Nov. 1981		Jun. 1985		Sept. 1985		Oct. 2000		Oct. 2003		Nov. 2006		
S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	
<b>Fe</b>	0	400	500	1450	50	250	224	1363	110	2200	18	489
<b>Mn</b>			-	1070	0	210	2007	1576	<20	67	< 10	34

Carême												
Mai. 1989		Avr. 1994		Mai. 2000		Avr. 2004		Avr. 2005		Juin 2006		
S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	
<b>Fe</b>	75	100	100	400	<20	1495	192	2364	375	5966	660	4739
<b>Mn</b>	0	620			114	1515	41	666	89	2681	447	614

S : surface F : fond

Grisé : valeurs supérieures aux valeurs guides prescrites par l'OMS

A noter, tout comme les deux métaux précédents, l'augmentation nette des concentrations en aluminium entre la surface et le fond du plan d'eau et de manière plus modérée celle du bore.

Au regard du SEQ-Eau version 2 (limites reprises dans le SEQ-Plan d'eau), le bore ne décline pas la qualité de l'eau (< 1000 µg/l). L'aluminium ne constitue pas un élément déclassant de la qualité de l'eau de surface (< 200 µg/l et pH>6,5). Notons tout de même une concentration d'aluminium au fond très élevée mais non appréciée dans le SEQ Plan d'eau.

Hormis le fer, le manganèse et l'aluminium en fond de retenue, aucun micropolluant minéral n'est détecté.

#### 4.2.6. Micropolluants organiques

Parmi plus de 300 molécules analysées sur les eaux de surface et de fond, seul l'Hexazinone (herbicide) a été identifié mais non quantifié (en dessous des limites de détection du laboratoire). Aucune trace de Chlordécone n'a été détectée.

**Tableau 11. Résultats d'analyses des micropolluants organiques relevés en juin 2006.**

Paramètres	Unités	Juin 2006 Intégré
Hexazinone (Herbicides Triazinones)	µg/l	< 0.050 détecté
Chlordécone (Pesticides)	µg/l	< 0.010 non détecté
Organohalogénés volatils OHV (44 molécules analysées)	µg/l	Non détectés
Glyphosate, AMPA Glufosinate (3 molécules analysées)	µg/l	Non détectés
Herbicides formes ester (16 molécules analysées)	µg/l	Non détectés
Pesticides (347 molécules analysées)	µg/l	Non détectés
- dont Chlordécone	µg/l	Non détecté
- dont Hexazinone	µg/l	Détecté

Lors de la recherche de micropolluants organiques, aucune molécule n'a été détectée pouvant révéler une pollution issue de pratiques agricoles (pesticides, herbicides).

## 4.2.7. Bactériologique

Les résultats n'ont pas mis en évidence de contamination bactériologique des eaux de la retenue de La Manzo.

**Tableau 12. Résultats d'analyses des micropolluants organiques relevés en juin 2006**

Paramètres	Unités	Juin 2006 Intégré	Valeurs limites de « Bonne » aptitude du SEQ-Eau <sup>A</sup>
Coliformes totaux	n/100 ml	150	]50-500] <sup>a</sup>
Escherichia Coli	n/100 ml	46	< 20 000 <sup>a</sup>
Entérocoques	n/100 ml	< 15	< 10 000 <sup>a</sup>
Salmonelles sp	n/5l	0.0	

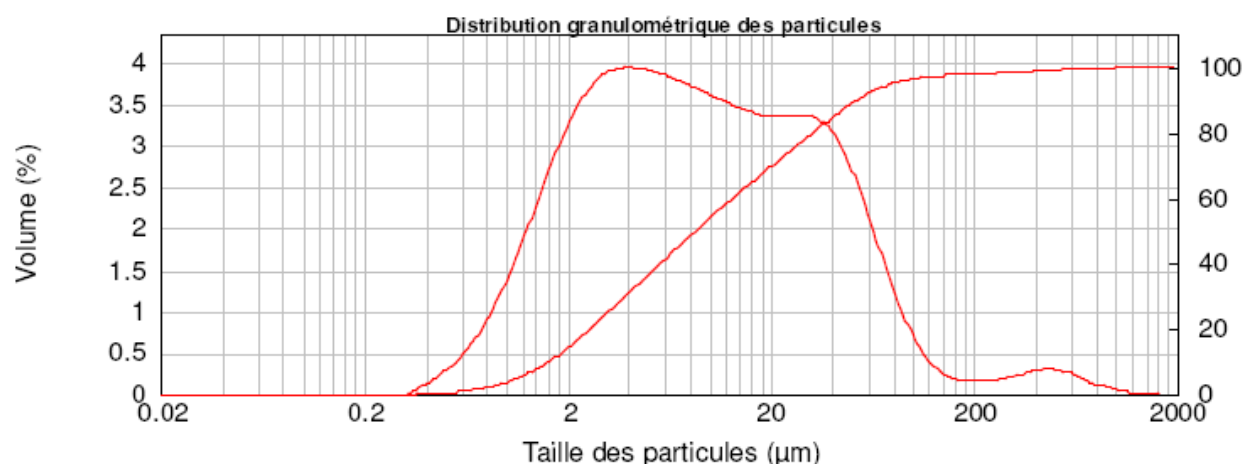
## 4.3. Caractérisation physico-chimique des sédiments du plan d'eau

La qualité physico-chimique des sédiments a été établie à partir d'un échantillon moyen constitué à partir de plusieurs prélèvements de sédiments effectués. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-après. Nous ne disposons pas de données antérieures comparables sur la qualité des sédiments de la retenue.

### 4.3.1. Granulométrie

Les sédiments de la retenue de La Manzo se caractérisent par une très faible granulométrie. Le refus de tamisage à 2 mm n'a pas permis d'isoler de particules supérieures à 2 mm. L'analyse granulométrique laser présentée ci-après montre la prédominance d'éléments très fins de 2 à 35  $\mu\text{m}$ .

Tableau 13. Distribution granulométrique des particules



### 4.3.2. Physico-chimie des sédiments bruts

Les analyses physico-chimiques réalisées sur les sédiments bruts ont révélé de faibles concentrations en éléments minéraux, une faible charge organique (Tableau 14). En revanche, on note d'importantes concentrations en métaux : l'aluminium et le fer, et dans une moindre mesure le manganèse.

Aucun autre micropolluant n'a été détecté.

Le rapport C/N dans les sédiments (mois de juin) :

Ce paramètre s'élève à 8,18 ce qui détermine un rapport faible caractéristique de la matière algale récemment déposée dont une fraction sera recyclé en tant qu'azote minéral.

**Tableau 14. Résultats d'analyses des sédiments de la retenue de La Manzo en juin 2006**

Paramètres	Unités	Juin 2006
<b>Siccité</b>		
Refus de tamisage 2 mm	% brut	0.0
Matières sèches	% MB	45.57
Humidité	% MB	54.43
Matières volatiles	% MS	11.14
Matières minérales	% MS	88.86
Matières volatiles	% MB	5.08
Matières minérales	% MB	40.49
<b>Valeur agronomique</b>		
Azote total (N)	% MS	0.13
Azote organique (N)	% MS	0.13
Phosphore total (P205)	% MS	< 0.06
Azote total (N)	% MB	0.06
Azote organique (N)	% MB	0.06
Phosphore total (P205)	% MB	< 0.03
<b>Analyses physico-chimiques de base</b>		
Carbonates	g/kg	9.0
Carbone organique	% MS	2.04
Cyanures totaux (CN) sur extrait aqueux	mg/kg MB	< 0.5
Azote Kjeldahl	mg/kg MS	1.1
<b>Anions</b>		
Azote nitreux	mg/kg MS	-
Nitrates lixiviables	mg/kg MS	-
<b>Métaux</b>		
Aluminium total	mg/kg MS	77 274
Aluminium total	mg/kg MB	35 214
Arsenic total	mg/kg MS	< 5.15
Arsenic total	mg/kg MB	< 2.35
Cadmium total	mg/kg MS	< 0.5
Cadmium total	mg/kg MB	< 0.2
Chrome total	mg/kg MS	12.4
Chrome total	mg/kg MB	6
Cuivre total	mg/kg MS	113.3
Cuivre total	mg/kg MB	52
Fer total	mg/kg MS	58 212.8
Fer total	mg/kg MB	26 527.6
Manganèse total	mg/kg MS	1 452.7
Manganèse total	mg/kg MB	662.0
Mercure total	mg/kg MS	0.041
Mercure total	mg/kg MB	0.019
Nickel total	mg/kg MS	< 2.6
Nickel total	mg/kg MB	< 1
Plomb total	mg/kg MS	< 5
Plomb total	mg/kg MB	< 2.3
Sélénium total	mg/kg MS	< 10.3
Sélénium total	mg/kg MB	< 4.7
Zinc total	mg/kg MS	76.2
Zinc total	mg/kg MB	35
Aluminium lixiviable	mg/kg MS	-
Fer lixiviable	mg/kg MS	-
Manganèse lixiviable	mg/kg MS	-
<b>COV : composés organiques volatiles</b>		
BTEX : hydrocarbures	µg/kg MS	Non détectés

aromatiques et MTBE		
Solvants organohalogénés	µg/kg MS	Non détectés
<b>HAP : hydrocarbures aromatiques polycycliques</b>		
HAP	mg/kg MS	Non détectés
<b>Pesticides</b>		
Pesticides azotés	µg/kg MS	Non détectés
- dont Atrazine	µg/kg MS	Non détectés
- dont Simazine	µg/kg MS	Non détectés
Pesticides organochlorés	µg/kg MS	Non détectés
- dont Chlordécone	µg/kg MS	Non détecté
Pesticides organophosphorés	µg/kg MS	Non détectés
- dont Chlorfenvinphos	µg/kg MS	Non détectés
- dont Chlorpyrifos	µg/kg MS	Non détectés
- dont Endosulfan	µg/kg MS	Non détectés
- dont Lindane (HCH gamma)	µg/kg MS	Non détectés
Carbamates	µg/kg MS	Non détectés
Amides	µg/kg MS	Non détectés
- dont Alachlore	µg/kg MS	Non détectés
Anilines	µg/kg MS	Non détectés
- dont Trifluraline	µg/kg MS	Non détectés
Urées substituées	µg/kg MS	Non détectés
- dont Diuron	µg/kg MS	Non détectés
- dont Isoproturon	µg/kg MS	Non détectés
<b>PCB : Polychlorobiphényles</b>		
PCB par congénères	µg/kg MS	Non détectés
<b>PBDE : Diphényl'étherbromés</b>		
Diphényl'étherbromés Somme 13 PBDE	µg/kg MS	0.121
Diphényl'étherbromés Somme des penta BDE99 et 100	µg/kg MS	0.028
<b>Dérivés du benzène</b>		
Chlorobenzènes	µg/kg MS	Non détectés
<b>Dérivés du phénol</b>		
Chlorophénols	µg/kg MS	Non détectés
Alkylphénols	µg/kg MS	Non détectés
<b>Phtalates</b>		
Phtalates	µg/kg MS	Non détectés
<b>Organométalliques</b>		
Organostanneux	µg/kg MS	Non détectés
<b>Eau interstitielle</b>		
Azote N	mg/l	< 1.7
Nitrites NO2	mg/l	0.01
Nitrates NO3	mg/l	< 0.1
Ammoniaque NH4	mg/l	1.8
Phosphates PO4	mg/l	0.005
Phosphore P	mg/l	0.03
Aluminium Al	mg/l	0.062
Fer Fe	µg/l	4 180
Manganèse Mn	µg/l	4 130

### 4.3.3. Physico-chimie de l'eau interstitielle

Les analyses physico-chimiques réalisées sur l'eau interstitielle, dont certaines valeurs sont résumées dans le tableau ci-après, ont révélé de faibles concentrations en azote et en phosphore. Les valeurs de NH<sub>4</sub> restent néanmoins supérieures dans l'eau interstitielle (en appui du rapport C/N).

L'eau interstitielle est très chargée en fer et en manganèse. Ce dernier y présente des concentrations aussi élevées que celles du fer, alors que les concentrations mesurées dans la colonne d'eau sont nettement inférieure à celles du fer, traduisant une diffusion différentes de ces deux métaux vers la masse d'eau.

**Tableau 15. Concentrations physico-chimiques relevées en juin 2006 sur les eaux (surface et fond) et sur les sédiments de la retenue de La Manzo**

	Juin 2006								
	Azote N	Nitrites NO <sub>2</sub>	Nitrates NO <sub>3</sub>	Ammoniaque NH <sub>4</sub>	Phosphates PO <sub>4</sub>	Phosphore P	Aluminium Al	Fer Fe	Manganèse Mn
<b>Eau-surface</b>	0.6 mg/l N	< 0.05 mg/l NO <sub>2</sub>	0.15 mg/l NO <sub>3</sub>	0.33 mg/l NH <sub>4</sub>	< 0.1 mg/l PO <sub>4</sub>	Non dispo	Non dispo	660 µg/l	447 µg/l
<b>Eau-fond</b>	0.7 mg/l N	< 0.05 mg/l NO <sub>2</sub>	0.16 mg/l NO <sub>3</sub>	0.4 mg/l NH <sub>4</sub>	< 0.1 mg/l PO <sub>4</sub>	Non dispo	Non dispo	4 739 µg/l	614 µg/l
<b>Sédiments-eau interstitielle</b>	< 1.7 mg/l	0.01 mg/l	< 0.1 mg/l	1.8 mg/l	0.005 mg/l	0.03 mg/l	0.062 mg/l	4 180 µg/l	4 130 µg/l
SEQ-Plan d'eau – Bleu vert	5-10 mg/l N			3-8 mg/l N	0.1-0.4 mg/l P	0.2-0.8 mg/l		0.5-1.2 mg/l	0.1-0.2 mg/l



## 4.4. Degré de trophie du plan d'eau

L'état trophique de la retenue de La Manzo a été estimé à partir du système « fixe » de classification du degré de trophie établie par l'OCDE sur l'eutrophisation (OCDE, 1982), basée sur les relations de cause à effet entre l'apport nutritif et la réaction du plan d'eau. Les paramètres nécessaires pour la classification du degré trophique du plan d'eau sont le phosphore total, la chlorophylle a et la transparence.

Les résultats de 2006 présentés ci-après sont comparés avec ceux obtenus par Asconit C. en avril 2005 et ceux antérieurs de Lemoalle en mars 2001.

En juin 2006, le paramètre Phosphore n'a pu être pris en compte en l'absence de remise de résultats par le laboratoire. Cette carence a été rattrapée lors de la campagne de novembre.

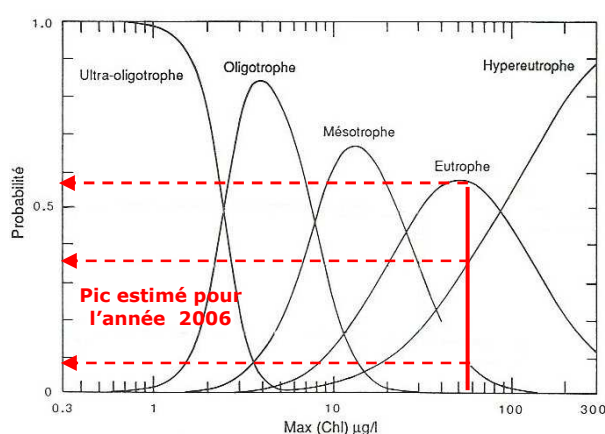
### 4.4.1. Les descripteurs

Selon le système « fixe » de classification de l'OCDE, les valeurs de chlorophylle a et la transparence (mesurée grâce au disque de Secchi), indiquent que la retenue de La Manzo peut être classée globalement comme **eutrophe (moyennes 2006)** (Tableau 16).

Les mesures de chlorophylle a réalisées en juin 2006 indiquent une concentration en chlorophylle a de 32,02 µg/l. Celle de novembre indiquent une concentration en chlorophylle a de **5,91 µg/l**, soit une valeur moyenne annuelle de **18,96 µg/l**.

Selon le système fixe de classification de l'OCDE, cette valeur très élevée confirme un état **eutrophe** de la retenue de La Manzo. Il faut noter que la valeur de novembre 2006 est faible par rapport à celle de juin et dénote une évolution de la biomasse algale dans le lac. L'absence d'étude portant sur 3 campagnes de mesures sur une même année limite à l'heure actuelle l'exploitation de ce résultat. Toutefois, les mesures au disque de Secchi en novembre 2006 montre qu'il existe une opacité de l'eau qui souligne le caractère eutrophe de ce lac, mais qui ne se retrouve dans la mesure de la chlorophylle a.

En fonction du pic de chlorophylle (concentration maximale)



En fonction de la concentration moyenne en chlorophylle

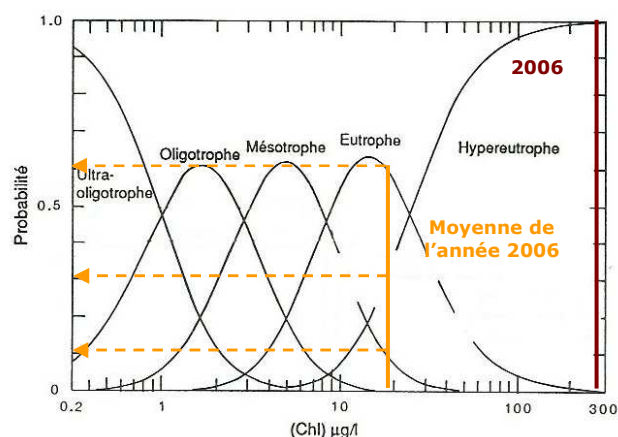


Figure 13. Etat trophique probable en fonction de la concentration en chlorophylle pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982). Données 2006.

**Tableau 16. Etat trophique de la retenue de La Manzo selon le système « fixe » de classification de l'état trophique de l'OCDE (OCDE, 1982).**

Degré de trophie	Valeurs seuils OCDE					Lemoalle 2001		Asconit 2005		Asconit juin 2006		Asconit nov 2006		Asconit moy. 2006	
	Ultra-oligotrophe	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Hyper-eutrophe	Résultats	Degré de trophie	Résultats	Degré de trophie	Résultats	Degré de trophie	Résultats	Degré de trophie	Résultats	Degré de trophie
Phosphore total (µg/l)	< 4	< 10	10-35	35-100	> 100	<b>85</b>	Eutrophe	< 40	Mésotrophe	Non disponible	-	< 50	Mésotrophe	< 50	Mésotrophe
									Eutrophe				Eutrophe		Eutrophe
CHL moyenne (µg/l)	< 1	< 2,5	2,5-8	8-25	> 25	<b>10,14</b>	Eutrophe	<b>2</b>	Oligotrophe	<b>32,02</b>	Hyper-eutrophe	<b>5,91</b>	Oligotrophe	<b>18,96</b>	Eutrophe
CHL maximum (µg/l)	< 2,5	< 8	8-25	25-75	> 75	<b>14,08</b>	Mésotrophe	<b>5,5</b>	Oligotrophe					<b>58,81</b>	Eutrophe
Secchi moyenne (m)	> 12	> 6	6-3	3-1,5	< 1,5	<b>1,7</b>	Eutrophe	<b>1,6</b>	Eutrophe	<b>0,45</b>	Hyper-eutrophe	<b>1,33</b>	Hyper-eutrophe	<b>0,89</b>	Hyper-eutrophe
Secchi minimum (m)	> 6	> 3	3-1,5	1,5-0,7	< 0,7	-		-		-		<b>1,2</b>	Eutrophe	-	

CHL : chlorophylle a dans les eaux de surface

Secchi : transparence mesurée au disque de Secchi

Paramètres	Etats trophiques probables														
	Lemoalle 2001					BGPIS/Asconit 2005					Asconit 2006				
Etats trophiques	Ul.-Oligo	Oligo	Méso	Eutro	Hyper	Ul.-Oligo	Oligo	Méso	Eutro	Hyper	Ul.-Oligo	Oligo	Méso	Eutro	Hyper
Concentration en Chlorophylle a			35%	<b>58%</b>	7%	10%	<b>58%</b>	29%					30%	<b>60%</b>	10%
Pic prédit de Chlorophylle a			28%	<b>52%</b>	20%	2%	<b>74%</b>	24%					9%	<b>58%</b>	33%
Concentration en Phosphore total			17%	<b>65%</b>	17%		6%	<b>57%</b>	35%		Non qualifiable en 2006				
Transparence (Secchi)			7%	<b>42%</b>	<b>51%</b>			5%	<b>40%</b>	<b>55%</b>				15%	<b>85%</b>

Selon le paramètre chlorophylle a moyen, l'état probable de trophie de la retenue de La Manzo en 2006 était l'eutrophie (probabilité hyper-eutrophe : 30% ; probabilité **eutrophe** : 60% ; probabilité mésotrophe 10%) (Figure 13).

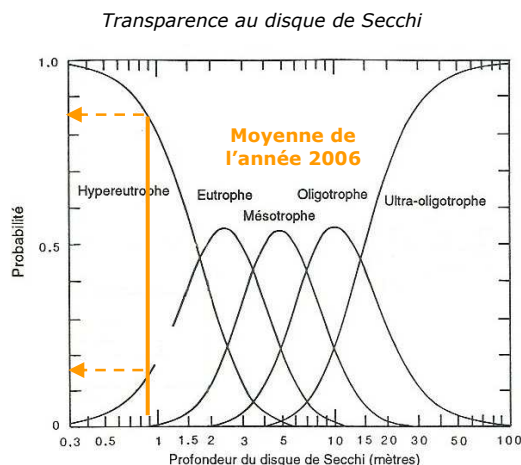
L'étude de l'eutrophie du lac est à prendre avec précaution car elle est réalisée lors de deux phases particulières de la gestion de ce barrage : abaissement et remontée des eaux suite à l'opération de vidange.

Cette évolution de l'année 2006 montre qu'il est nécessaire de statuer sur l'état d'un lac après une année d'étude et durant une période normale d'utilisation du barrage, tant l'évolution d'un paramètre peut altérer la perception globale de l'eutrophisation de la masse d'eau.

En juin 2006, les valeurs de la mesure de transparence projetées sur le graphe de la distribution des états trophiques, recouvrent la courbe d'hyper-eutrophie (probabilité **hyper-eutrophe** : 98% ; probabilité **eutrophe** : 2%). Celles de novembre confirment à nouveau ce caractère de manière moins nette (probabilité **hyper-eutrophe** : 65% ; probabilité **eutrophe** : 32%, probabilité **mésotrophe** : 3%).

La **moyenne annuelle** confirme cette **hyper-eutrophie** avec une probabilité de l'ordre de 85% contre 15% en faveur d'un caractère eutrophe.

**Figure 14. Etat trophique probable en fonction de la transparence pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982). Données 2006**



Sur la base de ces descripteurs, **en 2006, il semble que ce plan d'eau est eutrophe, voir hyper-eutrophe**, et propose une évolution du peuplement algal au cours du temps.

En conditions stables de gestion de l'ouvrage, des mesures sur une année complète (les moyennes étant calculées normalement pour une même année et pour 3 à 4 campagnes) devraient permettre de préciser ces différences et mieux apprécier le type trophique de ce lac.

Selon les résultats précédents, en avril 2005, elle présentait un état mésotrophe. La tendance eutrophe avait été notée par Lemoalle en 2001.

Les conditions particulières liées à la vidange en période de carême semblaient avoir nettement influencé ce résultat. A ce jour, l'absence de mesures suivies sur une même année dans des conditions stables d'usage ne permet pas de définir un état trophique de ce plan d'eau ; on peut toutefois émettre que le caractère « eutrophe » est à privilégier au vu des éléments et de notre expérience de l'analyse des plans d'eau.

## 4.4.2. Approche fonctionnelle

L'interprétation de la diagnose rapide (Cemagref, 2003) s'appuie sur plusieurs types d'indices basés sur un ou plusieurs paramètres pour refléter les aspects fonctionnels du plan d'eau. Ils sont de nature physico-chimique ou biologique.

Six indices principaux (Annexe 3) servent à l'appréciation de la qualité physico-chimique globale de l'écosystème : l'indice de production, de nutrition, de dégradation, de stockage des minéraux du sédiment, de stockage de la matière organique du sédiment et enfin de relargage.

Lors de cette campagne 2006, l'indice de dégradation n'a pu être déterminé en raison de conditions vraiment très spéciales de juin (vidange du plan d'eau). Les autres indices ont pu être appréciés avec une faible marge de précaution étant donnés l'application non rigoureuse du calcul (manque de campagnes). Cependant, la cohérence des résultats semble globalement assurée et illustre de manière globale le fonctionnement trophique de la retenue.

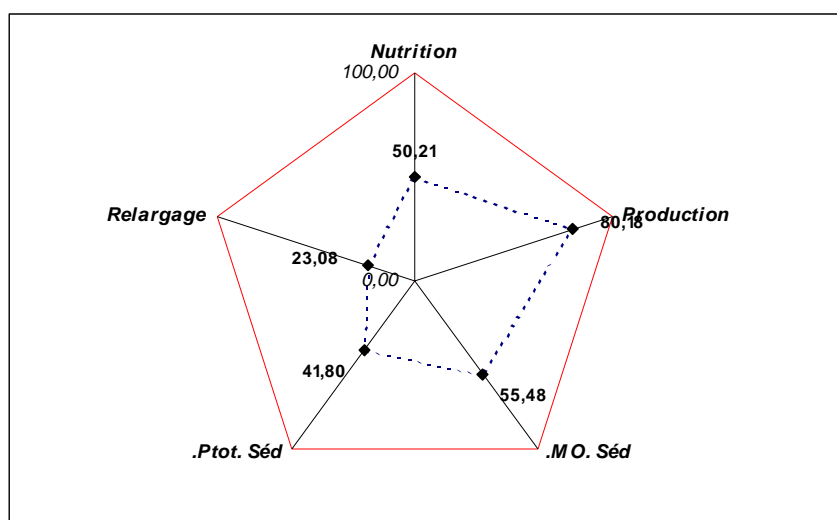
Le produit de ces calculs est présenté dans le graphique en radar (Figure 15). Cette présentation permet d'avoir une vision synthétique des différents indices qui font parfois appels à des métriques (données initiales) se recoupant.

En termes d'interprétations, il faut remarquer la dissymétrie très importante. Un graphique dit équilibré s'illustre par des indices aux valeurs proches qui forment un pentagone parfait. Si celui-ci tend à s'approcher du pentagone de valeur 100, le plan d'eau est eutrophe avec un fonctionnement important de toutes ces composantes. A l'inverse, un petit pentagone central définit un plan d'eau oligotrophe qui tourne à faible régime (peu d'apport, peu de production, peu de relargage, peu de fixation).

La retenue de la Manzo présente donc un graphique déséquilibré :

- D'une part, les valeurs de production et de stockage de la matière organique du sédiment qui témoignent d'une très forte productivité du milieu. Cette productivité est sans doute à lier au caractère tropical de la retenue.
- D'autre part, une fixation du phosphore, une fixation de la matière organique dans les sédiments et une nutrition moyenne qui appuie le diagnostic d'apports en nutriments limités et d'un stockage dans les sédiments relativement réduits au regard de la forte production de la retenue.
- Enfin le relargage d'ammonium et de phosphore dans l'eau interstitielle faible qui penche vers une faible dégradation de la matière organique pourtant stockée de manière importante.

**Figure 15. Approche fonctionnelle des phénomènes de trophie sur la Manzo en 2006**



## 4.5. Caractérisation biologique du plan d'eau

---

### 4.5.1. Invertébrés Oligochètes

Des prélèvements de sédiments analysés en juin n'ont pas révélé de présence de vers Oligochètes, employés fréquemment en zone tempérée comme indicateur biologique (E.O.S.2<sup>4</sup>) de la qualité des plans d'eau.

Le second prélèvement réalisé lors de la seconde campagne a validé ce résultat.

### 4.5.2. Phytoplancton

Les prélèvements biologiques de phytoplancton ont eu lieu simultanément aux prélèvements d'eau et aux mesures in situ. Un échantillon d'eau a été destiné à l'analyse taxonomique du peuplement phytoplanctonique et un autre au dosage de la chlorophylle *a* et des phéopigments.

Un examen qualitatif de la communauté algale a été réalisé sur un échantillon représentatif de l'ensemble de la masse d'eau (traits de filet verticaux et horizontaux). Ceci a permis de considérer le phytoplancton en termes d'abondance relative. Un examen quantitatif a également été réalisé sur deux échantillons prélevés à la bouteille :

- le premier représentatif de la colonne d'eau totale ;
- le second provenant de la profondeur à laquelle la concentration maximale en oxygène a été enregistrée.

- Biomasse phytoplanctonique :

Le dosage de la chlorophylle *a* ne permettent pas *sensu stricto* de donner une valeur de la biomasse phytoplanctonique, il permet cependant d'appréhender son évolution au cours du temps.

La concentration en chlorophylle *a* relevée dans la zone euphotique en novembre 2006 est moins élevée (5,91 µg/l) que celle relevée en juin 2006 (32,02 µg/l). La moyenne (18,96 µg/l) traduit néanmoins une forte biomasse algale phytoplanctonique.

- Analyse qualitative du peuplement phytoplanctonique en juin 2006 :

La liste des taxons identifiés en **2006** et antérieurement (avril 2005) est présentée dans le Tableau 17.

Le peuplement phytoplanctonique observé en juin 2006 était très peu riche avec seulement trois taxons répertoriés. Cette faible richesse taxonomique soulignerait un déséquilibre du système, vraisemblablement lié à la vidange de la retenue.

---

<sup>4</sup> L'E.O.S. 2 : L'indice oligochète varie de 0 à 20 et plus. Il est considéré comme décrivant les potentialités du milieu à assimiler et à recycler les substances nutritives du sédiment (potentiel métabolique). Il est corrélé positivement avec les carbonates du sédiment et la minéralisation des eaux et négativement avec les teneurs en matières organiques (C, N, P) de l'eau et des sédiments.

**Tableau 17. Inventaire des algues phytoplanctoniques de la retenue de La Manzo (en % de nombre de cellules)**

Familles	Taxons	Nov. 2006	Juin 2006	Avril 2005	
		Barrage	Barrage	Barrage	Anse
Chlorophytes	Botryococcus braunii	0.3	<b>87.7</b>	<b>49.5</b>	<b>42.6</b>
	cf Chlorella sp			13.6	22.2
	Cosmarium sp.1	1,5			
	Cosmarium sp.2	0,3			
	Crucigenia rectangularis	0.1			
	Dictyosphaerium sp (petites cel)				0.9
	Dictyosphaerium pulchellum	<b>71.5</b>			
	Eutetram orus sp.	0.7			
	Glococystis cf polydermatica	0.4			
	Hyaloraphidium contortum	0.1			
	Kirchneriella cornuta			8.7	2.8
	Kirchneriella sp	0.2		1.0	
	Oocystis sp			1.0	0.9
	Scenedesmus opoliensis				0.9
	Planctonema?			1.0	0.9
	Closterium sp				0.9
	Micrasterias sp				3.7
	Monoraphidium sp.	0,1			
	Oocystis sp.	0,3			
	Radiococcus sp.	0,2			
	Scenedesmus quadricauda	0,1			
	Scenedesmus regularis	0,1			
	Schroederia setigera	0,3			
	Selenastrum sp.	0,1			
	Staurostrum cf alternans			15.5	6.5
	Straurastrum sp	<b>19.1</b>		1.9	
	Tetrallantos legerheimii	0,1			
	Treubaria triappendiculata	0,4			
	Volvocales indéterminées	0.1			
Chromophytes	Goniochloris mutica	0,1			
	Surirella sp			1.0	
	Ulnaria ulna			1.0	1.9
	Mallomonas sp			1.9	1.9
	Bumilleriopsis sp				0.9
	Chrysophycées indéterminées	0.3			
Phyrrhophytes	Cryptomonas sp.	0,2			
	Peridinium sp	0.5		1.0	
Euglenophytes	Colacium sp				0.9
	Phacus helicoides		présence		
	Trachelomonas sp. 1	0.1			
	Trachelomonas sp. 2	3.2			
Cyanophytes	Anabaenopsis sp			1.0	3.7
	Aphanizomenon sp				0.9
	Coelosphaerium sp				0.9
	Microcystis sp.		12.3		
Autres					0.9

L'espèce largement dominante était *Botryococcus braunii* (92% du peuplement algale, 87,7% en nombre de cellules). Il s'agit d'une chlorophycée (algue verte) coloniale, cosmopolite, largement distribuée dans différents types d'habitats (mares, lacs). Elle se développe généralement en période de faible densité algale (sa croissance lente lui permet de devenir dominante sous des conditions de compétitions faibles). Elle est peu résistante à la pollution organique. Elle est souvent responsable de fleurs d'eau en surface de couleur verte, brune ou orangée par sa forte capacité de flottaison. La couleur orange est liée à la présence de caroténoïdes à l'intérieur des cellules.

La seconde algue importante appartient au genre *Microcystis*. Il s'agit d'une Cyanobactérie (algue bleue), capable de migrations verticales. Elle préfère des eaux calmes ou stratifiées (lacs, réservoirs, plans d'eau, mares). Assez exigeante en nutriments, elle peut former des fleurs d'eau très importantes en été (en métropole...). *Microcystis* se développe généralement dans des milieux eutrophes, mais cela dépend de l'espèce.

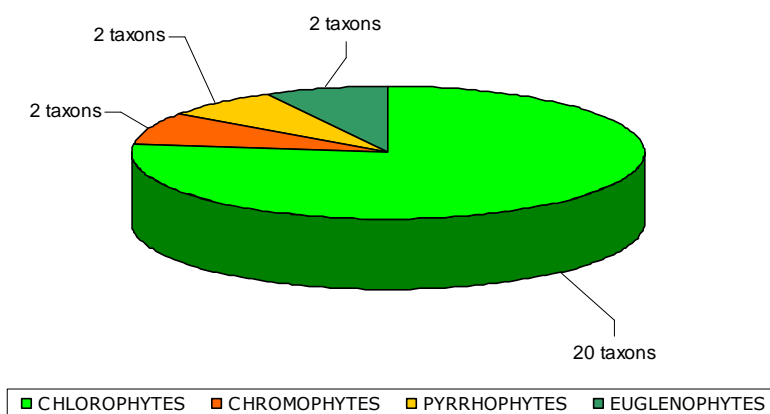
Cela concorde avec le niveau de trophie élevé estimé en juin 2006. En effet, les cyanophytes caractérisent les plans d'eau eutrophes ; elles peuvent être responsables de blooms et de phénomènes de toxicité.

En conditions mésotrophe en avril 2005, les cyanophytes étaient peu abondantes. Le peuplement était néanmoins toujours dominé par les chlorophytes (algues vertes) de l'espèce *Botryococcus braunii*.

#### ▪ Analyse qualitative du peuplement phytoplanctonique en novembre 2006 :

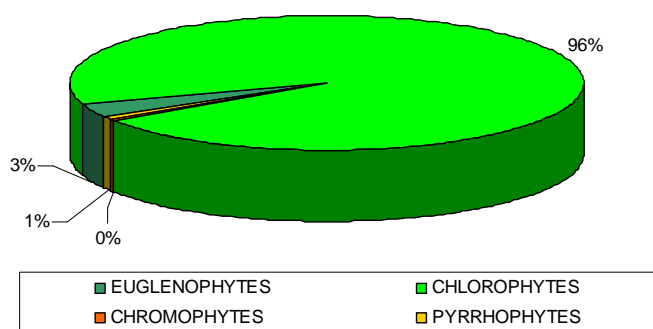
Les différents taxons identifiés dans le barrage de La Manzo en novembre 2006, se répartissent principalement dans l'embranchement Chlorophytes (algues vertes), des Pyrrophytes (algues brunes), des Chromophytes et des Euglénophytes.

En novembre 2006, 26 taxons ont été inventoriés. Ceci reflète une diversité modérée. Avec 20 taxons, les Chlorophytes représentent la plus grande richesse taxinomique. Ces dernières sont communes du plancton des lacs. Les Pyrrophytes, les Chromophytes et les Euglénophytes sont représentées chacune par 2 taxons.



**Figure 16. Répartition du nombre de taxons recensés dans la retenue de La Manzo –novembre 2006**

La communauté algale du barrage de la Manzo est très largement dominée par les Chlorophytes. Le cortège d'algues vertes est relativement courant. Il s'agit d'espèces habituellement inféodées aux eaux assez eutrophes. Parmi ces nombreuses algues vertes, l'espèce prépondérante est la Chlorococcale *Dichtyosphaerium pulchellum* qui représente 72% du peuplement ; elle est suivie par la Zygnématale *Staurastrum* sp. (19%). Nous avons observé *Tetrallantos legerheimii* qui est peu courante (mais qui demeure toutefois très peu abondante). Les Euglénophytes, algues flagellées caractéristiques des milieux riches en matières organiques, ne représentent que 3% du peuplement. Les Pyrrophytes et Chromophytes sont accessoires (de l'ordre de 1% du peuplement).

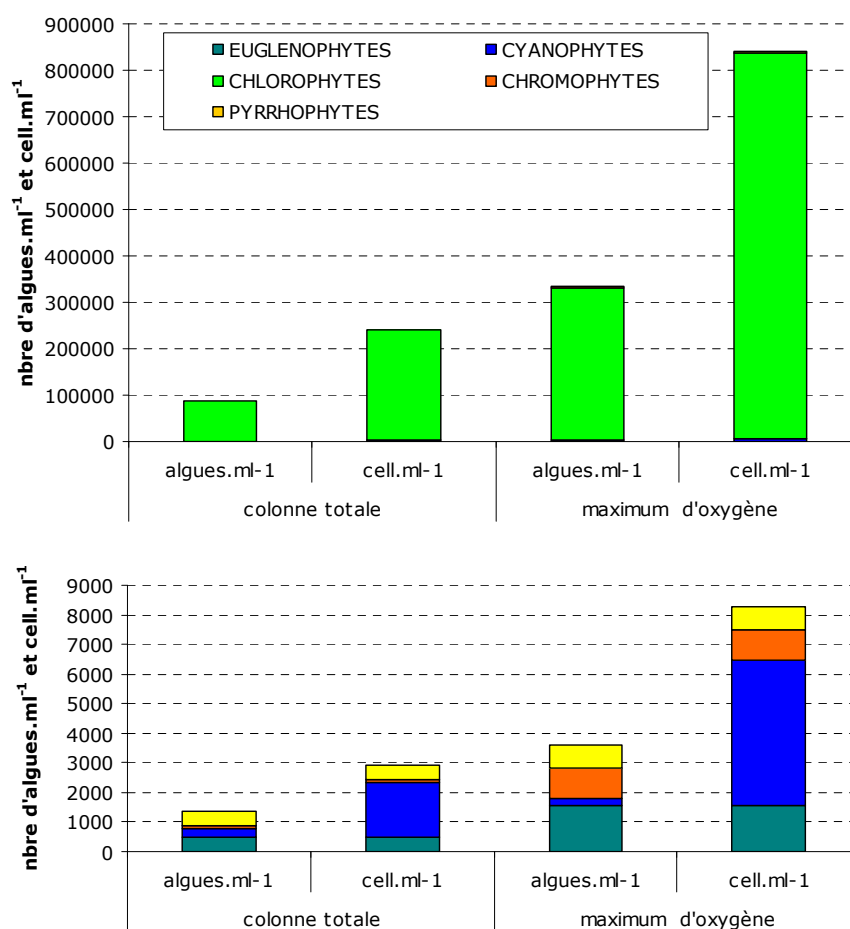


**Figure 17. Contribution relative des différents groupes exprimée en % de l'abondance totale de la communauté algale - novembre 2006**

**Cette composition du peuplement traduit un niveau trophique méso-eutrophe à eutrophe.**

- Analyse quantitative du peuplement phytoplanctonique (novembre 2006) :

En raison de la dominance « écrasante » des Chlorophytes, nous avons présenté séparément les Euglénophytes, Cyanophytes, Pyrrophytes et Chromophytes sur le graphique (attention à la différence d'échelle lors de la lecture du graphe).



**Figure 18. Densité cellulaire en nombre d'algues par millilitre et en nombre de cellules par millilitre aux deux strates considérées- novembre 2006**



Si la communauté algale est homogène d'un point de vue taxinomique entre l'échantillon intégré de la colonne totale et l'échantillon prélevé au niveau du pic d'oxygène, des différences importantes sont relevées d'un point de vue quantitatif.

Les dénombrements effectués à partir des prélèvements réalisés sur la colonne totale et au niveau du maximum d'oxygène soulignent l'hétérogénéité verticale de la répartition du phytoplancton dans la colonne d'eau. En effet, la densité algale est en moyenne 4 fois plus élevée à la profondeur 4 m, profondeur à laquelle la valeur maximale d'oxygène dissous a été enregistrée. La photosynthèse est donc maximale à cette profondeur.

La densité totale sur l'ensemble de la colonne d'eau est de l'ordre de 90 000 algues.ml<sup>-1</sup> contre 334 000 algues.ml<sup>-1</sup> au niveau du maximum d'oxygène. Ces valeurs sont relativement élevées et reflètent un milieu relativement riche.

Lorsque les inventaires sont exprimés en cellules par millilitre, les résultats sont différents de ceux obtenus précédemment : les Chlorophytes sont toujours nettement plus abondantes, mais les Cyanophytes prennent une importance relative non négligeable. Ceci s'explique par la présence d'algues coloniales. En effet, concernant *Dictyosphaerium pulchellum* (algue verte dominante), une algue considérée comme un individu est composée de plusieurs cellules réunies par un tractus ramifié. Concernant les Cyanophytes, il s'agit des algues bleues appartenant au genre *Aphanocapsa* (organisme colonial composé de cellules sphériques) et *Pseudanabaena* (organisme filamenteux potentiellement toxiques) qui regroupent des dizaines de cellules. Contrairement, Euglénophytes, Pyrrophytes et Chromophytes sont représentées par des individus unicellulaires.

Le prélèvement au filet présente l'avantage de concentrer les algues et d'obtenir théoriquement davantage de richesse taxinomique comparativement au prélèvement à la bouteille. Cependant, dans ce cas, les Cyanophytes (peu abondantes) n'ont pas été décelées dans l'analyse qualitative. Seule l'observation d'un plus grand volume d'eau a permis de les mettre en évidence après sédimentation. **Les concentrations d'algues potentiellement toxiques sont de ce fait très faibles et ne présentent pas de risque majeur à ce jour.**

En conclusion, l'étude du peuplement algal de la retenue de La Manzo montre la forte dominance des Chlorophytes (*Dictyosphaerium pulchellum* prépondérante) en juin comme en novembre 2006. En dépit d'une richesse taxinomique modérée (26 taxons), la densité phytoplanctonique est élevée, suggérant que ce milieu est à caractère eutrophe. La forte concentration en chlorophylle *a* (18,96 µg.l<sup>-1</sup>) mesurée à cette date corrobore cette hypothèse.

En outre, la précaution nous invite à attirer l'attention des gestionnaires de cette pièce d'eau en signalant la faible présence de Cyanobactéries potentiellement toxiques. Cela pourrait conduire à une surveillance plus régulière du phytoplancton qui pourrait notamment se traduire par un dosage des cyanotoxines en cas de bloom avéré.

- L'indice descripteur du SEQ Plan d'eau :

L'I.T.P. (Indice Trophique Planctonique, Annexe 4) : l'ITP mesure numériquement, sur une échelle de 0 à 100, la qualité trophique du lac sur la base de l'abondance et du type de phytoplancton qui s'y développe et de la concentration en chlorophylle des eaux de la zone euphotique<sup>5</sup>. Un ITP de 0 signale un excellent état trophique caractérisé par une très faible production primaire et une majorité d'algues appartenant au groupe le plus « noble » (desmidiées), un ITP de 100 signale un très mauvais état trophique caractérisé par une très forte production primaire et une majorité d'algues appartenant au groupe le moins « noble » (euglénophycées).

<sup>5</sup> L'indice trophique planctonique ITP intègre des données de diversité, d'abondance et de biomasse : il répond donc bien aux exigences de la DCE sur le compartiment phytoplancton. On a alors considéré que la grille d'appréciation du descripteur phytoplancton pouvait être établie sur le résultat global de l'indice. Si la DCE imposait un résultat phytoplancton en 3 termes, il faudrait alors prévoir 3 grilles, 1 pour chacune des composants de l'ITP.

Sur le barrage de la Manzo, pour l'année 2006, on obtient la valeur I.T.P. suivante :

**Tableau 18. Valeur d'I.T.P. en 2006**

Paramètres	Juin 2006	Novembre 2006	2006
Richesse taxonomique	3	26	-
Chlorophylle a	32,02	5,91	18,96
I.T.P. ( / 100)	93	45	64

Notons à nouveau que cette valeur d'I.T.P. se calcule normalement sur 3 campagnes annuelles au minimum. Ce descripteur est donc à prendre avec beaucoup de précautions en 2006. Cette valeur de l'indice détermine un état trophique moyen à mauvais caractérisé par une production primaire élevée et cortège algal sans de faible qualité.

### 4.5.3. Ichtyofaune

#### *Richesse spécifique 2006*

La **richesse piscicole du bassin de La Manzo est très limitée puisqu'il se révèle être monospécifique.**

Le Tilapia est la seule espèce rencontrée dans les eaux de cette retenue. Elle est introduite et se rencontre facilement dans les eaux de la Martinique.

**Tableau 19. Tableau récapitulatif des captures issues des pêches aux filets. (N : espèce native).**

Espèces	Nombre	Masse (g)	Abondances numériques (%)	Abondances pondérales (%)	Rendements numériques (nb/100 m <sup>2</sup> de filets)	Rendements pondéraux (g/100 m <sup>2</sup> de filets)	Statut
Tilapia	61	1047	100	100	22,6	388	N

Les densités observées dans le plan d'eau (22,6 individus pour 100 m<sup>2</sup> de filets tendus soit 388 kg pour la même unité d'effort) sont relativement faibles. En effet, les densités avoisinent celles observées sur les lacs peu poissonneux.

Cette densité relativement faible est à mettre en relation avec :

- Le **caractère artificiel de la retenue** qui n'a pas pour vocation d'abriter une faune piscicole ;
  - Le **marnage important**, le fait que cette retenue ait été vidée récemment et reprend peu à peu son niveau maximal. Cette situation est donc peu propice à la production d'une biomasse importante de poissons du fait d'une **forte compétition entre les individus** durant la période de baisse de niveau et le maintien d'une masse d'eau résiduelle limitée ;
  - Une **diversité d'habitat relativement réduite** notamment au niveau des rives : macrophytes essentiellement, absence de souches et de blocs. Cette homogénéisation des berges est à mettre en relation avec l'artificialisation du bassin ;
  - **Niveau trophique variable** de ce bassin et forte dégradation des végétaux.
- Organisation spatiale

#### *Répartition verticale*

Au moment des échantillonnages, la masse d'eau était stratifiée d'un point de vue thermique et de l'oxygène. Le peuplement est lui aussi stratifié et principalement situé au-dessus de la thermocline et de l'oxycline.

Les poissons sont attrapés sur une profondeur inférieure à 3 m et toujours en bordure des herbiers vers la masse d'eau.

En termes de répartition spatiale, cette espèce a été capturée en rive droite pour les petits individus et en rive gauche pour les grands individus.

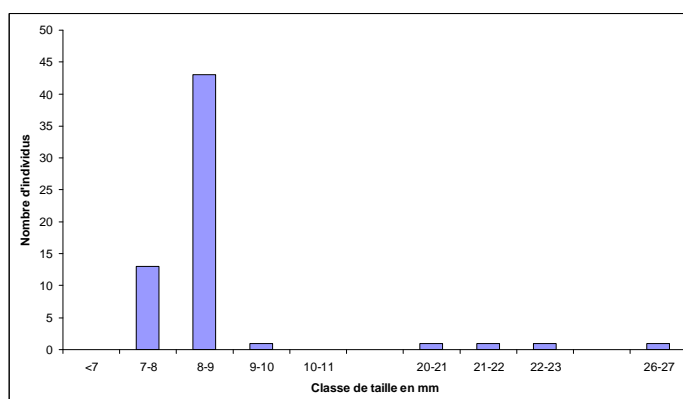
**Le fait que les poissons se situent vers les zones supérieures de ce plan d'eau et vers les bordures provient probablement d'un manque d'oxygène avéré dans les zones inférieures, mais aussi probablement d'une nourriture limitante dans ce lac.**

#### *Densités piscicoles des zones littorales*

Des inventaires complémentaires à l'électricité réalisés dans la frange littorale permettent de préciser ou de compléter les connaissances sur la distribution spatiale.

**Aucun individu n'a été capturé dans cette zone.**

#### ▪ Structure des populations



**Figure 19. Distribution en classes de tailles des Tilapias (novembre 2006).**

Les distributions en classes de tailles montrent la présence de plusieurs cohortes depuis les jeunes individus (environ 8 cm) jusqu'aux individus âgés pouvant atteindre plus de 26 cm.

Les tailles moyennes capturées par filet montrent une moyenne de 8,1 cm pour le filet à maille 15, de 24,5 cm et de 21,2 cm pour les filets de maille 40.

**La dynamique de ces populations semble déséquilibrée avec les cohortes « jeunes » de l'année et des cohortes plus âgées, moins représentées. Cet état du peuplement est probablement lié au fait que les grands individus ont mieux résisté aux conditions de faible niveau d'eau à l'issue de la vidange par rapport aux jeunes individus. Cette hypothèse serait corroborée par l'absence de classe intermédiaire.**

### **4.5.4. Végétation des berges**

Une prospection de la flore macrophytique et rivulaire a été opérée le long des berges de la retenue, à pied.

Le plan d'eau de La Manzo n'abrite **pas de végétation de type macrophytes**. La prospection s'est donc axée sur la végétation des berges.

La prospection à pied sur toute la largeur des berges fournit une image synthétique de la flore rivulaire. La détermination des plantes s'est opérée essentiellement sur le terrain. Des prélèvements ont également été réalisés pour une détermination plus poussée.

L'**analyse floristique des berges** permet de distinguer trois étages successifs dans la végétation :

- Etage de végétation 1 : Tapis discontinu d'herbacées pionnières ;
- Etage de végétation 2 : Taillis arbustifs ;
- Etage de végétation 3 : Bois secondaire de forêt.



Cet étagement se retrouve sur tout le pourtour du barrage.

Lors de la prospection, le niveau d'eau se situait à la côte 35,7 NGM. A titre indicatif, les étages de végétation se répartissent de la façon suivante en fonction des deux paramètres considérés :

**Tableau 20. Etagement de la végétation en bordure de la Manzo**

	Côte NGM	Largeur
Etage de végétation 1 : Tapis discontinu d'herbacées pionnières	<49m	40m (de la ligne d'eau)
Etage de végétation 2 : Taillis arbustifs	49m à 51m	5m à 20m
Etage de végétation 3 : Bois secondaire de forêt	> 51m	> 10m

Cette répartition est caractéristique, et traduit bien la succession écologique observée dans le milieu naturel après une perturbation de la végétation (défrichement, chablis, etc.).





▪ Tapis discontinu d'herbacées pionnières :

Cet étage de végétation se caractérise par une mosaïque de zones complètement nues, non colonisées par la végétation, avec une couche d'argile apparente et de zones recouvertes par une végétation basse d'herbacées (de moins de 50cm).

L'installation de cette végétation semble être consécutive à la vidange du barrage. Elle constitue le stade pionnier dans l'évolution de la végétation. Par endroits, cette formation d'herbacées forme un tapis végétal continu prenant l'aspect d'une véritable prairie.

L'humidité du sol conditionne l'installation d'une flore inféodée aux milieux humides. La composition floristique y est typique avec des espèces héliophiles et adaptés aux lieux humides tel que les cyperus, le Gombo batard *Malachra fasciata* ou autre rudérale Crête de coq *Heliotropium indicum*.

Sur certains versants, la composante herbacée reste assez pauvre et ne subsiste que par taches éparses.

Tapis végétal d'herbacées		
		
		
Herbacée (non déterminée)	Cyperus sp.	La Crête de coq <i>Heliotropium indicum</i>

▪ Taillis arbustifs :

Il s'agit de formations arbustives représentant généralement soit des stades de régénération ou des stades de dégradation. Plus ou moins denses, leurs tailles avoisinent les 2 mètres.

Ces formations se caractérisent par une composition floristique relativement homogène dominée par les représentants de la famille des mimosacées : *Acacia sp.*, *Mimosa sp.* Les mimosacées sont considérées comme des espèces héliophiles à pousse rapide, et inféodées aux milieux humides pour certaines d'entre elles.



### Taillis arbustifs dominés par les mimosacées



Ces mimosacées sont complétées par de nombreuses herbacées et lianes.



L'Herbe côtelette *Clidemia hirta*

Les poacées bien représentées

La Liane parasite *Cassytha filiformis*

Ces taillis revêtent une grande importance, ils indiquent clairement la zone d'influence des travaux de création du barrage, en ce sens ils forment une limite de démarcation entre le milieu naturel et le barrage. Ils jouent premièrement un rôle physique de consolidation des crêtes des terrains. En tant que zone de transition entre la forêt et le périmètre mouillé du barrage en charge, ils constituent le support de nombreux processus écologiques garantissant un équilibre entre le milieu terrestre et le milieu aquatique.

**Tableau 21. Liste non exhaustive de la flore rivulaire du barrage de la Manzo**





Etage de végétation 1 : Tapis discontinu d'herbacées pionnières					
Espèce	Présence*	auteur	Famille	Type biol	Nom vernaculaire
<i>Cyperus sp</i>	2		Cyperacees	Herbacees	
<i>Malachra fasciata</i>	1	Jacq.	Malvacees	Herbacées	Gombo batard
<i>Heliotropium indicum</i>	1	L.	Boraginacees	Herbacees	Crête de coq
Etage de végétation 2 : Taillis arbustifs					
<i>Acasia sp</i>	3		Mimosacées	Arbrisseau, arbuste	
<i>Digitaria insularis</i>	2	L.	Poacées	Herbacées	Herbe à blé
<i>Dichanthium annulatum</i>	2	(Forssk.) Stapf	Poacées	Herbacées	Petit foin
<i>Clidemia hirta</i>	2	(L.) D. Don	Melastomacées	Herbacées	Herbe côtelette
<i>Mimosa sp (pigra?)</i>	3	L.	Mimosacées	Arbrisseau	Amourette rivière
<i>Mimosa pudica</i>	2	L.	Mimosacées		Honteuse
<i>Paspalum virgatum</i>	2	L.	Poacées	Herbacées	Herbe rude
<i>Ipomoea sp</i>	2	Forsk.	Convolvulacees	Herbacées	Patate d'eau
<i>Bidens pilosa alba</i>	2	L.	Asteracees	Herbacées	Herbe à aiguilles
<i>Cassytha filiformis</i>	1	L.	Cassythacees	Liane	Corde à violon
<i>Panicum maximum</i>	2	Jacq.	Poacées	Herbacées	Herbe de Guinée

Etage de végétation 3 : Bois secondaire de forêt					
<i>Anacardium occidentale</i>	1	L.	Anacardiacees	Arbre	Noix-Cajou
<i>Tabebuia heterophylla</i>	3	(DC.) Britton	Bignoniacees	Arbre	Poirier pays
<i>Artocarpus altilis</i> (var. <i>non semifera</i> )	2	(Park.) Fosberg	Moracees	Arbre	Arbre à pain
<i>Bambusa vulgaris</i>	1	Schrad.	Poacees	Arbuste	Bambou
<i>Mangifera indica</i>	2	L.	Anacardiacees	Arbre	Mangier
<i>Myrcia splendens</i>	1	(SW.) DC	Myrtacees	Arbre à arbuste	Bois baguette
<i>Spondias monbin</i>	1	L.	Anacardiacees	Arbre	Mombin
<i>Psidium guajava</i>	2	L.	Myrtacees	Arbuste	Goyavier
<i>Terminalia catappa</i>	1	L.	Combretacees	Arbre	Amandier pays
<i>Heliconia psittacorum</i>	1	Sw.	Strelitziacees	Herbe	Petit balisier
<i>Cocos nucifera</i>	2	L.	Arecacees	Arbre	Cocotier
<i>Gliricidia sepium</i>	2	(Jacq.) Kunth ex Walp	Fabacees	Arbre	Gliricidia

\*Présence : 1 = rare, 2 = moyenne, 3 = importante

▪ Bois secondaire de forêt :

Logés au sommet des versants du barrage et moins structurés que les formations forestières exemptes de toutes dégradations de cette région de la Martinique, ces bois correspondent à des formations secondaires. En tenant compte de l'ouverture paysagère générée par le barrage, ils présentent un aspect dense. Cette densité est renforcée par la hauteur des boisements qui varie entre 5 et 10m avec quelques émergents remarquables. Ils sont interrompus par des parcelles cultivées ou des zones de prairies pâturées.

	
Bois secondaire en tête de versant	Le noix-cajou <i>Anacardium occidentale</i>
	
Champs de bananiers s'intercalant dans le boisement	Le poirier pays <i>Tabebuia heterophylla</i> et le Manguier <i>Mangifera indica</i>



Ces boisements présentent par endroits deux ou trois strates de végétation. La strate arborescente est composée d'espèces très connues comme le cocotier *Cocos nucifera*, le poirier pays *Tabebuia heterophylla*, le goyavier *Psidium guajava*, d'espèces introduites comme le Manguier *Mangifera indica*, l'arbre à pain *Artocarpus altilis* ou des espèces plus rares comme le noix-cajou *Anacardium occidentale*.

Le sous-bois comprend de nombreuses espèces arbustives, buissonnantes et herbacées avec par exemple le bois baguette *Myrcia splendens*, le petit balisier *Heliconia psittacorum*.

	
Un boisement dense	Le petit balisier <i>Heliconia psittacorum</i> associé à de nombreuses herbacées



## 5. Evaluation globale (SEQ Plan d'eau)

En application des paramètres de qualités édictés par le SEQ Plan d'eau, nous présentons ci-dessous la synthèse des qualités au regard des aptitudes. Afin de faciliter la lecture de ce synoptique, le code couleur a été appliqué à l'ensemble des paramètres qui ont pu être renseignés. Rappelons que certains descripteurs ont été renseignés en dépit d'un suivi annuel complet sur 3 à 4 campagnes qui doivent permettre de calculer et qualifier les paramètres de manière plus fiable. Ceci n'a pas été le cas en 2006.

Un certain nombre de champs ne sont pas renseignés. Ces derniers n'ont pu faire l'objet d'une qualification :

- soit parce que le SEQ Plan d'eau n'envisageait pas leur évaluation dans le cadre de la Manzo du fait de son caractère artificiel (non valable),
- soit parce que les classes de ce système ne sont pas validées à ce jour (attente norme),
- soit parce que les éléments en notre possession ne permettaient pas leur estimation (non renseigné) en raison du trop faible nombre de données en 2006.

Au titre du système d'évaluation de la qualité, en cohérence avec la nouvelle réglementation européenne, ce plan d'eau a été évalué en fonction de différents paramètres renseignant des descripteurs fonction des usages (règle des paramètres déclassant). La retenue de barrage de la Manzo a, à l'heure actuelle, comme **seul usage l'irrigation. La qualité biologique et physico-chimique en 2006 satisfait cet usage** au regard des descripteurs utilisés avec les valeurs des deux campagnes.

Néanmoins, l'appréciation globale de l'état écologique révèle une aptitude moyenne en terme d'intégrité biologique et met en avant une aptitude mauvaise en termes de :

- potentialités biologiques,
- d'habitat pour la faune et la flore,
- d'effets sur l'aval
- et de niveau trophique.

Ce constat relativement négatif sur ces aspects, ne remet pas en cause la bonne aptitude pour le principal usage qu'est l'irrigation.

En effet, les paramètres qui péjorent ce bilan (transparence, oxygène dissous, chlorophylle, manganèse et fer), sont généralement en liaison avec le caractère eutrophe supposé (consommation en oxygène, relargage de fer et manganèse...), avec le substrat de la retenue (forte charge en fer et manganèse) et avec la variation de profondeur liée à son usage.

Les autres descripteurs présentent globalement une très bonne aptitude à la majorité des usages. On peut citer par exemple l'absence totale de détection des produits phytosanitaires et dérivés dans l'eau et dans les sédiments en juin 2006.

Au regard du fonctionnement de la trophie des plans d'eau tropicaux, différents paramètres utilisés ici vont diverger des valeurs européennes de manière plus ou moins importante :

- *Les lacs et réservoirs des régions tropicales sont caractérisés par des précipitations saisonnières et des variations de température limitées. Leur température annuelle moyenne est plus élevée (environ 25°C) que dans les régions tempérées (10-15°C) ;*

Paramètre déclassant particulièrement inadapté dans le cas de la Manzo.

- *Il n'y a pas de cycle de gel et de dégel, ce qui permet à la production végétale de se maintenir toute l'année ;*

A six mois d'intervalle les évaluations 2006 mettent en avant une production phytoplanctonique continue.

- *Quel que soit le degré de trophie, l'hypolimnion présente parfois des signes de désoxygénation, ce qui n'indique pas forcément un problème d'eutrophisation ;*

L'évaluation 2005, qui statuait sur la mésotrophie de la retenue, se caractérisait, de la même manière qu'en année eutrophe comme 2006, par une désoxygénation. Il est alors probable que cette caractéristique, qui favorise le relargage du fer et manganèse, soit une constante de la retenue majoritairement due à son substrat.

- *La productivité est généralement plus élevée du fait de l'absence de période d'interruption de la croissance végétale. Le développement de fleur d'eau peut donc se manifester toute l'année ;*

Là encore, les descripteurs biologiques de l'eutrophisation sont peu adaptés car élevés, sortant ainsi des limites statistiques habituellement utilisées en Europe.

- *La concentration en phosphore généralement retenue comme seuil entre les eaux mésotrophes et eutrophes pour les régions tempérées (20-30 µg/l) est parfois trop basse en zone tropicale ;*

Seul critère non déclassant pour la Manzo, il illustre le faible apport en nutriment dans la retenue et donc l'utilisation optimale par le phytoplancton.



**SUIVI DE LA MANZO**  
**Eaux Douces de Type Plan d'Eau**

Nom plan d'eau :  
Code plan d'eau :

MANZO
FRJR032 HYDRO-MORPHO

Plan d'eau :  
Commune :  
Localisation :

Retenue de la Manzo  
Ducos / Le François  
Manzo

Date :  
Expert :

☐ Juin, 2006  
☐ Nov. 2006  
SBI/PRO

**INFORMATIONS GENERALES**

**Localisation :**

Département : 972 - Martinique  
Localisation : Manzo  
Code hydrographique :  
X Lambert : 722 500  
Y Lambert : 1 614 000  
Altitude (m) : 51 m (pour un volume moyen)  
Surface du bassin versant : 2,37 km<sup>2</sup>  
Finalité de la station : Diagnostic eutrophie/référence

**Maîtrise(s) d'ouvrage :**

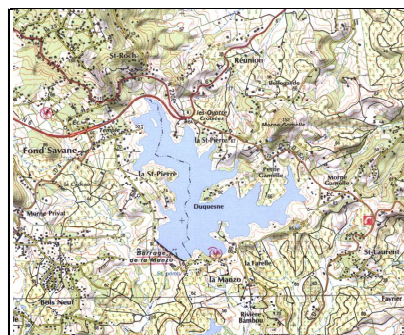
Conseil Général Martinique

**DCE :**

Code ME : FRJR032  
Code HER : HER1 Sud Est

**Le plan d'eau :**

Volume (m<sup>3</sup>×10<sup>3</sup>) : 7,94 Mm<sup>3</sup>  
Protondeur maximale (m) : 20 m  
Surface (km<sup>2</sup>) : 0,87 km<sup>2</sup>  
Occupation du bassin versant dominante : Z. périurbaine  
Statut de protection : néant  
Source (m) : néant  
Géologie du bassin versant : Ferrisols  
Lac naturel : non  
Nombre d'affluents majeurs : néant  
Navigation : non



**LHS**

**o Lake Habitat Survey :**

Type de plan d'eau  
Principal usage

Naturel	Réservoir				
Irrigation	AEP	Navigation	Contrôle flux	Conservation	

Enrochement ou autres structures

Vidange ?

Variations très importantes du niveau d'eau ?

Système aval de bassin versant ?

Présence de transferts d'eau inter-bassins ?

% d'apports inter-bassin / au flux naturel

Modification du temps de résidence "naturel"

0%	> 1-10	> 10-50	> 50-75	> 75%
oui	non	inconnu	Date :	26/06/2006
Elévation	Baisse		Hauteur (m) :	2,2
non	oui			
0%	01-oct	oct-50	50-75	> 75%
non	mineur	moyen	majeur	

Fluctuations du niveau d'eau (m)

	Max. journalier	Max. annuel
< 2		
2 - 5		
> 5		

**HYDROMORPHOLOGIE**

**SEQ-PLAN D'EAU**

**ALTERATIONS :**

**Hydro. Quantité et dynamique du débit d'eau :**

Σ volumes entrants réels / Σ volumes entrants naturels  
Σ volumes sortants réels / Σ volumes sortants naturels  
Décalage dans le régime hydrologique par rapport au naturel (mois)  
Variation spatiale des points d'entrée et de sortie d'eau

**Temps de résidence :**

Variation du temps de séjour moyen annuel ou saisonnier

**Connexion eau souterraine**

non valable
non valable
non valable
non valable

non valable
attente norme

**Morpho. Variation de profondeur :**

Marnage  
Exondation de la zone littorale  
Hauteur marnage artificiel/profondeur totale (%)  
Vitesse de marnage (cm/j)  
Type de marnage (saisonnier, journalier, ...)

**Substrat du lit :**

Ecart à la diversité naturelle des fonds du littoral (%)  
Variation vitesse (taux) de sédimentation lacs naturels  
Hauteur (volume) sédiments/profondeur eau

**Structure de la rive :**

Variation du périmètre  
% rives naturelles / rives artificielles  
Assèchement des zones humides connexes  
Déboisement en rives

attente norme
attente norme
attente norme
attente norme
attente norme
attente norme
attente norme
attente norme

Aptitude

Très Bonne
Bonne
Moyenne
Médiocre
Mauvaise



**SUIVI DE LA MANZO**  
**Eaux Douces de Type Plan d'Eau**

Nom plan d'eau :  
Code plan d'eau :

MANZO  
FRJR032 HYDRO-MORPHO

Plan d'eau :  
Commune :  
Localisation :

Retenue de la Manzo  
Ducos / Le François  
Manzo

Date :  
Expert :

☐ Juin. 2006  
☐ Nov. 2006  
SBI/PRO

**PHYSICO-CHIMIE**

SEQ-PLAN D'EAU	Qualité de l'eau	Potentialités biologiques	Intégrité biologique	Habitat Faune Flore	Aptitude aux usages de l'eau Irrigation	Effets sur l'aval (cours d'eau)	Niveau trophique
<b>ALTERATIONS :</b>							
Transparence Secchi (m) :							
Transparence moyenne (m) annuelle							
Transparence minimale (m) annuelle (ou estivale)							
Transparence moyenne (m) estivale		non renseigné					non renseigné
Transparence maximale (m) annuelle							
COD moyenne annuelle (mg/l)							
COP moyenne annuelle (mg/l)		non renseigné					
Température (°C) :							
Température épilimnion lacs stratifiés							
Température verticale plans d'eau non stratifiés		non valable					
<b>Bilan d'oxygène :</b>							
Oxygènes dissous (mg/l)							
Oxygènes dissous hypolimnion lacs stratifiés							
Oxygènes dissous sur verticale plans d'eau non stratifiés		non valable					
Oxygènes dissous (% saturation)							
Saturation oxygène hypolimnion lacs stratifiés							
Saturation oxygène sur verticale plans d'eau non stratifiés		non valable					
Déficit en oxygène (%) lacs stratifiés		non renseigné					non renseigné
<b>Nutriments :</b>							
N minéral maximal (NO3 + NH4, mg/l)							
PO43- maxiaml (mg/l P)							
Phosphore total maximal (mg/l P)		?					
Fer dissous (mg/l)							
<b>Minéralisation :</b>							
Conductivité (µS/cm)							
<b>Acidification :</b>							
pH (min-max) épilimnion lacs stratifiés							
pH (min-max) verticale plans d'eau non stratifiés		non valable					
Al3+ dissous épilimnion lacs stratifiés							
Al3+ dissous verticale plans d'eau non stratifiés		non valable					
<b>Micropolluants minéraux sur eau brute :</b>							
8 métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) + CN (µg/l)							
<b>Pesticides sur eau brute :</b>							
73 substances							
<b>HAP sur eau brute :</b>							
16 substances							
<b>PCB sur eau brute :</b>							
1 PCB totaux							
<b>Autres micropolluants organiques sur eau brute :</b>							
57 substances							
<b>Micropolluants minéraux sur sédiments :</b>							
8 métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)							
<b>Pesticides sur sédiment :</b>							
34 substances							
<b>HAP sur sédiment :</b>							
18 substances							
<b>PCB sur sédiment :</b>							
1 somme 8 isomères							
<b>Autres micropolluants organiques sur sédiment :</b>							
29 substances							
<b>Micropolluants minéraux sur matière vivante :</b>							
8 métaux (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)		attente norme					
<b>Effets des développements végétaux :</b>							
Chlorophylle a + Phéopigments, maximum annuel (µg/l)							
Chlorophylle a + Phéopigments, moyenne estivale intégrée (µg/l)		non renseigné					non renseigné
Saturation en oxygène (%)							
pH							
<b>Azote toxique :</b>							
NO2 (mg/l N)							
NH3+ (mg/l N)							

	Très Bonne
	Bonne
	Moyenne
	Médiocre
	Mauvaise

Légende : HAP Hydrocarbures aromatiques Polycycliques  
PCB Polychlorobiphényles  
MES Matières en suspension



**SUIVI DE LA MANZO**  
**Eaux Douces de Type Plan d'Eau**

Nom plan d'eau :  
Code plan d'eau :

MANZO  
FRJR032 HYDRO-MORPHO

Plan d'eau :  
Commune :  
Localisation :

Retenue de la Manzo  
Ducos / Le François  
Manzo

Date :  
Expert :

☐ Juin. 2006  
☐ Nov. 2006  
SBI/PRO

**PHYSICO-CHIMIE**

SEQ-PLAN D'EAU	Qualité de l'eau	Potentialités biologiques	Intégrité biologique	Habitat Faune Flore	Aptitude aux usages de l'eau Irrigation	Effets sur l'aval (cours d'eau)	Niveau trophique
<b>ALTERATIONS :</b>							
<b>Caractéristiques des sédiments :</b> phase solide < 63 µm						?	
C organique particulaire (mgC/g)							
N total particulaire (mgN/g)							
P total particulaire (mgP/g)							
Souffre (mg/g)		attente norme					
<b>Potentiel de relargage des sédiments :</b>							
Phase solide sur poids sec :							
Phosphore PINA (mg/g)							
Eau interstitielle :							
NH4 (mgN/l)							
Ntotal (mg/l)							
PO4 (mgP/l)							
Ptotal (mg/l)							
Fer (mg/l)							
Mn (mg/l)							
<b>Toxines algale :</b>					non renseigné	non renseigné	
Equivalent Mircocystine LR (µg/l)		non renseigné					
<b>Descripteurs spécifiques usages :</b>							
Couleur						non renseigné	
MOOX							
Matières azotées hors NO3							
Nitrates							
Matières phosphorées							
Microorganismes							
<b>Phytoplancton :</b>						?	
ITP moyen estival							
<b>Flore aquatique autre :</b>							
Proportion Hydrophytes/hélophytes		attente norme					
% de recouvrement		attente norme					
Profondeur maximale colonisée par les charophytes		non valable					
<b>Faune benthique invertébrée :</b>							
EOS2 (=IOBL) - Indice oligochètes		non valable					
IMOL - Indice malacologique		non valable					
IBL - Indice Biologique Lacustre		non valable					
<b>Poissons (ichtyofaune) :</b>						?	
Richesse spécifique		attente norme					
Introduction d'espèces (O/N)		attente norme					
Présence de tributaires (O/N)		attente norme					
<b>Flore-faune proliférantes :</b> classe d'abondance ou % recouvrement							
% Cyanophytes (%)							
Abdce Algues filamenteuses							
Macrophytes							
Invertébrés							
Poissons indésirables							
Autres vertébrés							
Parasites							
<b>Faune et flore remarquables :</b> (espèces protégées, menacées, à valeur patrimoniale ou indicatrices)							

**BIOCENOS**

SEQ-PLAN D'EAU	Qualité de l'eau	Potentialités biologiques	Intégrité biologique	Habitat Faune Flore	Aptitude aux usages de l'eau Irrigation	Effets sur l'aval (cours d'eau)	Niveau trophique
<b>ALTERATIONS :</b>							
<b>QUALITE GENERALE</b>							

Aptitude

	Très Bonne
	Bonne
	Moyenne
	Médiocre
	Mauvaise

## 6. Conclusion de la diagnose

La diagnose menée sur la retenue de la Manzo en 2006 a été fortement influencée par la vidange décennale effectuée en milieu d'année. Ce protocole de surveillance et d'entretien de la retenue n'a pas permis le déroulement des 3 à 4 campagnes nécessaires à la fiabilité de certains descripteurs au cours d'une année calendaire.

D'un **point de vue hydromorphologique**, il apparaît que la retenue est soumise à de faibles pressions émanant de son bassin versant. L'occupation du sol est mixte, mêlant zones d'habitation à densité moyenne, zones agricoles et friches. Le plan d'eau reçoit de faibles apports externes en nutriments (N et P). La charge externe en azote estimée entre 2002 et 2006 est de 4,2 à 10,8 tonnes/an. L'apport en phosphore annuel varie entre 0,9 et 1,7 tonne. Ce dernier élément (généralement considéré comme facteur responsable de l'accroissement de la production algale) ne semble pas être apporté de manière excessive.

Le régime hydrologique est fortement perturbé du fait même de son usage de réservoir pour l'irrigation. Le temps de séjour de l'eau peut varier d'un facteur 1 à 6 selon les années humides ou sèches. Il n'existe aucun tributaire et les contacts avec la nappe sont inexistants (noyau argileux).

Aucun apport sédimentaire n'est relevé du fait de son alimentation principale par la prise d'eau sur la Lézarde. Les berges sont naturelles à l'exception du barrage.

Les **perturbations anthropiques** émanant du bassin versant sont ainsi **évaluées comme faibles et non significatives**. Il apparaît nettement que les critères déclassants, au titre de plan d'eau de référence, s'illustrent par le caractère artificiel de la retenue et par son fonctionnement inhérent à son usage exclusif c'est-à-dire l'irrigation. On peut dès lors se demander si l'état actuel du plan d'eau du point de vue hydromorphologique ne correspond pas au meilleur état qui puisse être attendu.

Les **caractéristiques physico-chimiques** de la Manzo ont été fortement influencées par le contexte, d'année en fonctionnement « perturbé ». Ceci s'est notamment illustré pendant la campagne d'échantillonnage de juin au cours de laquelle le plan d'eau atteignait sa vidange optimale. A ce titre, la retenue de la Manzo apparaissait comme un plan d'eau non stratifié, hyper-eutrophe et avec des concentrations de fer et de manganèse très élevées. En novembre, fin de remplissage, les conditions se rapprochaient de celles observées en 2005, c'est-à-dire un plan d'eau stratifié, plutôt eutrophe mais avec un relargage de fer et de manganèse de moindre ampleur.

A cette période s'établit un métalimnion de 4 à 6 mètres de profondeur au dessous duquel le pH et l'oxygénation chute de manière importante.

Les **concentrations de la plupart des éléments nutritifs** (nitrates, nitrites, phosphore, orthophosphates) sont très faibles à nulle (en dessous des limites de quantification). Selon le descripteur Nutriments, la qualité des eaux du lac Manzo est globalement bonne, seule la zone « eau-sédiment » présente une activité anaérobie qui permet l'expression de l'azote sous sa forme réduite (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

Les **micropolluants minéraux** sont principalement représentés par le fer et le manganèse. Les concentrations en fer montrent en juin 2006 des valeurs très critiques tant sur la zone profonde que sur les masses d'eau supérieures. En novembre 2006, les concentrations des masses d'eau supérieures sont représentatives d'une eau de bonne qualité (celle du fond d'une qualité mauvaise). Les plus faibles concentrations de fer dans les eaux lors de la remontée semblent souligner une origine très locale de ce métal : substratum du fond de la retenue.

Concernant les **micropolluants organiques**, parmi plus de 300 molécules analysées sur les eaux de surface et de fond, seul l'Hexazinone (herbicide) a été identifié mais non quantifié (en dessous des limites de détection du laboratoire).

De la même manière, les analyses n'ont pas mis en évidence de contamination bactériologique des eaux de la retenue de La Manzo.

Les **sédiments de la retenue** de La Manzo se caractérisent par une très faible granulométrie, de faibles concentrations en éléments minéraux et une faible charge organique. En revanche, on note d'importantes concentrations en métaux : l'aluminium et le fer, et dans une moindre mesure le manganèse. Aucun autre micropolluant n'a été détecté.

**L'eau interstitielle** est très chargée en fer et en manganèse. Ce dernier y présente des concentrations aussi élevées que celles du fer, alors que les concentrations mesurées dans la colonne d'eau sont nettement inférieure à celui-ci, traduisant une diffusion différentes de ces deux métaux vers la masse d'eau.

En termes de trophie, sur la base des descripteurs, **en 2006, il semble que ce plan d'eau est eutrophe, voir hyper-eutrophe**, et propose une évolution du peuplement algal au cours du temps. Selon les résultats précédents, en avril 2005, elle présentait un état mésotrophe. La tendance eutrophe avait été notée par Lemoalle en 2001.

Ces éléments ne permettent pas de statuer sur la trophie du plan d'eau. En conditions stables de gestion de l'ouvrage, des mesures sur une année complète (les moyennes étant calculées normalement pour une même année et pour 3 à 4 campagnes) devraient permettre de préciser ces différences et mieux apprécier le type trophique de cette retenue.

Concernant la **caractérisation biologique** de la Manzo, le seul compartiment biotique pouvant décrire l'état est le phytoplancton. En effet, **l'absence d'oligochètes et la présence artificielle d'une seule espèce de poisson introduite** (le Tilapia) ne permettent pas d'apporter des éléments d'appréciation de l'état de la retenue. Cette population est d'ailleurs fortement perturbée par le marnage important, de surcroît au cours de la vidange 2006 (disparition des cohortes intermédiaires).

Par contre le **phytoplancton** représente une forte biomasse. En juin, le peuplement phytoplanctonique observé était très peu riche avec seulement trois taxons répertoriés. Le peuplement était dominé à près de 90% par les chlorophytes (algues vertes). Cela concorde avec le niveau de trophie élevé. Avec plus de 10%, les cyanophytes, qui peuvent être responsables de blooms et de phénomènes de toxicité, appuyaient le caractère eutrophe du plan d'eau en fin de vidange.

En novembre 2006, 26 taxons ont été inventoriés, reflétant une diversité modérée. Avec 20 taxons, les Chlorophytes représentent la plus grande richesse taxinomique. Il s'agit d'espèces habituellement inféodées aux eaux assez mésotrophes à eutrophes. La densité algale est en moyenne 4 fois plus élevée à la profondeur 4 m, profondeur à laquelle la valeur maximale d'oxygène dissous a été enregistrée. La photosynthèse est donc maximale à cette profondeur.

Les concentrations d'algues potentiellement toxiques sont très faibles et ne présentent pas de risque majeur à ce jour.

Le plan d'eau de **La Manzo n'abrite pas de végétation de type macrophytes**. La prospection s'est donc axée sur la végétation des berges et a permis de distinguer trois étages successifs dans la végétation : le tapis discontinu d'herbacées pionnières, le taillis arbustifs et le bois secondaire de forêt.

L'évaluation du plan d'eau au regard des descripteurs du SEQ Plan d'eau permet d'avancer la bonne aptitude théorique à l'usage irrigation. Par contre, l'appréciation globale de l'état écologique révèle une aptitude moyenne en termes d'intégrité biologique et met en avant une aptitude mauvaise en termes de potentialités biologiques, d'habitat pour la faune et la flore, d'effets sur l'aval et de niveau trophique. En effet, les paramètres qui pèsent ce bilan (transparence, oxygène dissous, chlorophylle, manganèse et fer), sont généralement en liaison avec le caractère eutrophe supposé (consommation en oxygène, relargage de fer et manganèse...), avec le substrat de la retenue (forte charge en fer et manganèse) et avec la variation de profondeur liée à son usage.

En conséquence, il semble pertinent de s'interroger sur :

- ✓ la **validité des limites de classes d'aptitudes du SEQ Plan d'eau** au contexte particulier de la retenue de la Manzo (et plus généralement aux plans d'eau tropicaux),
- ✓ l'**intérêt d'agir de manière lourde sur les causes du relargage** du fer et du manganèse tant le fonctionnement de ce milieu semble le prédisposer à ce phénomène de manière « naturelle ». De ce fait, le traitement de l'eutrophisation ne permettrait pas de régler les problèmes de taches évoqués par les irrigants du PISE. Sans toutefois négliger son impact avéré sur la hausse du relargage, une solution alternative doit être envisagée pour la résolution de ce problème.
- ✓ l'**opportunité d'un traitement radical de l'eutrophisation**, en raison de sa propension à ce phénomène, mais plutôt pencher vers une réduction dans des limites à définir par la poursuite du suivi dans des conditions de « routine » (hors vidange).
- ✓ la **caractérisation du bon potentiel écologique** au titre de la D.C.E., dans la mesure où il ressort de l'analyse hydro-morphologique que l'état actuel correspond sensiblement au meilleur état qui puisse être attendu en raison des atteintes inhérentes à l'usage de cette retenue artificielle.



## 7. Plan de gestion

Cette approche de gestion des principales problématiques relevées sur la retenue de la Manzo a été développée en partenariat avec le bureau d'étude Hydratec. Différentes pistes ont été listées et leur application a été évaluée au regard des résultats obtenus lors de la diagnose.

Dans un premier temps, la situation a été évaluée en considération de l'usage principal de la retenue, qu'est l'irrigation. Par suite, les problématiques ont été reformulées au regard de cet usage.

Dans un deuxième temps, les pistes de développement ont été évaluées en termes d'efficacité dans le contexte spécifique. L'une d'entre elle, qui semble la plus adaptée, a été définie de manière plus précise.

Il est particulièrement important de noter que la diagnose 2006 n'a pas été réalisée dans des conditions de stricte application du protocole d'évaluation. C'est pourquoi il peut sembler prématuré d'élaborer un plan de gestion cohérent au regard de l'état d'eutrophisation du milieu. Nous tenons donc à mettre en garde les exploitants sur le caractère de première approche des pistes de gestion de la retenue, susceptible d'évoluer à l'issue de la campagne de suivi 2007.

### 7.1. Caractéristiques des Ouvrages, hiérarchisation des dysfonctionnements

---

#### 7.1.1. La retenue de Saint-Pierre de la Manzo : géométrie et règles de gestion

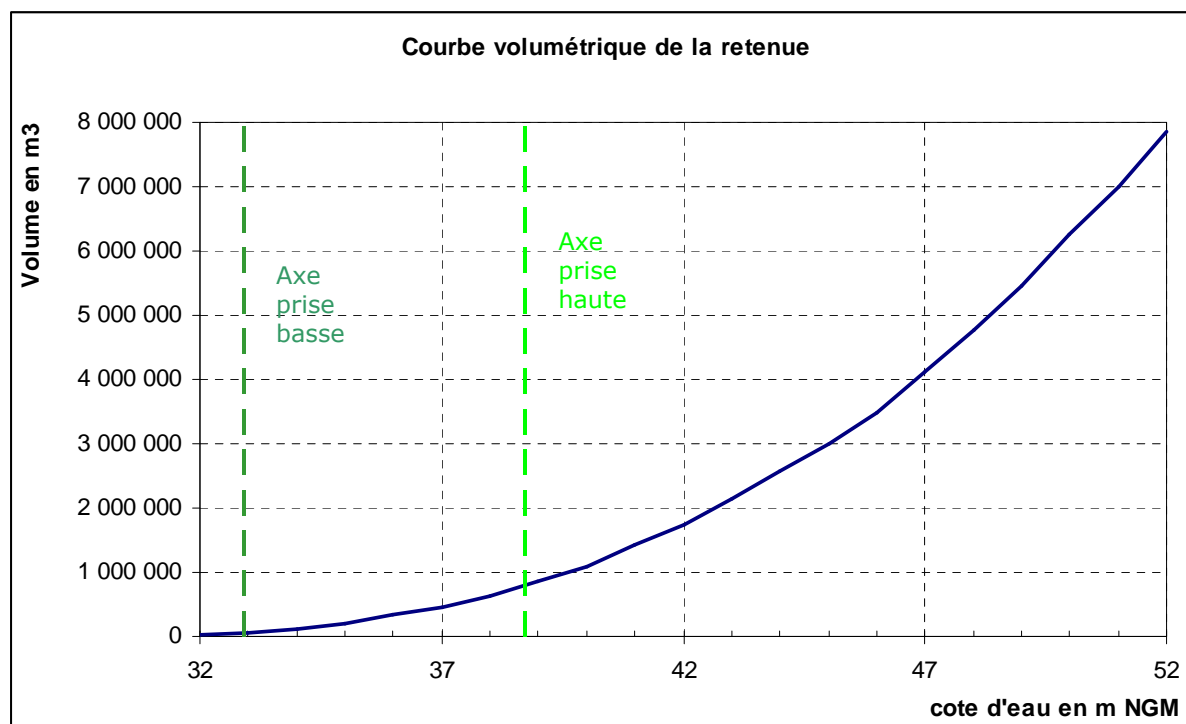
La retenue de Saint-Pierre de la Manzo en Martinique est formée par l'édification d'un barrage dans la vallée de la rivière de la Manche en 1979.

On retiendra les caractéristiques géométriques principales suivantes :

- Niveau des plus hautes eaux : 52,00 m NGM
- Niveau d'arase de la digue 54,7 m NGM
- Capacité de la retenue : 7,94 Mm<sup>3</sup>

La vidange de la retenue s'effectue par une conduite de diamètre 1300 mm implantée dans une galerie de section 2,0 m x 2,0 m traversant le corps de la digue ; les deux orifices de fond alimentant cette conduite ont également un diamètre de 1300 ou 1400 mm, positionnés au niveau de leurs axes aux cotes 32,90 et 38,70 m NGM. Les écoulements aboutissent dans une station de pompage équipée de 7 pompes dont le débit unitaire est proche de 200 l/s ; l'exploitant nous a confirmé n'utiliser que 5 pompes au maximum de manière simultanée.

La retenue est alimentée par la Lézarde, dont les écoulements sont dérivés partiellement au niveau d'une prise d'eau et acheminés gravitairement dans la retenue. Cette alimentation est activée en saison humide ; on notera la priorité donnée à l'alimentation en eau potable depuis cette prise d'eau.



**Figure 20. Courbe volumétrique de la retenue de la Manzo**

De manière synthétique, la retenue est gérée comme suit :

- Pendant le Carême, de janvier à mai : la retenue est utilisée pour l'irrigation ; les relevés d'exploitation font état d'une utilisation différente selon le contexte pluviométrique :
  - 2002 : 9,3 Mm<sup>3</sup>,
  - 2003 : 11,9 Mm<sup>3</sup>
  - 2004 : 7,6 Mm<sup>3</sup>
- Pendant l'hivernage, de juin à décembre : la retenue est remplie ; les relevés d'exploitation donnant les volumes entrés reflètent alors le complément variable en fonction de l'utilisation pendant le carême :
  - 2002 : 4,2 Mm<sup>3</sup>,
  - 2003 : 5,7 Mm<sup>3</sup>
  - 2004 : 2,0 Mm<sup>3</sup>

### 7.1.2. Les problèmes relevés par l'exploitant, le constat mis en évidence par les mesures

En 2005, une note du gestionnaire du BGPISE a fait état de différents problèmes relevés par les irrigants. Ceux-ci se sont particulièrement exprimés en fin de carême en 2000 et 2004 : forte odeur d'œuf pourri, dépôts de couleur rouille et noire. Les analyses effectuées ont alors montré des teneurs très importantes en fer et en manganèse dans les eaux profondes de la retenue, 10 à 15 fois plus élevées qu'en surface.

Ce constat de mécontentement des irrigants n'a pas été limité à ces seules années et il semble que ces phénomènes soient récurrents. Ils ont été d'ailleurs signalés en 2001 et 2003 (années de carême sévère).

Il semble ainsi que les perturbations ne soient pas directement corrélées au temps de séjour de l'eau dans la retenue. Par contre, les symptômes d'eutrophie péjorent nettement ces phénomènes de relargage. Le caractère ponctuellement eutrophe de la retenue devra donc être appréhendé de manière plus précise (objet de la diagnose 2007).

Les diverses mesures réalisées par Asconit et par l'exploitant mettent en évidence une stratification qualitative des eaux de la retenue :

- conditions réductrices en fond de retenue (présence d'ammonium),
- oxygène dissous entre 7 et 8 mg/l entre 0 et -6 m, entre 2 et 3 mg/l entre -7 et -15 m,
- teneurs en fer atteignant 2 à 6 mg/l en profondeur selon les années, à comparer à 0,3 ou 0,5 mg/l en surface, une mesure ponctuelle en 2006 montrant une teneur faible jusqu'à -9 m,
- teneurs en manganèse comprises entre 1 et 3 mg/l en profondeur, pour des valeurs de l'ordre de 0,1 mg/l en surface (sauf en 2000), une mesure ponctuelle en 2006 montrant une teneur faible jusqu'à -9 m également.

Les analyses réalisées sur les eaux de la Lézarde alimentant la retenue et l'examen des sources de pollution potentielles du bassin versant direct de la retenue montrent que la dégradation observée dans la retenue ne peut pas être attribuées à une qualité médiocre des apports.

Ces différentes observations et analyses ne concernent que certaines années et des prélèvements localisés ; sur la base des éléments disponibles et sous réserve de résultats de mesures plus denses en plan et sur les colonnes d'eau, les conclusions suivantes peuvent être édictées à ce stade de l'étude :

- les problèmes de qualité chez les usagers de l'eau de la retenue (irrigation) s'amplifient lorsque les eaux présentent un caractère eutrophe,
- les eaux profondes apparaissent beaucoup plus dégradées que les eaux de surface (frontière entre -6 et -8 m), ces eaux profondes étant sollicitées par les prises d'eau existantes à -13 et -19 m.

## 7.2. Aménagements proposés

### 7.2.1. Principe des solutions à privilégier

Plusieurs types d'actions sont classiquement mis en pratique sur des plans d'eau pour diminuer le phénomène d'eutrophisation en favorisant l'oxygénation ; ces actions doivent être analysées au regard de l'usage en vigueur sur la retenue, des dimensions importantes du plan d'eau, des concentrations mesurées très variables selon les années et la profondeur d'eau.

#### ➤ Oxygénation des eaux in situ :

Parmi les différents systèmes testés sur des plans d'eau ou des rivières, on peut citer les deux dispositifs suivants utilisés et éprouvés dans plusieurs pays :

- Le prototype Ventoxal développé par Air Liquide est un appareil de transfert qui se compose d'un émulsionneur de type venturi alimenté par une pompe immergée et complété par des éjecteurs. Un volume d'eau limité est pompé en profondeur, sursaturé en oxygène, et réinjecté dans le fond de la retenue. La sursaturation est provoquée au niveau du venturi où l'oxygène pur est introduit dans l'eau refoulée par la pompe.
- Le procédé Solvox commercialisé par Linde Gaz est une méthode de dissolution d'oxygène par insufflation dans le milieu appauvri. La diffusion de l'oxygène est assurée par des tuyaux souples finement perforés, fixés sur des cadres de 40 m<sup>2</sup> environ immergés au fond de la retenue. Sous l'effet de la pression de l'oxygène, les orifices normalement refermés par la pression de l'eau, s'ouvrent et diffusent de fines bulles.

Dans les deux cas, l'oxygène est stocké à terre sous forme liquide. Les dépôts d'oxygène liquide de 50 000 litres environ sont munis de dispositifs de vaporisation permettant de gazéifier l'oxygène avant utilisation. Le débit injecté peut atteindre 300 kg/h environ.

Pour une installation permettant de couvrir une surface de l'ordre de 1 ha, le montant de fonctionnement sur une année s'élèverait à 0,5 M€HT. En envisageant un traitement sur 30% de la surface totale de la retenue (soit 25ha sur les 82 ha), surface qui reste en eau à vidange jusqu'à 39 m NGM, le coût total s'élève à 12,5 M€HT.

#### ➤ Traitement en sortie de la retenue :

Le traitement des eaux soutirées à la retenue doit être adapté aux concentrations importantes en métaux et au débit maximal de 1 m<sup>3</sup>/s pompé vers le réseau du PISE.

Les traitements correcteurs sont basés sur l'oxydation du fer et du manganèse sous la forme insoluble en modifiant le potentiel d'oxydation et le pH. Les formes oxydées précipitent pour être retenues, soit en décantation, soit en filtration.

La filière à mettre en place est donc la suivante :

- aération (cascade),
- oxydation chimique et augmentation du pH,
- décantation,
- injection de permanganate et filtration sur sable.

Pour un débit de 1 m<sup>3</sup>/s, il faut compter un investissement d'environ 6 M€ HT (prix métropole) ; pour mémoire pour un débit de 300 l/s, l'investissement se porte à 2 M€ HT (prix métropole). En frais d'exploitation, sur la base de 5 Mm<sup>3</sup> traités par an, on obtient 2,5 à 3,5 M€ HT / an. Ces montants apparaissent également prohibitifs.

➤ **Destratification des eaux de la retenue :**

Le mélange de l'eau entre la profondeur et la surface de la retenue peut également être envisagé pour abaisser les concentrations en métaux au niveau des prises d'eau et oxygéner le fond de la retenue. Dans le cas d'une retenue profonde, les agitateurs ont pour effet de créer un courant d'échange par la rotation d'une hélice immergée.

Afin de limiter les dépenses d'énergie, il a été envisagé d'utiliser des hydroliennes, dont l'hélice est montée sur un axe mis en rotation par des aubes aériennes mues par le vent.

Les constructeurs contactés par nos soins restent réservés sur la possibilité de mélanger les eaux à une profondeur supérieure à 15 m, et n'ont pas pu fournir d'estimation pour des équipements efficaces.

Par ailleurs, une densité importante d'agitateurs doit être prévue pour généraliser le mélange à l'ensemble de la retenue et ne pas circonscrire l'effet à quelques mètres carrés ; une hydrolienne pour 3 ha environ serait ainsi à prévoir, soit 15 éléments sur la base d'une surface de 53 ha à -8 m.

Enfin, il convient de rappeler la nécessité de démonter les appareils avant la venue d'un cyclone, les aubes ne résistant pas à des vitesses supérieures à 120 km/h environ.

**Au vu des différences très importantes de qualité entre la surface et le fond, le mélange conduira suivant les années à dégrader fortement le volume total de la retenue. Cette solution de mélange ne répond pas au problème.**

➤ **Déplacement du niveau de prise :**

Au vu des concentrations mises en évidence sur les colonnes d'eau, cette solution est à privilégier : il s'agira de **prendre l'eau en subsurface dans la couche où son oxygénation est assurée**, ou, en cas de bloom avéré, en dessous immédiat de la zone euphotique afin d'éviter le captage trop important des algues sans pour autant retrouver la phase chargée en métaux (fer et manganèse) en fond de retenue.

Un aménagement de prise en surface est détaillé ci-après.

➤ **Modification des règles de gestion :**

Le renouvellement de l'eau doit être favorisé pour limiter la dégradation de l'eau en profondeur. **En fin de carême, la vidange des eaux profondes doit ainsi être opérée par l'orifice de fond à 32,90 m NGM vers le milieu naturel.**

L'exploitant nous a confirmé qu'il n'a jamais rencontré de problème pour remplir la retenue pendant l'hivernage ; avec cette hypothèse, une vidange du volume résiduel en fin de période d'utilisation par les irrigants est envisageable.

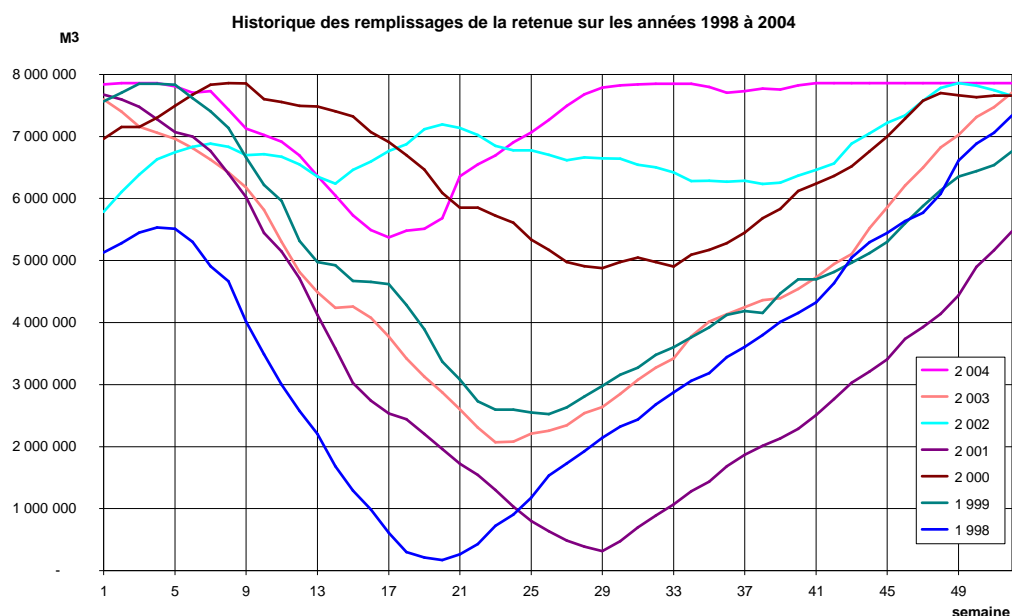
Le débit de vidange, le volume pouvant être vidangé et les périodes propices doivent être définis en fonction :

- des chroniques de remplissage de la retenue,
- de la capacité quantitative et qualitative du milieu récepteur (on note que les précédentes vidanges du plan d'eau ont été effectuées à 200 l/s).

Cette opération de vidange annuelle devra faire l'objet d'une procédure qui détaillera la cadence de pompage en fonction :

- du niveau résiduel dans la retenue,
- de l'âge de l'eau (chronique pluviométrique et des prélèvements des six derniers mois),
- des besoins des usagers,
- de la qualité de l'eau exprimée dans les analyses de prélèvements pouvant être réalisés sur des colonnes d'eau à faible distance des prises d'eau.

En fonction de la pluviométrie, cette opération de vidange pourra être fractionnée sur la période du Carême.



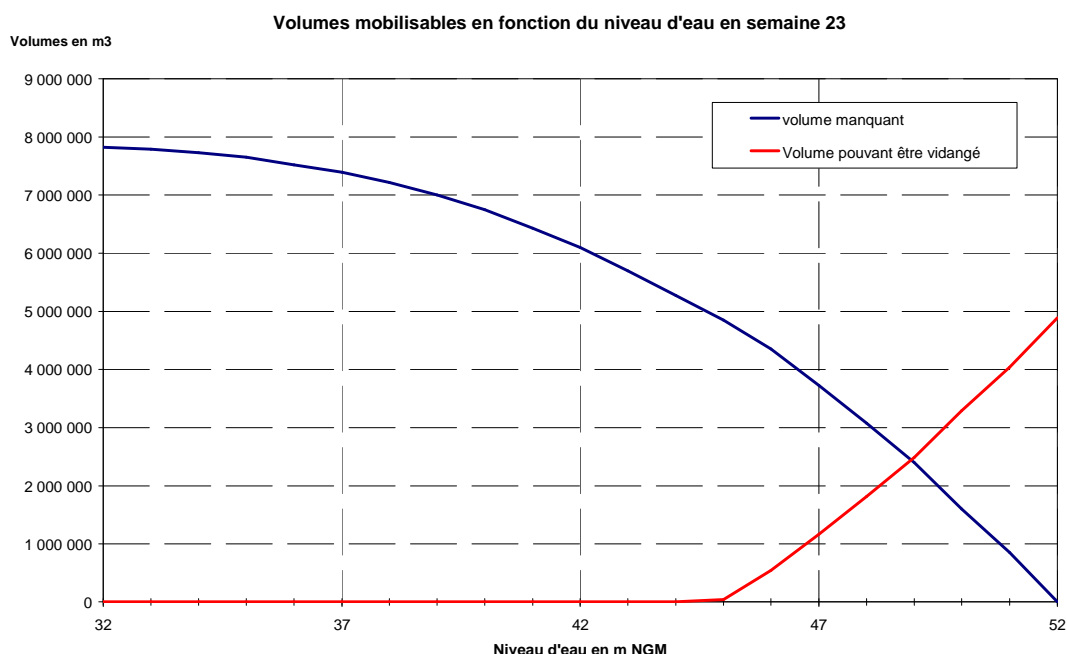
**Figure 21. Historique des remplissages de la retenue (1998 à 2004)**

Au vu des relevés de niveaux sur les années 1998, 1999, 2000, 2001 et 2003, on observe une vitesse potentielle de remplissage de l'ordre de 163 à 224 milliers de  $m^3$  par semaine. Toutes choses étant égales par ailleurs (irrigation, volumes de la Lézarde détournés de la retenue pour autres usages, pluviométrie normale), une vitesse de remplissage de 163 000  $m^3$  par semaine peut servir de base pour l'organisation de la vidange de la tranche basse en première approche.

A partir de début juin semaine 23, sur la base des 7 années précédentes, la capacité de remplissage serait sur 30 semaines de 5  $Mm^3$  environ ; la capacité de vidange se déduit ainsi par :

$$V_{\text{vidangeable}} = 5 \text{ Mm}^3 - V_{\text{manquant}}$$

Le graphe ci-après illustre cette relation ; sur la base d'un débit de vidange de 200 l/s, soit 121 000  $m^3$  / semaine, sous réserve de vérification des courbes de fonctionnement des pompes, la durée de vidange s'obtient de manière linéaire en fonction du volume pouvant être vidangé.



**Figure 22. Volumes mobilisables en fonction du niveau d'eau en semaine 23**

Par exemple, en 2004, il restait 6 692 000 m<sup>3</sup> en semaine 23 (50,95 m NGM) ; 4 Mm<sup>3</sup> pouvaient être vidangés, soit un renouvellement théorique de l'eau entre les cotes 32,3 et 46,8 m NGM (-5,2 m). La vidange d'un tel volume en 30 semaines nécessite toutefois un débit moyen de 220 l/s.

Autre exemple, en 2000, il restait 5 722 000 m<sup>3</sup> en semaine 23 (49,34 m NGM) ; 2,76 Mm<sup>3</sup> pouvaient être vidangés, soit un renouvellement théorique de l'eau entre les cotes 32,3 et 44,4 m NGM (-7,6 m). Le niveau d'eau n'a recommencé à monter qu'à partir de la semaine 33 et de la cote 48,20 m NGM ; la période de vidange avec un débit de 200 l/s devait donc commencer vers la semaine 29 pour ne pas compromettre le remplissage de la retenue jusqu'au niveau maximal.

En fonction de l'évolution réelle du niveau d'eau pendant le second semestre, la durée de vidange peut être modifiée ; il est ainsi important :

- d'assurer un suivi continu du niveau d'eau dans le barrage,
- d'appréhender les besoins en eau des irrigants en fin de carême,
- de ne pas vidanger en continu au début de l'hivernage.

**Tableau 22. Tableau synoptique des pistes de gestion envisagées pour la retenue de la Manzo**

Mode de gestion	Oxygénation des eaux	Traitement en sortie	Destratification	Déplacement du niveau de prise	Modification des règles de gestion
<b>Matériel</b>	Tuyaux en profondeur	Aération et traitement chimique	Hydroliennes	Mât oscillant	Vidange programmée
<b>Avantage</b>	Limite les phénomènes de relargage	Pas d'intervention sur la masse d'eau	Limite les phénomènes de relargage	Cible la masse d'eau de qualité adaptée à l'usage	Limite les phénomènes de relargage, purge la masse d'eau de fond
<b>Inconvénient</b>	Traitement adapté aux faibles surfaces	Forte consommation de réactifs	Forte densité d'ouvrage, difficulté de traitement de profondeur, mélange des masses d'eau	Captage d'algue possible	Limite ponctuellement la disponibilité de la ressource
<b>Coût</b>	Fonctionnement 12,5 M€ HT	Investissement 6 M€ HT Fonctionnement 3,5 M€ HT	Non chiffré	Investissement 0,5 M€ HT	Néant (envisager l'exportation des herbacés)

## 7.2.2. Aménagement d'une prise d'eau en surface

La prise d'eau de surface pourra être constituée d'un mât oscillant immergé en acier peint, à dimensionner pour :

- un débit maximal de 1 m<sup>3</sup>/s,
- une fixation sur le prolongement à réaliser du DN 1300 supérieur (axe 38,7 m NGM),
- une immersion du drain de prise à 1,5 m de profondeur à l'axe en première approche, cette profondeur d'immersion pouvant être réglée depuis la crête du barrage par manœuvre de câbles ou par remplissage partiel du flotteur,
- une vitesse limitée en entrée du drain pour éviter la formation de vortex et l'entraînement de l'air qui serait préjudiciable pour les pompes,
- un marnage de la retenue pour le fonctionnement de la prise entre 52,0 et 39,0 m NGM,

La photographie ci-dessous présente un exemple de réalisation dans la Gironde.

Le mât oscillant est la liaison entre la prise d'eau existante et le drain ; il est articulé à sa base avec un joint élastomère renforcé avec des anneaux en acier. Le mât permet le transit gravitaire de l'eau vers sa base et maintient le drain avec l'aide d'un flotteur dont l'immersion est réglable.

En position basse, le mât repose sur un massif à créer en fond de retenue : enrochements, béton ou gabions.

En première approche, le mât aura une longueur de l'ordre de 18 m et un diamètre de 800 mm.



**Figure 23. Mât oscillant en phase de mise en place au Bec d'Ambes en Gironde**

Le drain de prise peut être en forme de té comme sur l'ouvrage photographié, afin d'assurer l'équilibre de la pièce en mouvement : DN 1200 mm sur une longueur de 5 m environ.

Le drain sera équipé d'un dispositif de décolmatage à air comprimé à partir d'une cuve et d'un compresseur implanté sur la crête du barrage.

La mise en place sera faite en eau avec des plongeurs, ou à sec en fonction des possibilités d'accès.

Estimation du coût de l'aménagement :

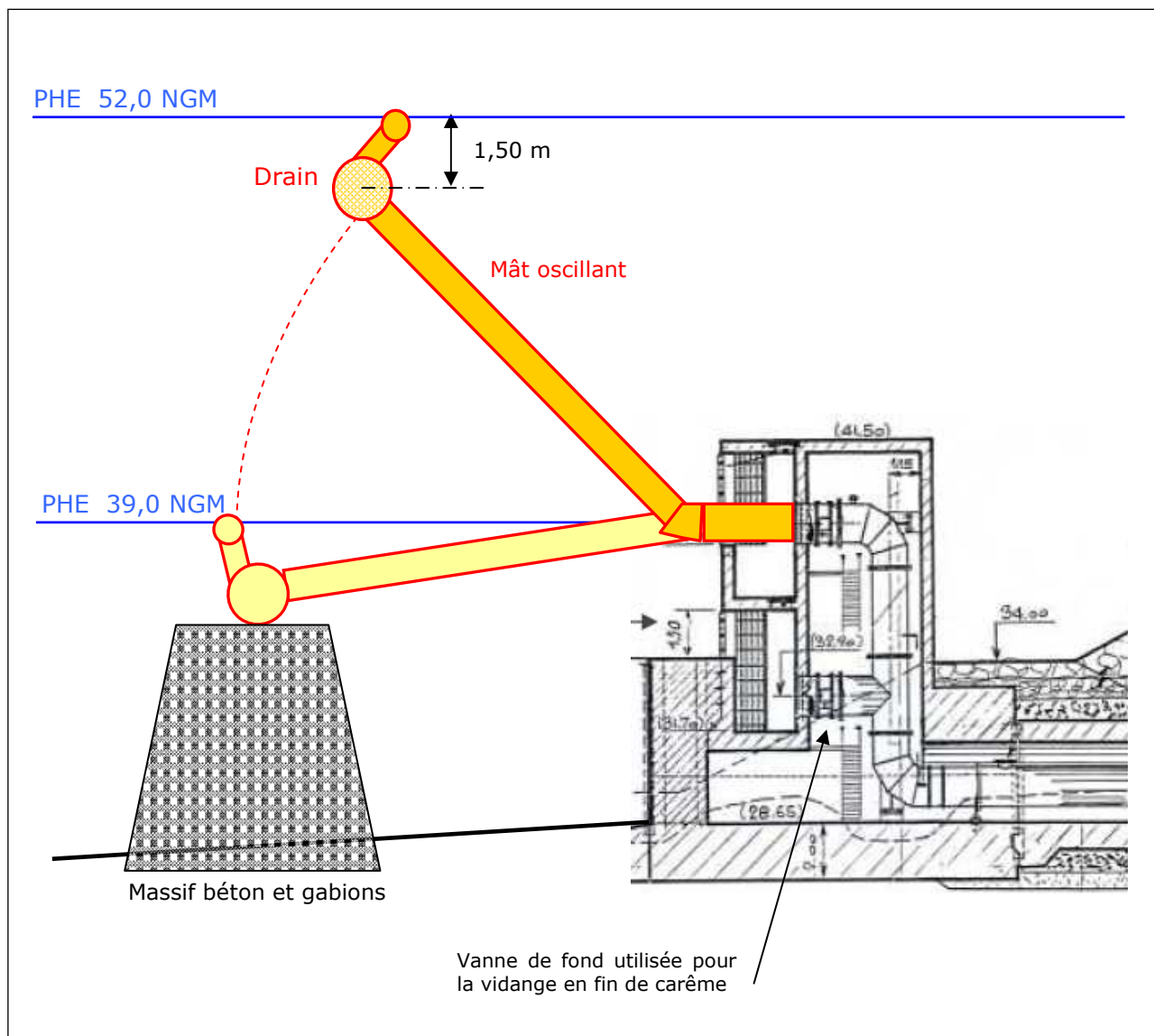
- |  |              |
|--|--------------|
| ➤ Fabrication en métropole et acheminement sur le site : | 160 000 € HT |
| ➤ Mise en place, montage, essais :                       | 80 000 € HT  |



- Prolongement de la conduite : 20 000 € HT
- Massif béton et gabions : 240 000 € HT

**Coût total des travaux :**

**500 000 € HT**



**Figure 24. Schéma de principe de la prise d'eau de surface**

## 7.3. Lutte contre l'eutrophisation occasionnelle

---

La diagnose 2006 n'a pas permis de statuer sur le caractère eutrophe du plan d'eau de la Manzo. Il n'en reste pas moins que les études précédentes ont mis en lumière des symptômes d'eutrophisation ponctuels. Il paraît ainsi opportun d'envisager l'application de certaines techniques de gestion propres aux plans d'eau eutrophes.

Les pistes envisagées précédemment, prenant en compte l'amélioration de la distribution d'eau au PISE, ont bien mis en évidence le caractère potentiellement négatif d'une déstratification au sein de la retenue. D'autres éléments de gestion alternatifs sont développés ici prenant en compte la réduction des apports en nutriments ou la consommation de ceux-ci.

### 7.3.1. Assèchement par vidange du fond

Déjà évoquée dans le paragraphe précédent, cette piste présente l'intérêt de :

- consolider par dessiccation l'interface eau/sédiment pour combattre la migration des nutriments du sédiment vers l'eau surnageante,
- favoriser la minéralisation et l'oxydation de substances indésirables (ions ferreux, matières organiques, ...),
- permettre l'installation d'une végétation herbacée en bordure. Les végétaux supérieurs utiliseront ainsi une partie du phosphore présent dans les sédiments.

Elle permettrait ainsi d'interférer ainsi en partie sur le fonctionnement trophique du lac.

Au regard du plan précédent, il n'est pas envisageable d'effectuer une vidange complète. Néanmoins les deux phénomènes précédents prendront place sur une grande surface, limitant d'autant les phénomènes de relargage.

Il faut cependant prendre une précaution particulière afin de ne pas limiter l'efficacité de la démarche : récolte et exportation de la biomasse qui pourraient se développer pendant le processus.

En effet, la colonisation des berges par des herbacés lors de la vidange n'a pas été traitée lors de la remise en eau, ce qui a pu contribuer, par dégradation de la biomasse végétale, à l'enrichissement de la matière organique exploitable par le phytoplancton.

Il s'avère donc nécessaire de mettre en place une récolte, une exportation et un traitement de ces végétaux.

Cette exportation peut éventuellement être accompagnée d'un curage des sédiments tous les cinq ans afin d'enlever la matière organique et les nutriments minéralisés qui peuvent être, par accumulation, à l'origine de phénomènes d'eutrophisation.

### 7.3.2. Biomanipulation : consommation par le zooplancton

Dans la Manzo, il semble que la productivité algale soit maximale au regard du très faible apport en nutriment. Il faut dès lors s'interroger sur le fonctionnement du réseau trophique qui régit le plan d'eau. Le compartiment des consommateurs du phytoplancton, le zooplancton, peut s'avérer largement déficitaire. Ce contrôle du phytoplancton par le broutage peut être ainsi amélioré. Il apparaît néanmoins incontournable de connaître le zooplancton.

Des pistes de développement par ce biais ne sont pour l'instant pas envisageables dans l'état actuel des connaissances.

### **7.3.3. Contrôle des nutriments**

Malgré la faiblesse des apports en nutriments, évalués au chapitre 4.1.1, il ressort de cette analyse que leur utilisation se fait de manière extrêmement efficace. Leur réduction doit permettre ainsi les phénomènes d'eutrophisation.

Des ouvrages de collecte et de traitement de l'assainissement urbain doivent être développés sur les communes concernés. De tels projets pourront apporter une amélioration de la situation.

Cet aspect n'est pas développé dans ce rapport.

## **7.4. Mesures immédiates et adaptations du programme de surveillance**

---

Comme développé auparavant, la diagnose menée en 2006 n'a pas permis de statuer un dysfonctionnement majeur du plan d'eau en raison de nombre insuffisant de données collectées. Dès lors et afin de caractériser de la manière la plus précise possible le mode de fonctionnement trophique de la retenue, il est absolument nécessaire de poursuivre une diagnose complète (sur 4 campagnes annuelles) sans déroger au plan préalablement établi.

De la même manière, aucune mesure immédiate ne peut être mise en œuvre sans connaissance préalable du fonctionnement général de la Manzo. Pour faire suite aux premières pistes de gestion présentées auparavant, il paraît toutefois intéressant d'envisager une exportation des herbacées susceptibles de se développer en période de basses eaux sur la retenue afin d'éviter leur dégradation lors de la phase de remplissage.

# Annexes

# Annexe 1 :

## Notions générales d'eutrophisation

## **NOTIONS GENERALES D'EUTROPHISATION**

### **▪ Définition et description du phénomène d'eutrophisation**

Par **définition**, l'eutrophisation est le processus par lequel une étendue d'eau devient eutrophe et le résultat induit par ce processus.

Selon l'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE, 1982) l'eutrophisation correspond à « l'enrichissement des eaux en matières nutritives qui entraîne une série de changements symptomatiques tels que l'accroissement de la production d'algues et de macrophytes, la dégradation de la qualité de l'eau et autres changements symptomatiques considérés comme indésirables et néfastes aux divers usages de l'eau ». C'est l'ensemble de ces processus qui constitue le phénomène d'eutrophisation et non la seule prolifération végétale qui n'en est que l'expression la plus visible.

A l'origine, **l'eutrophisation** est un phénomène naturel de vieillissement d'un lac, d'enrichissement des eaux en sels nutritifs (nutriments), le statut trophique d'un lac évoluant progressivement selon un gradient de trophie. Ce phénomène d'enrichissement naturel existe dans tous les plans d'eau mais son intensité dépend de facteurs géologiques, climatiques, de la végétation du bassin versant etc.... Il peut aussi être amplifié par l'action humaine. Ainsi, l'accroissement des apports, en particulier en phosphore (facteur limitant le plus fréquent dans les lacs) conduit à une eutrophisation accélérée qui se caractérise par une forte prolifération végétale planctonique et littorale. L'arrêt ou la réduction des apports anthropiques stoppe ou ralentit le processus d'eutrophisation. Le phénomène est cependant irréversible tant que perdure la couche de sédiment où le phosphore est piégé.

Les **éléments fertilisants à l'origine de cette pollution** sont l'azote et le phosphore. Le phosphore est un facteur limitant qui, en cas d'eutrophisation, lorsque a lieu un enrichissement du milieu en phosphore, entraîne l'accroissement de la production végétale. L'azote peut devenir limitant à son tour, si son rapport avec la concentration de phosphore est inférieur à 10. Dans ces conditions, seules les algues capables de fixer l'azote atmosphérique peuvent croître. Elles ne sont consommées par aucun animal et prolifèrent alors dangereusement. Lorsqu'elles meurent, elles sédimentent et leur décomposition consomme beaucoup trop d'oxygène et provoque à terme une baisse de la teneur en oxygène du milieu. Ce manque d'oxygène entraîne une libération du phosphore contenu dans le sédiment, ce qui amène la prolifération de nouvelles algues.

Les **symptômes de l'eutrophisation** sont considérés comme étant essentiellement les mêmes dans les régions tempérées et tropicales ou subtropicales.

Les lacs et réservoirs oligotrophes sont généralement caractérisés par une faible concentration en nutriments dans la colonne d'eau, une grande diversité des communautés biologiques, une productivité primaire faible, une biomasse peu importante et des eaux de bonne qualité convenant à la plupart des usages.

Les eaux eutrophes présentent une productivité et une biomasse élevées à tous les niveaux trophiques, des pullulations d'algues des eaux profondes (hypolimnion) déficientes en oxygène durant les périodes de stratification thermique, une réduction de la diversité biologique, une croissance accrue des plantes aquatiques littorales et une qualité d'eau insuffisante pour de nombreux usages.

Les **conséquences de l'eutrophisation** sont multiples et concernent aussi bien l'écosystème que les usages associés à l'eau. Les caractéristiques indésirables de l'eutrophisation ne sont pas liées à l'augmentation des nutriments ou de la productivité mais aux conséquences de ces phénomènes sur la qualité générale des eaux.

L'eutrophisation peut ainsi avoir des effets nuisibles sur la stabilité biologique de l'écosystème, notamment des modifications des conditions de reproduction et d'alimentation des poissons. Les algues filamenteuses sont aussi susceptibles de dégrader la qualité des herbiers (lieux d'abri) en se substituant à d'autres végétaux. Cette modification de l'écosystème provoque une disparition de certaines espèces au profit d'espèces exigeant peu d'oxygène.

D'un point de vue des usages, un colmatage des prises d'eaux et des pompes par les algues filamenteuses crée des difficultés dans le traitement de l'eau brute et laisse un mauvais goût et une

odeur désagréable. D'autre part, la prolifération du phytoplancton engendre une diminution de la transparence et la baignade peut alors être interdite pour raison de sécurité. L'aquaculture, activité qui recherche une productivité accrue, est un des rares cas où l'eutrophisation n'est pas perçue négativement.

Plusieurs **facteurs** liés au bassin versant et au plan d'eau déterminent l'ampleur de l'eutrophisation des lacs et réservoirs.

- Le **climat** : il agit sur l'apport annuel d'eau et d'énergie, sur l'hydrologie du bassin versant, sur le taux de renouvellement de l'eau, et sur le transport des nutriments et sédiments vers le plan d'eau. Il détermine notamment la température de l'eau, la durée de la période de croissance végétale, les vents (direction, force), la pluviométrie, la stratification thermique du plan d'eau, la productivité phytoplanctonique (disponibilité en énergie solaire). La productivité est d'autant plus importante qu'un lac se situe près de l'équateur. Il reçoit des quantités à peu près constantes d'énergie solaire tout au long de l'année.
- L'**hydrologie** : les quantités de nutriments transportés du bassin versant sont généralement proportionnelles à l'abondance des précipitations. Dans les lacs tropicaux, la productivité maximale se situe généralement deux à trois mois après la saison des pluies.
- **Géologie et topographie** du bassin versant : la composition chimique des eaux d'un lac dépend étroitement de la composition géologique du bassin versant, de sa dimension et de sa topographie. Les différences nutritives entre bassins versants similaires non perturbés par des activités humaines dépendent surtout de la fertilité des sols du bassin versant. Il a par exemple été noté des valeurs 15 fois plus élevées en phosphore dans des rivières drainant des bassins versants composés de roches éruptives d'origine volcanique par rapport à des rivières drainant des régions de roches éruptives d'origine plutonique.
- L'**apport nutritif** est d'autant plus élevé que les pentes du bassin versant sont fortes. L'accroissement de l'apport en eau à un lac ou réservoir entraînera un accroissement de la charge nutritive du plan d'eau même si la concentration dans le tributaire reste stable.
- Pour les bassins hydrographiques qui ne subissent pas/peu d'influence humaine, la principale source de phosphore provient des précipitations atmosphériques directes et de l'érosion des roches du bassin versant.
- Les **facteurs humains** : les effluents de stations d'épurations favorisent l'eutrophisation par apport de nutriments. La modification du bassin versant peut engendrer un transfert de nutriments vers le plan d'eau plus important que celui dû aux facteurs naturels pré-cités (utilisation d'engrais, imperméabilité des surfaces, ...).
- Les **facteurs liés au plan d'eau** : la distribution, la disponibilité ou l'assimilation des apports nutritifs sont des facteurs qui interviennent indirectement. Ils dépendent en grande partie de la structure physique et biotique du plan d'eau. A charge en nutriments équivalente, l'évolution peut être très différente suivant le recyclage interne des substances nutritives, le relargage à partir des sédiments, la morphologie, l'hydrodynamique, ....
  - La profondeur du plan d'eau et de l'hypolimnion (zone profonde) peut influencer la charge en nutriments,
  - Les sédiments sont une source endogène de nutriments : dans les lacs dont les sédiments sont surchargés en phosphore, le relargage du phosphore par les sédiments peut excéder son captage, surtout lorsque l'hypolimnion devient anoxique (période de stratification thermique). Cela peut alors masquer temporairement l'efficacité de mesures de contrôle de l'eutrophisation basées sur la réduction des apports externes de phosphore. Contrairement au phosphore fixé par les sédiments, l'azote ne semble pas systématiquement relargué après contrôle des apports en phosphore.
  - Taux de renouvellement des eaux : l'accumulation de substances nutritives dépend principalement de la pluviométrie et du taux de renouvellement des eaux. Un lac fermé peut abriter des taux très importants en phosphore dissous. Si le volume des apports hydriques est élevé par rapport au cubage du lac, le phytoplancton sera évacué avant de devenir une nuisance, même dans des lacs très riches en nutriments.
  - Le contrôle biologique : le zooplancton, le développement des macrophytes, contrôlent la biomasse phytoplanctonique.

## ▪ Le concept de degrés de trophie :



D'une manière générale, les lacs et les réservoirs peuvent être classés selon leur degré d'enrichissement. Le « degré de trophie » est couramment employé pour caractériser les effets des nutriments sur la qualité de l'eau ou pour désigner le potentiel trophique d'un plan d'eau. Cinq catégories de statut trophique existent : ultra-oligotrophie, oligotrophie, mesotrophie, eutrophie, hyper-eutrophie. L'ultra-oligotrophie traduit des eaux très pauvres en nutriments et donc peu productives ; l'hyper-eutrophie correspond à des eaux très chargées en nutriments et très productives avec risque de dystrophie.

Ces termes descriptifs ont été définis en fonction de « seuils » attribués à différents paramètres de qualité de l'eau. L'OCDE a ainsi fixé des valeurs limites pour la teneur totale en phosphore, en chlorophylle *a*, et les mesures de transparence afin de déterminer l'état trophique de nombreux types de lacs tempérés.

#### Valeurs des seuils du système « fixe » de classification de l'état trophique (OCDE, 1982)

Degré de trophie	Phosphore total	CHL moyenne	CHL maximum	Secchi moyenne	Secchi minimum
Ultra-oligotrophie	< 4	< 1	< 2,5	> 12	> 6
Oligotrophie	< 10	< 2,5	< 8	> 6	> 3
Mésotrophie	10-35	2,5-8	8-25	6-3	3-1,5
Eutrophe	35-100	8-25	25-75	3-1,5	1,5-0,7
Hyper-eutrophe	> 100	> 25	> 75	< 1,5	< 0,7

Phosphore total : moyenne annuelle de la concentration en phosphore total (µg/l)

Chlorophylle *a* (moyenne) : concentration annuelle moyenne en chlorophylle *a* dans les eaux de surface (µg/l)

Chlorophylle *a* (maximum) : concentration annuelle maximale en chlorophylle *a* dans les eaux de surface (µg/l)

Secchi (moyenne) : profondeur moyenne annuelle de la transparence au disque de Secchi (m)

Secchi (maximum) : profondeur maximale annuelle de la transparence au disque de Secchi (m)

Ces valeurs fixes spécifiant le potentiel trophique d'un lac ou d'un réservoir pouvant induire une incohérence de résultat entre deux paramètres, un système « ouvert » de classification a été défini. Un plan d'eau est alors correctement classé si, au plus un des paramètres dévie de sa moyenne géométrique de plus ou moins deux fois l'écart type.

#### Valeurs des seuils du système « ouvert » de classification de l'état trophique (OCDE, 1982)

Degré de trophie		Oligotrophie	Mésotrophie	Eutrophe	Hyper-eutrophe
Phosphore total (µg/l P)	moy. Min-max	8 3,0-17,7	26,7 10,9-95,6	84,4 16,2-386	750-1200
Azote total (µg/l N)	moy. Min-max	661 307-1630	753 361-1387	1875 393-6100	
CHL <i>a</i> (µg/l)	moy. Min-max	1,7 0,3-4,5	4,7 3,0-11	14,3 2,7-78	100-150
CHL <i>a</i> maximale (µg/l)	moy. Min-max	4,2 1,3-10,6	16,1 4,9-49,5	42,6 9,5-275	
Profondeur du disque de Secchi	moy. Min-max	9,9 5,4-28,3	4,2 1,5-8,1	2,45 0,8-7,0	

moy. : moyenne géométrique

min-max : minimum et maximum observé

## ▪ L'eutrophisation en milieu tropical

Les plans d'eau tropicaux ou subtropicaux soumis à l'eutrophisation ne présentent pas obligatoirement l'ensemble des symptômes qui caractérisent cet état en zone tempérée. En effet, les symptômes ne traduisent pas forcément la même qualité d'eau ou le même degré de trophie.

La bibliographie sur la limnologie des plans d'eau tropicaux est éparse et moins riche que celle des milieux tempérés. Des conclusions peuvent cependant être proposées :

- Les lacs et réservoirs des régions tropicales sont caractérisés par des précipitations saisonnières et des variations de température limitées. Leur température annuelle moyenne est plus élevée (environ 25°C) que dans les régions tempérées (10-15°C) ;
- Il n'y a pas de cycle de gel et de dégel, ce qui permet à la production végétale de se maintenir toute l'année ;
- Quel que soit le degré de trophie, l'hypolimnion présente parfois des signes de désoxygénation, ce qui n'indique pas forcément un problème d'eutrophisation ;
- La productivité est généralement plus élevée du fait de l'absence de période d'interruption de la croissance végétale. Le développement de fleur d'eau peut donc se manifester toute l'année ;
- La concentration en phosphore généralement retenue comme seuil entre les eaux mésotrophes et eutrophes pour les régions tempérées (20-30 µg/l) est parfois trop basse en zone tropicale ;

### **Comparaison de seuils entre les eaux mésotrophes et eutrophes dans les régions tempérées et tropicales (Thornton, 1985 ; 1987)**

Paramètres	Lacs tempérés	Lacs tropicaux
Productivité primaire (g C/m <sup>2</sup> .jour)	1,0	2-3
Chlorophylle a (µg/l)	10-15	10-15
Phosphore total (µg/l)	30	50-60
Azote total (µg/l)	50-100	20-100
Principal facteur limitant	Phosphore	Azote
Algues prédominantes	Diatomées	Cyanophycées

Une valeur seuil en phosphore de 60 µg/l est proposée pour définir la limite entre les eaux mésotrophes et eutrophes dans certains lacs africains et australiens. En revanche, des valeurs plus faibles en azote (20-100 µg/l) sont suggérées.

- Le rapport N:P est souvent très faible, favorisant le développement d'algues bleues (cyanophycées) fixatrices d'azote ;
- Les facteurs limitants : l'azote est souvent considéré comme le facteur limitant la biomasse des algues. Ce résultat reste toutefois discuté, le phosphore ayant été désigné également comme facteur limitant sur plusieurs lacs ;
- Une augmentation de la production algale revêt la même signification. Cependant, certaines espèces d'algues peuvent ne pas être pertinentes en tant qu'indicateurs de l'eutrophisation. Ainsi, la prolifération de macrophytes n'est pas obligatoirement un signe d'eutrophisation accélérée ;
- L'influence de la variation du temps de séjour de l'eau sur les concentrations totales en phosphore et sur le potentiel trophique est semblable aux plans d'eau tempérés ;
- Malgré l'absence de variations climatiques marquées, les lacs et réservoirs tropicaux présentent presque toujours un comportement saisonnier. La production algale est généralement maximale un à deux mois après la saison des pluies (période de ruissellement).

Il semblerait que le contrôle de l'eutrophisation dans les lacs et les réservoirs tropicaux **puisse être envisagé de la même manière que pour les zones tempérées.**

## Annexe 2 :

### Nature des interventions

## **NATURE DES INTERVENTIONS**

Ce paragraphe présente rapidement les protocoles qui ont été mis en œuvre en 2006.

### ▪ **Caractérisation hydromorphologique :**

Sur la base de l'analyse des pressions anthropiques sur le bassin versant et du suivi de caractéristiques hydro-morphologiques à différentes échelles (bassin versant, tronçon, station), il s'agit de fournir des éléments de caractérisation de l'influence humaine environnante sur la qualité de l'eau du plan d'eau.

La grille des critères utilisée pour la caractérisation hydro-morphologique du plan d'eau suit celle préconisée par la circulaire 2004/08 qui fournit les indicateurs à observer. Il ne s'agit pas de réaliser une caractérisation détaillée hydro-morphologique.

Deux échelles spatiales sont à retenir pour les plans d'eau :

#### ➤ **A l'échelle du bassin versant :**

- L'occupation des sols : afin de s'assurer que les cycles bio-géochimiques et les apports de sédiments fins ne sont pas significativement perturbés par les apports de nutriments et l'érosion des sols agricoles, et que les apports polluants et les divers impacts physiques liés aux zones bâties sont très faibles ;
- Le régime hydrologique : évaluation du module des tributaires afin de vérifier s'il est modifié (dérivation, pompage, ...) ;
- Le régime sédimentaire : afin de s'assurer que les flux sédimentaires sont conservés ;
- Recherche sur le bassin versant d'étangs toujours en exploitation.

#### ➤ **L'échelle du plan d'eau :**

- Impact par des rejets directs industriels, urbains domestiques ;
- Impact par les eaux de tributaires déclassés par un rejet (altération par les matières phosphorées) ;
- Modifications hydrologiques significatives (marnage artificiel, modification de la circulation interne, prélèvements > 2% des apports entrants, ...) ;
- Artificialisation importante de la rive et des zones de plage ;
- Zone(s) humide(s) associée(s) : vérification de la présence de drainage, comblement, aménagement, ... ;
- Présence d'espèces proliférantes (macrophytes, avifaune, phytoplancton, macro-invertébrés, poissons) ;
- Activité de pisciculture sur le plan d'eau ;
- Vérification du peuplement de poisson, s'il est issu entièrement d'introductions.

Pour chaque critère à étudier des **seuils** ont été définis dans la circulaire 2004/08. Ils permettent d'évaluer le niveau de pression anthropique.

### ▪ **Caractérisation physico-chimique :**

L'objectif est d'évaluer la qualité physico-chimique du plan d'eau à partir d'analyses de paramètres physico-chimiques généraux et polluants spécifiques. Apprécier une éventuelle contamination.

Les tableaux suivants synthétisent les paramètres et les modalités d'échantillonnage de l'ensemble de l'étude. Seul le groupe 2 a été suivi en novembre 2006 ; tous les groupes avaient été pris en compte lors de la campagne précédente de juin 2006.

<b>Mesures in situ :</b>	<b>GROUPE 1 :</b>	transparence, température, pH, oxygène dissous (concentration, saturation), conductivité.
<b>Eau :</b>	<b>GROUPE 2 :</b>	DBO5, NKJ, NH4, NO3, NO2, PO43-, Ptotal, COD, COT, SiO2, fer total, ion ferreux (Fe2+), manganèse (Mn2+), hydrogène-carbonates et carbonates dureté TH et TAC, DBO5, MEST, turbidité, couleur, bore, aluminium, arsenic, fluor, cyanures totaux
	<b>GROUPE 3 :</b>	pesticides (analyses multi-résidus) dont alachlore, atrazine, chlorfenvinphos, chlorpyriphos, diuron, endosulfan, HCH-lindane, isoproturon, simazine, trifluraline, COV, chlordécone, glyphosate, aldicarbe, fosthiazate
	<b>GROUPE 4 :</b>	chlorures, sulfates, sodium, potassium, calcium, magnésium
<b>Sédiments :</b>	<b>GROUPE 5 :</b> (eau interstitielle)	- Métaux (As, Cd, Cr total, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn),
		- Pesticides : alachlore, atrazine, chlorfenvinphos, chlorpyriphos, diuron, endosulfan, HCHlindane, isoproturon, simazine, trifluraline, chlordécone, glyphosate, aldicarbe, fosthiazate et multirésidus
		- HAP : anthracène, fluoranthène, benzo(a)pyrène, benzo(b)fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, benzo(k)fluoranthène, indéno(1,2,3-cd)pyrène, naphtalène
	<b>GROUPE 6 :</b>	- Autres micropolluants organiques : benzène, di(2-ethylhexyl)phtalate (DEHP), hexachlorobenzène, hexachlorobutadiène, nonylphénols (4-para-nonylphénol), octylphénols, (para-ter-octylphénol), pentabromodiphényléther, pentachlorobenzène, pentachlorophénol, Tributylétain-composés, tributylétain-cation, trichlorobenzènes (1,2,4-trichlorobenzène)
		- Phase solide : granulométrie, refus > 2 mm, pH, teneur en eau, carbonate CaCO3, perte au feu, azote kjeldahl, phosphore total, carbone organique particulaire, aluminium, arsenic, cyanures totaux, fer et manganèse
		- Eau interstitielle : phosphates, phosphore total, ammonium, azote total, fer et manganèse

Paramètres	Méthodes d'échantillonnages
<b>✓ Mesures in situ :</b> • GROUPE 1	<u>Transparence</u> : à l'aide d'un disque de Secchi. <u>Température, oxygène, conductivité et pH</u> : mesures (matériel portable de type multiparamètres WTW) sur l'ensemble de la colonne d'eau, à différentes profondeurs (tous les mètres <i>a minima</i> ), afin d'obtenir des <u>profils verticaux</u> de température, pH, oxygène dissous, conductivité et de situer une éventuelle thermocline.
<b>✓ Eau :</b> • GROUPE 2  • GROUPE 3  • GROUPE 4	Dans le respect des prescriptions de la norme française NF EN 25667 (ISO 5667) du mois de décembre 1993. <u>Technique de prélèvement</u> : prélèvement effectué de façon manuelle ou à l'aide d'une bouteille fermante toute profondeur de type Van Dorn, à partir d'une embarcation, au point de plus grande profondeur. <u>Echantillons</u> : 3 prélèvements dans la colonne d'eau : - 1 prélèvement "intégré" dans la zone trophogène (euphotique) définie préalablement à partir de la mesure de la transparence (Secchi x2,5), - 1 prélèvement au fond - 1 prélèvement intermédiaire.  <u>Echantillons</u> : 2 prélèvements dans la colonne d'eau : - 1 prélèvement "intégré" dans la zone trophogène (euphotique) définie préalablement à partir de la mesure de la transparence (Secchi x2,5), - 1 prélèvement au fond, hors influence du sédiment.
<b>✓ Sédiments :</b> • GROUPE 5 • GROUPE 6	<u>Technique de prélèvement</u> : A l'aide d'une benne de type Eckman. <u>Echantillons</u> : 3 prélèvements élémentaires de la couche supérieure (5-10 cm).

Les prélèvements d'eau et de sédiments ont été confiés à deux laboratoires accrédités : Laboratoire Départemental d'Analyses (LDA, Conseil Général de la Martinique) et le Laboratoire Santé Environnement Hygiène (LSEH) de Lyon.

## ▪ Expertise biologique :

L'objectif est d'évaluer la qualité biologique du plan d'eau à partir d'analyses de bio-indicateurs spécifiques. Apprécier une éventuelle altération.

Le tableau suivant synthétise les modalités d'échantillonnage. Seuls les groupes 7 (phytoplancton) et 8 (ichtyofaune) ont été pris en compte en novembre 2006. Un prélèvement de contrôle a également été fait dans les sédiments pour vérifier l'absence d'Oligochète observée en juin 2006.

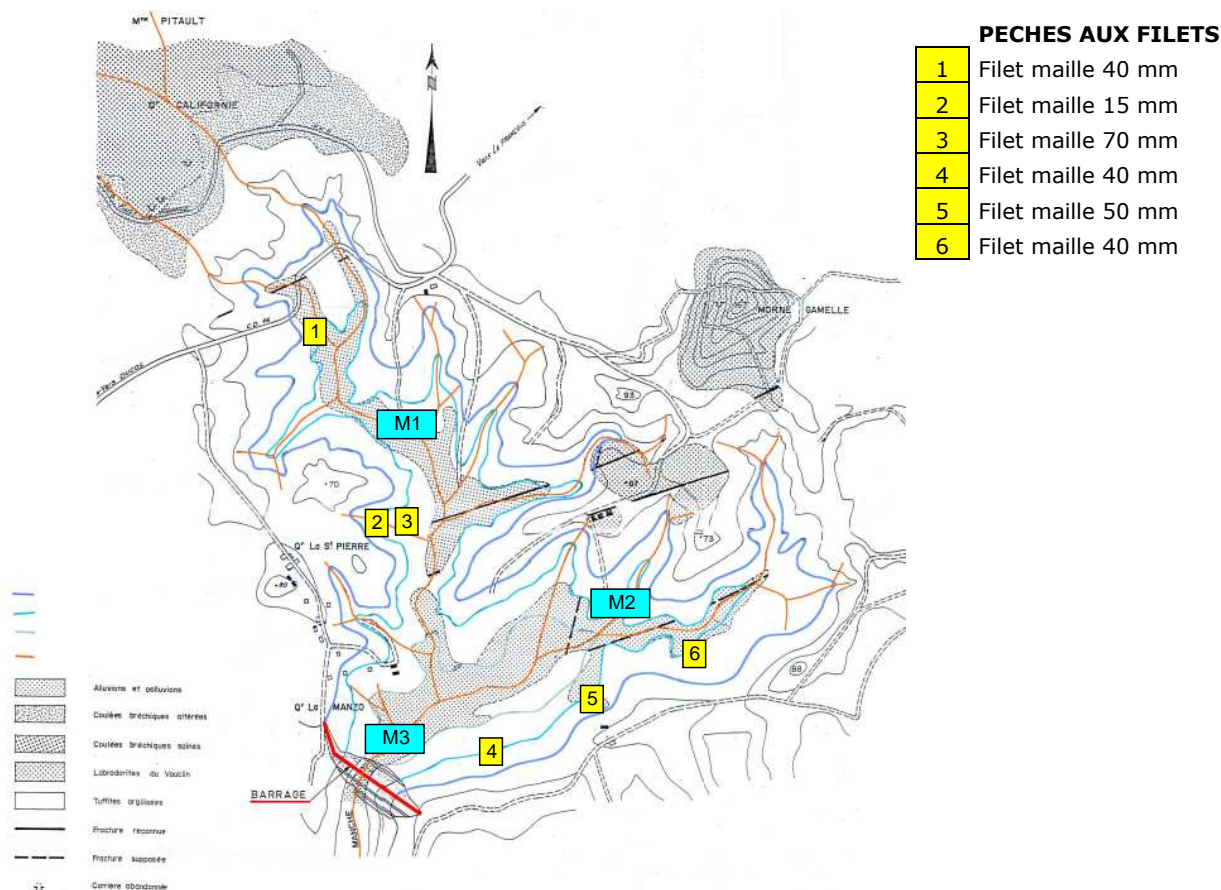
Paramètres	Méthodes d'échantillonnages
<ul style="list-style-type: none"> <li>• GROUPE 7 : Phytoplancton</li> </ul>	<p><u>Echantillonnage du phytoplancton</u> : à partir d'un bateau, à l'aide d'un filet selon :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 vertical partant de la zone profonde jusqu'à la surface,</li> <li>- 1 horizontal tiré sur une centaine de mètres, sous la surface de l'eau</li> </ul> <p><u>Echantillonnage de la chlorophylle <i>a</i> et des Phéopigments</u> : un prélèvement d'eau "intégré" réalisé conformément au protocole décrit par Barbe et al. :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- à l'intérieur de la zone euphotique (2,5 x profondeur de disparition du disque de Secchi) à l'aide d'une bouteille à prélèvement adaptée de type Van Dorn,</li> <li>- 5 prélèvements équidistants effectués afin d'intégrer la zone euphotique, l'eau provenant des différentes profondeurs (échantillon global) est homogénéisée dans un grand seau.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• GROUPE 8 : Macrophytes</li> </ul>	<p><u>Observations</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inventaire floristique, par exploration à vue ;</li> <li>- Estimation des recouvrements.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• GROUPE 8 : Invertébrés Oligochètes</li> </ul>	<p><u>Localisation des prélèvements</u> : en 3 points :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 point profond aux 9/10<sup>ème</sup> de la profondeur maximale,</li> <li>- 2 points intermédiaires de part et d'autre du point précédent, si possible dans l'axe de la plus faible pente, par dérive d'une dizaine de mètres,</li> </ul> <p><u>Technique d'échantillonnage</u> : en bateau, à l'aide d'une benne Eckman, un prélèvement de la couche supérieure (5-10 cm), sur une surface 1/10<sup>ème</sup> de m<sup>2</sup>. Les prélèvements sont regroupés et tamisés sur place.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• GROUPE 8 : Ichtyofaune</li> </ul>	<p>Les zones benthiques et littorales sont prospectées à l'aide de filets benthiques de type araignées multimailles. Chaque filet comporte des mailles de dimensions différentes. Les filets maillants utilisés pour l'échantillonnage dans les habitats pélagiques sont similaires aux filets benthiques, excepté que la maille minimale (5 mm) est exclue.</p> <p>La durée de pause des filets est réduite pour ne pas induire une mortalité excessive.</p>

## ▪ Protocole d'échantillonnage de l'Ichtyofaune

Au vu de la configuration du plan d'eau le jour de l'échantillonnage et au vu des indications sur les faibles densités probables, la disposition des filets est déterminée de manière à bloquer des zones de passage potentielles, et non aléatoires.

Les strates sont définies en fonction de la bathymétrie du lac de façon à couvrir la totalité des parties de la cuvette lacustre potentiellement colonisables par les poissons. Chaque filet benthique mesure 1,5 m de haut par 30 m de large et comporte des mailles de 4 dimensions différentes, comprises entre 15 mm et 70 mm (nœud à nœud).

Après un essai, les filets ont été posés le matin entre 10h00 et 11h00 et relevés le lendemain matin entre 8h00 et 10h00. L'effort de pêche est fonction de la superficie et de la profondeur du plan d'eau. Ainsi, sur la retenue de La Manzo, 6 filets benthiques ont été posés ce qui représente un effort de pêche de 270 m<sup>2</sup> de filet.



#### Biométrie sur le terrain

Les poissons capturés ont été démaillés en prenant soin de noter pour chacun d'entre eux le numéro de filet et le diamètre de la maille dans laquelle il a été pris. Pour chaque poisson, la masse et la longueur totale<sup>6</sup> ont été notées. Les longueurs ont été mesurées au millimètre près et les poids au gramme près.

#### Les captures par unité d'effort de pêche (CPUE)

L'utilisation des CPUE est destinée à corriger les résultats des échantillonnages en fonction des efforts de pêche qui ont été déployés pour obtenir ces échantillons. L'hypothèse sous-jacente, approximativement vérifiée tant que le filet n'est pas saturé, est que les captures sont proportionnelles à la surface de l'engin et à son temps de pose. Dans le cadre de nos échantillonnages, nous avons appliqué un temps de pose égal pour tous les filets à savoir de 22h environ. Les unités alors utilisées pour nos calculs de rendements sont le nombre d'individus capturés pour 100 m<sup>2</sup> de filets (CPUE unitaire) et le poids pour 100 m<sup>2</sup> de filets (CPUE massique). Les CPUE sont souvent utilisées pour caractériser la densité du peuplement.

#### Les abondances relatives

L'abondance relative d'une espèce est définie comme étant la proportion de cette espèce dans nos captures. Elle peut être exprimée en rapport de la biomasse ou en rapport de l'effectif. L'abondance relative d'une espèce a été estimée pour 100 m<sup>2</sup> de filets posés.

<sup>6</sup> Longueur comprise entre l'extrémité du museau et la partie postérieure des lobes de la nageoire caudale.

## Annexe 3 :

### Formule de calcul des indices de trophie



#### 4.3.1 Indices physico-chimiques

Les indices physico-chimiques et leur mode de calcul s'énoncent de la manière suivante :

- > L'indice Pigments chlorophylliens, calculé comme :  
 $I_C = 16 + 41,89 * \log_{10}(X+0,5)$  où  $I_C$  est l'indice obtenu et où  $X$  est la somme de la chlorophylle\_a et de la phéophytine\_a exprimée en mg/m<sup>3</sup> (ou µg/l).  $X$  représente la moyenne des 3 résultats obtenus sur l'échantillon intégré en dehors du brassage hivernal (moyenne des campagnes 2, 3 et 4).
- > L'indice Transparence, calculé comme :  
 $I_T = 82 - 66,44 * \log_{10}(X)$  où  $X$  est la moyenne des 3 profondeurs de Secchi (en m) mesurées pendant la même période que précédemment, appelée aussi période de production biologique.

La moyenne de ces 2 indices constitue le premier indice fonctionnel dit indice « Production ».

3 3 3

- > L'indice P total hiver, calculé comme :  
 $I_{PTH} = 115 + 39,6 * \log_{10}(X)$  où  $X$  est la valeur du phosphore total (en mg/l), mesurée lors de la campagne de fin d'hiver et obtenue à partir de l'échantillon intégré.
- > De manière analogue, l'indice N total hiver est calculé comme :  
 $I_{NTH} = 47 + 65 * \log_{10}(X)$  où  $X$  est la valeur de l'azote total (en mg/l) de la campagne de fin d'hiver, obtenue à partir de l'échantillon intégré.

La moyenne de ces 2 indices constitue l'indice fonctionnel « Nutrition ».

3 3 3

- > L'indice Consommation journalière en O<sub>2</sub> dissous, calculé comme :  
 $I_{O_2} = -50 + 62 * \log_{10}(X+10)$  où  $X$  est la valeur de la consommation journalière en oxygène dissous (en mg/m<sup>3</sup>/j), calculée comme décrit en annexe au § 7.5.

Cet indice constitue l'indice fonctionnel « dégradation ».

- > L'indice P total du sédiment, calculé comme :  
 $I_{PTS} = 109 + 55 * \log_{10}(X)$  où  $X$  est la valeur du phosphore total du sédiment (exprimé en % de la matière sèche), obtenue lors de la campagne de prélèvement des sédiments ayant lieu normalement en fin de période de production biologique.

Cet indice constitue l'indice fonctionnel « Stockage des minéraux du sédiment ».

- > L'indice Perte au feu du sédiment, calculé comme :  
 $I_{PF} = 53 * \log_{10}(X)$  où  $X$  est la valeur de la Perte au feu du sédiment (en % de la matière sèche), obtenue lors de la même campagne que précédemment.

Cet indice constitue l'indice fonctionnel « Stockage de la matière organique du sédiment ».

3 3 3

- > L'indice P total de l'eau interstitielle, calculé comme :  
 $I_{PTI} = 63 + 33 * \log_{10}(X)$  où  $X$  est la valeur du phosphore total de l'eau interstitielle (exprimée en mg/l), obtenue lors de la campagne de sédiment.
- > Enfin, l'indice Ammonium de l'eau interstitielle, calculé comme :  
 $I_{NH_4} = 18 + 45 * \log_{10}(X+0,4)$  où  $X$  est la valeur de l'ammonium de l'eau interstitielle (en mg/l de N), obtenue lors de la campagne de sédiment.

La moyenne de ces 2 indices constitue l'indice fonctionnel « Relargage ».

## Annexe 4 :

### Formule de calcul de l'I.T.P.

L'I.T.P. est ainsi établi :

$$\text{ITP} = \text{moyenne } (B \sum Q_i A_j) - 5$$

Avec  $Q_i$ , note de qualité décroissante variant de 0 à 7 en fonction des groupes rencontrés :

groupe	desmidiées	diatomées	chrysophycées	dinophycées	Autres chlorophycées	cyanophycées	euglénophytes
1	2	3	4	5	6	7	8

Avec  $A_j$ , les abondances relatives des différents groupes de plancton :

Abondance relative	0 à 10	10 à 30	30 à 50	50 à 70	70 à 90	90 à 100
$A_j$	0	1	2	3	4	5

Avec  $B$ , les classes de biomasse en fonction de la chlorophylle (une classe = une campagne de mesures)

Chlorophylle max mg/m <sup>3</sup>	Inférieure à 3	De 3 à 8	De plus de 8 à 20	Supérieure à 20
$B$	1	1,5	2	3

$Q_i$ ,  $A_j$ , et  $B$  sont calculés pour chacune des 2 campagnes. On fait ensuite la moyenne des 2 indices ainsi obtenus, qu'on diminue de 5 pour obtenir des valeurs de 0 à 100 (...), les valeurs minimales et maximales brutes sont en effet de 5 à 105.

En 2006 sur la Manzo nous avons donc les valeurs suivantes :

juin-06		$A_j$	$Q_i$	
<b>EUGLENOPHYTES</b>		0	8	0
<b>CYANOPHYTES</b>	12,3	1	7	7
<b>CHLOROPHYTES</b>	87,7	4	6	24
<b>CHROMOPHYTES</b>		0	4	0
<b>PYRRHOPHYTES</b>		0	5	0
			Total	31
$B=3$			ITP	93

nov-06		$A_j$	$Q_i$	
<b>EUGLENOPHYTES</b>	3,3	0	8	0
<b>CYANOPHYTES</b>	0,0	0	7	0
<b>CHLOROPHYTES</b>	95,6	5	6	30
<b>CHROMOPHYTES</b>	0,4	0	4	0
<b>PYRRHOPHYTES</b>	0,7	0	5	0
			Total	30
$B=1,5$			ITP	45

Soit une valeur moyenne de 69.

L'I.T.P. 2006 s'établit donc à 64.