



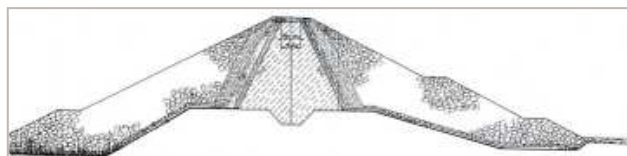
Conseil Général de la
Martinique

Direction Générale des
Services Techniques et
Economiques – DIE

Retenue de Barrage de Saint-Pierre La Manzo

Etude Environnementale et Hydrobiologique sur la Retenue de Saint-Pierre MANZO

Rapport définitif



ASCONIT CONSULTANTS
Agence Sud-Ouest

Avenue Salvador Allende
Rés. Les Ormes II, Bât. D2
31320 Castanet Tolosan
Tél. 05.61.81.08.02
Fax. 05.34.66.35.67
toulouse@asconit.com



CONSEIL GÉNÉRAL
DE LA MARTINIQUE



Principaux Contacts :

CONSEIL GENERAL DE LA MARTINIQUE :

- Valérie VEILLEUR Tél. : 05.96.59.84.85
- Cécile ZAMY Tél. : 05.96.59.85.32

ASCONIT CONSULTANTS :

- Sabine BIELSA sabine.bielsa@asconit.com
- Audrey LEMAIRE audrey.lemaire@asconit.com

Sommaire

1. CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	7
1.1. CONTEXTE	7
1.2. OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	8
2. NOTIONS GENERALES D'EUTROPHISATION.....	9
2.1. DEFINITION	9
2.2. DESCRIPTION ET CARACTERISATION DU PHENOMENE.....	9
2.3. LE CONCEPT DE DEGRE DE TROPHIE.....	10
2.4. SYMPTOMES DE L'EUTROPHISATION.....	11
2.5. IMPLICATIONS DE L'EUTROPHISATION	12
2.6. FACTEURS AFFECTANT LE DEGRE D'EUTROPHISATION.....	12
2.7. L'EUTROPHISATION EN MILIEU TROPICAL	13
3. PRESENTATION DU BARRAGE DE LA MANZO	15
3.1. FICHE SYNOPTIQUE DU BARRAGE.....	15
3.2. FONCTIONNEMENT DU BARRAGE.....	17
3.2.1. <i>Schéma hydraulique des infrastructures</i>	<i>17</i>
3.3. LA DESSERTE	20
3.3.1. <i>Les volumes distribués sur le PISE.....</i>	<i>20</i>
3.3.2. <i>Les volumes délivrés par la retenue de La Manzo.....</i>	<i>22</i>
4. LE BASSIN VERSANT DU BARRAGE DE LA MANZO	23
4.1. TOPOGRAPHIE	23
4.2. CLIMATOLOGIE	26
4.3. GEOLOGIE, PEDOLOGIE	26
4.3.1. <i>La retenue.....</i>	<i>26</i>
4.4. HYDROLOGIE.....	28
4.4.1. <i>L'alimentation par le captage de la Lézarde.....</i>	<i>28</i>
4.4.2. <i>L'alimentation par le bassin versant.....</i>	<i>29</i>
4.4.3. <i>La pluviométrie sur le barrage de La Manzo</i>	<i>30</i>
4.4.4. <i>L'évaporation.....</i>	<i>31</i>
4.4.5. <i>Volumes d'eau transitant dans la retenue de La Manzo.....</i>	<i>31</i>
4.5. OCCUPATION DES SOLS	32
4.5.1. <i>Le bassin versant de la rivière Lézarde</i>	<i>32</i>
4.5.2. <i>Le bassin versant de la retenue de La Manzo.....</i>	<i>34</i>
4.5.2.1. <i>Zonage sur la commune de Ducos</i>	<i>34</i>
4.5.2.2. <i>Zonage sur la commune du François.....</i>	<i>35</i>
4.5.2.3. <i>Description de l'occupation du sol sur le bassin versant de la retenue de La Manzo.....</i>	<i>36</i>
4.6. LES APPORTS DU BASSIN VERSANT A LA RETENUE DE LA MANZO.....	39
4.6.1. <i>Estimations des apports de la rivière Lézarde</i>	<i>39</i>
4.6.2. <i>Estimations des pollutions potentielles générées par l'activité agricole</i>	<i>40</i>
4.6.2.1. <i>Description de l'agriculture traditionnelle familiale</i>	<i>40</i>
4.6.2.2. <i>Description de l'agriculture de production</i>	<i>40</i>
4.6.2.3. <i>Estimation des apports en azote et phosphore d'origine agricole.....</i>	<i>43</i>
4.6.3. <i>Estimations des pollutions potentielles générées par l'assainissement.....</i>	<i>45</i>
4.6.3.1. <i>Description du type d'assainissement.....</i>	<i>45</i>
4.6.3.2. <i>Estimation du nombre de résidences.....</i>	<i>46</i>
4.6.3.3. <i>Estimation des apports en azote et phosphore issu de l'assainissement.....</i>	<i>46</i>
4.6.4. <i>Synthèse des apports en nutriments vers la retenue</i>	<i>47</i>
5. DIAGNOSE DU PLAN D'EAU DE LA RETENUE DE LA MANZO	49
5.1. QUALITES DES EAUX DE LA MANZO.....	49
5.1.1. <i>Qualité physico-chimique des eaux provenant de la rivière Lézarde.....</i>	<i>49</i>
5.1.1.1. <i>Qualité des eaux brutes pour l'usage eau potable (Décret du 20 décembre 2001 ; référentiel SEQ-Eau version 2)</i>	<i>49</i>
5.1.1.2. <i>Qualité des eaux brutes pour l'usage Irrigation (référentiel SEQ-Eau version 2).....</i>	<i>52</i>
5.1.1.3. <i>Qualité hydrobiologique des eaux brutes (référentiel SEQ-Eau et SEQ-Bio)</i>	<i>52</i>
5.1.2. <i>Qualité physico-chimique des eaux de la retenue.....</i>	<i>53</i>
5.1.2.1. <i>Origine des données</i>	<i>53</i>
5.1.2.2. <i>Analyse des données de suivi. 1981-2005.....</i>	<i>54</i>
5.1.2.3. <i>Conditions physico-chimiques dans la colonne d'eau. Avril 2005.....</i>	<i>58</i>
5.1.3. <i>Caractéristiques biologiques des eaux de La Manzo : les algues phytoplanctoniques.....</i>	<i>61</i>
5.1.3.1. <i>Expertise de Lemoalle. 23 Mars 2001</i>	<i>61</i>
5.1.3.2. <i>Expertise ASCONIT Consultants. 19 Avril 2005</i>	<i>62</i>
5.2. ETUDE DE CAS D'APPARITION DE SYMPTOMES D'EUTROPHISATION	64
5.2.1. <i>Qualité de l'eau en Mai 2000.....</i>	<i>64</i>
5.2.2. <i>Conditions générales observées entre Mai 2000 et Avril 2005.....</i>	<i>65</i>

5.3.	CLASSIFICATION DU DEGRE DE TROPHIE DE LA RETENUE DE LA MANZO	67
5.3.1.	<i>Résultats de l'expertise de Lemoalle (mars 2001)</i>	67
5.3.2.	<i>Résultats de l'expertise réalisée en avril 2005</i>	70
5.4.	CONCLUSION DU DIAGNOSTIC.....	72
5.4.1.	<i>Fonctionnement de la retenue de La Manzo.....</i>	72
5.4.2.	<i>Trophie et usages potentiels de l'eau de la retenue de La Manzo.....</i>	73
6.	APPROCHE SOCIO-ECONOMIQUE.....	74
6.1.	UN USAGE ESSENTIELLEMENT AGRICOLE	74
6.2.	IMPACT SOCIO-ECONOMIQUE DE LA QUALITE DE L'EAU DE LA RETENUE	76
6.2.1.	<i>Sources d'informations et entretiens</i>	76
6.2.2.	<i>Interprétation et analyse</i>	79
6.3.	CONCLUSION DE L'APPROCHE SOCIO-ECONOMIQUE	80
7.	CONCLUSION GENERALE	81
8.	PRECONISATIONS	85
8.1.	CONTROLE DE L'EUTROPHISATION	85
8.2.	SURVEILLANCE DU BASSIN VERSANT	87
8.2.1.	<i>Apports du bassin versant</i>	88
8.2.2.	<i>Mise en place d'un réseau de mesure</i>	88
8.2.3.	<i>Occupation du sol et zonage</i>	89
8.2.4.	<i>Etude socio-économique</i>	89
8.2.5.	<i>Synthèse et leviers</i>	89
8.3.	SURVEILLANCE DU PLAN D'EAU	89
8.3.1.	<i>Diagnose du plan d'eau</i>	90
8.3.2.	<i>Interprétation des résultats.....</i>	92

Table des illustrations

Tableau 1	- Valeurs des seuils du système « fixe » de classification de l'état trophique (OCDE, 1982)	11
Tableau 2	- Valeurs des seuils du système « ouvert » de classification de l'état trophique (OCDE, 1982)	11
Tableau 3	- Comparaison de seuils entre les eaux mésotrophes et eutrophes dans les régions tempérées et tropicales (Thornton, 1985 ; 1987)	14
Planche 1	- Présentation du barrage de Saint-Pierre La Manzo	16
Planche 2	- Situation géographique des ouvrages	18
Planche 3	- Plans schématiques des infrastructures du PISE	19
Tableau 4	- Les secteurs irrigués du PISE	20
Tableau 5	- Volumes annuels d'eau distribués au cours des trois dernières années	21
Figure 1	- Evolution hebdomadaire des volumes d'eau distribués au cours des trois dernières années	21
Tableau 6	- Volumes hebdomadaires maximum et minimum d'eau distribués au cours des trois dernières années	21
Figure 2	- Provenance de l'eau distribuée sur le PISE. Part des volumes issus de La Lézarde et de la retenue de La Manzo	22
Planche 4	- Plan topographique de la cuvette de la retenue de La Manzo	24
Figure 3	- Transects topographiques de la cuvette de la retenue de La Manzo	25
Figure 4	- Carte pédologique de la zone d'étude (Carte IRD)	27
Figure 5	- Volumes dirigés vers le PISE entre 2002 et 2005	29
Figure 6	- Délimitation du bassin versant hydrologique de la retenue de La Manzo	30
Figure 7	- Volumes de pluies directes sur la retenue de La Manzo entre 2001 et 2005	30
Figure 8	- Volumes hebdomadaires stockés dans la retenue de La Manzo depuis 1996	31
Figure 9	- Volumes circulant dans la retenue de La Manzo.	32
Tableau 7	- Temps de séjour de l'eau estimé dans la retenue de La Manzo sur trois années (2002, 2003, 2004)	32
Figure 10	- Plans d'occupation des sols sur le bassin versant de la rivière Lézarde	33
Figure 11	- Extrait du POS de la commune de Ducos	35
Figure 12	- Extrait du POS de la commune du François	36
Planche 5	- Description du bassin versant de la retenue de la Manzo	38
Tableau 8	- Apports en azote et en phosphore dans la retenue de La Manzo estimés pour 2002, 2003 et 2004	39
Planche 6	- Sole agricole déclarée en 2002	41
Planche 7	- Sole agricole déclarée en 2003	42
Tableau 9	- Superficies 2002 et 2003 des soles agricoles déclarées sur le bassin versant de la retenue de La Manzo	43
Tableau 10	- Estimation des apports en azote et phosphore issus des cultures selon la sole 2002 et 2003	44
Tableau 11	- Extrait du tableau des enquêtes sur l'assainissement autonome issue du zonage d'assainissement de la commune du François – juillet 2001	45
Tableau 12	- Estimation du nombre résidences par secteur	46
Tableau 13	- Estimation des quantités d'azote et de phosphore issues de l'assainissement	47
Figure 13	- Apports annuels externes en azote et en phosphore estimés entre 2002 et 2004 pour les principales sources exogènes identifiées sur le bassin versant de La Manzo	48
Tableau 14	- Résultats d'analyses des eaux de la rivière Lézarde (prise d'eau) (DSDS). Période 1993-2004	51
Tableau 15	- Pesticides détectés à la prise d'eau de la Lézarde entre 1993 et 2004 (DSDS)	50
Tableau 16	- Résultats d'analyses des eaux de la rivière Lézarde (prise d'eau) (DSDS) – Aptitude à l'usage Irrigation	52
Tableau 17	- Qualité physico-chimique des eaux de la rivière Lézarde (station Lézarde 2)	52
Tableau 18	- Qualité hydrobiologique des eaux de la rivière Lézarde (station amont)	53
Figure 14	- Plan de mesures et d'échantillonnages réalisés en avril 2005	53
Tableau 19	- Résultats des analyses physico-chimiques réalisées entre 1981 et 2005 sur les eaux de surface et de fond de la retenue	55
Figure 15	- Profils d'oxygène dissous, de température et de conductivité établis en avril 2005 sur trois points de la retenue de La Manzo	56
Figure 16	- Profils physico-chimiques établis en avril 2005 sur la retenue de La Manzo au niveau du barrage, à quatre niveaux de profondeur	59
Tableau 20	- Résultats de l'analyse du phytoplancton de la retenue de La Manzo (Lemoalle, 23 mars 2001)	61
Tableau 21	- Résultats de l'analyse du phytoplancton de la retenue de La Manzo (Asconit Consultants, 19 avril 2005)	63
Figure 17	- Plan d'échantillonnage réalisé lors d'un constat d'altération de la qualité des eaux (mai 2000)	64
Tableau 22	- Résultats physico-chimiques lors d'un constat d'altération de la qualité des eaux (mai 2000)	65
Figure 18	- Synthèse des observations réalisées sur le plan d'eau au moment des analyses d'eau de la	66

	retenue de La Manzo, entre 2000 et 2005	
Tableau 23	- Etat trophique de la retenue de La Manzo selon le système « fixe » de classification de l'état trophique de l'OCDE (OCDE, 1982)	68
Figure 19	- Valeur du pic de chlorophylle <i>a</i> pour la retenue de La Manzo selon la relation [concentration moyenne en chlorophylle-Pic de chlorophylle] de l'OCDE (OCDE, 1982)	68
Figure 20	- 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)	69
Figure 21	- Etat trophique probable en fonction de la concentration en phosphore total et la transparence pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982)	69
Tableau 24	- Résultats d'analyses des eaux de la retenue de La Manzo (UGPISE/Asconit, avril 2005)	70
Tableau 25	- Etat trophique de la retenue de La Manzo selon le système « fixe » de classification de l'état trophique de l'OCDE (OCDE, 1982)	70
Figure 22	- Valeur du pic de chlorophylle <i>a</i> pour la retenue de La Manzo selon la relation [concentration moyenne en chlorophylle-Pic de chlorophylle] de l'OCDE (OCDE, 1982)	71
Figure 23	- 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 sources Manzo : UGPISE/Asconit, 2005	71
Figure 24	- Etat trophique probable en fonction de la concentration en phosphore total et la transparence pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : UGPISE/Asconit, 2005	72
Tableau 26	- Etat trophique de la retenue de La Manzo, selon les paramètres du système de classification de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : Lemoalle, 2001, UGPISE/Asconit, 2005	73
Figure 25	- Répartition des cultures par surface	75
Tableau 27	- Estimation du taux d'irrigation des cultures sur le PISE	75
Tableau 28	- Description des coopératives regroupant les producteurs du PISE	77
Figure 26	- Principes de la gestion de l'eutrophisation	86

1. Contexte et objectifs de l'étude

1.1. Contexte

Le barrage Saint-Pierre Manzo (« retenue de la Manzo »), situé en tête de bassin versant la rivière la Manche (territoire de la commune de Ducos, Martinique), est un ouvrage destiné à constituer une réserve d'eau pour l'irrigation du Sud-Est de la Martinique (périmètre PISE). Il est alimenté dans sa quasi totalité en dérivation sur l'adduction de la prise de la Lézarde, et par des eaux qui ruissellent sur le bassin versant. Il n'y a pas de cours d'eau pérenne identifié qui alimente la retenue. A l'aval, le cours d'eau qui est alimenté par le débit de fuite de la retenue s'écoule vers l'Ouest en traversant la commune de Ducos puis rejoint la mer au niveau de la baie de Génipa.

Construite en 1979, la retenue de la Manzo sert à stocker l'eau destinée à l'irrigation depuis 1984. Elle est utilisée pour alimenter directement tout le périmètre d'irrigation qui couvre les secteurs géographiques de Ducos, Saint-Esprit, Robert, François (Nord et Sud), Vauclin (Nord et Sud), Marin et Sainte-Anne.

Le Conseil Général de la Martinique est maître d'ouvrage de la prise d'eau située dans la partie amont du bassin versant de la rivière Lézarde (lieu dit Bon Air, Gros Morne), des ouvrages de transfert d'eau vers la retenue et propriétaire du barrage de la Manzo. L'eau captée dans la rivière Lézarde est utilisée prioritairement pour la production d'eau potable du Syndicat Intercommunal du Centre et du Sud de la Martinique (SICSM) et pour l'irrigation du territoire du Périmètre Irrigué du Sud Est de l'île (PISE) qui s'étend sur 4 500 ha.

Depuis quelques années, une prolifération d'algues est observée de manière récurrente, avec plus ou moins d'intensité, sur la retenue. Ce signe potentiel d'eutrophisation pourrait induire une dégradation de l'écosystème et de la qualité de l'eau pour les usages.

En l'absence de données permettant de caractériser l'eutrophisation sur la retenue de la Manzo et ses effets sur le milieu et les usages, le Conseil Général de la Martinique souhaite 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 pour l'écosystème,
- Les conséquences pour les utilisateurs,
- Les mesures permettant de prévenir l'eutrophisation et de limiter les nuisances occasionnées.

La démarche globale suivie par le Département sera :

1. Mieux comprendre le phénomène d'eutrophisation des eaux de la Manzo,
2. Mettre en évidence un programme d'amélioration de la qualité de l'eau.

Ce travail s'intègre par ailleurs dans les objectifs définis par la directive cadre européenne sur l'eau (DCE) (2000/60/CE) qui fixe un objectif d'atteinte du « bon état écologique » pour l'ensemble des masses d'eau des districts hydrographique en 2015. Dans le cadre de l'état des lieux du district de la Martinique (2004), la retenue de la Manzo est provisoirement classée parmi les « masses d'eau artificielles » (MEA), ie 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. Des informations complémentaires devront permettre de statuer prochainement sur ce risque qui conditionnera les mesures à engager pour atteindre les objectifs environnementaux de 2015.

En conséquence, l'étude devra prendre en compte la compatibilité avec les objectifs environnementaux européens.

1.2. Objectifs de l'étude

Dans ce contexte, le présent projet d'étude a pour objectif de dresser un état des lieux de l'eutrophisation de l'eau de la retenue de la Manzo, formuler des hypothèses sur le fonctionnement du phénomène, identifier les lacunes afin de définir une méthodologie visant à approfondir les connaissances sur ce phénomène.

Les principales phases de d'étude sont :

1. **Etape 1** : dresser un état des lieux relatif à l'eutrophisation du barrage de la Manzo de façon à identifier les lacunes et la formulation d'hypothèses sur le fonctionnement du phénomène d'eutrophisation dans le cas de la Manzo,
2. **Etape 2** : proposer une méthodologie pour améliorer rapidement la compréhension de ce phénomène, incluant notamment un programme d'analyses physico-chimiques et biologiques.

Ils seront compatibles et cohérents avec les grandes orientations réglementaires de la Martinique, à savoir principalement le S.D.A.G.E. de la Martinique et la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil.

2. Notions générales d'eutrophisation

2.1. Définition

Dérivé de eutrophe (peu usité), empr. Grec eutrophos, « bien nourri, nourrissant », du préfixe eu- « bien, dans de bonnes conditions » et de trophê, « nourriture » (cf. atrophie, hypertrophie...), l'eutrophisation, (mot attesté vers 1970) est le processus par lequel une étendue d'eau devient eutrophe et le résultat induit par ce processus.

Selon le glossaire International d'Hydrologie (1992), l'eutrophisation est définie comme un enrichissement de l'eau par des nutriments, en particulier par des composés d'azote et de phosphore, qui accéléreront la croissance d'algues et de formes plus évoluées de la vie végétative.

Le Dictionnaire Encyclopédique de l'Ecologie (1993) propose la définition suivante : phénomène d'enrichissement des eaux continentales ou littorales en sels minéraux nutritifs (phosphates, nitrates) résultant de causes naturelles.

L'Organisation de Coopération et de Développement Economiques (OCDE, 1982) définit l'eutrophisation comme « 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 ».

L'eutrophisation peut donc être désignée comme **l'ensemble de processus bio-géochimiques lié à un enrichissement des eaux en éléments nutritifs**. Cet enrichissement se traduit par l'accroissement des biomasses végétales et animales conduisant à l'appauvrissement critique des eaux en oxygène (R. Pourriot, 1996).

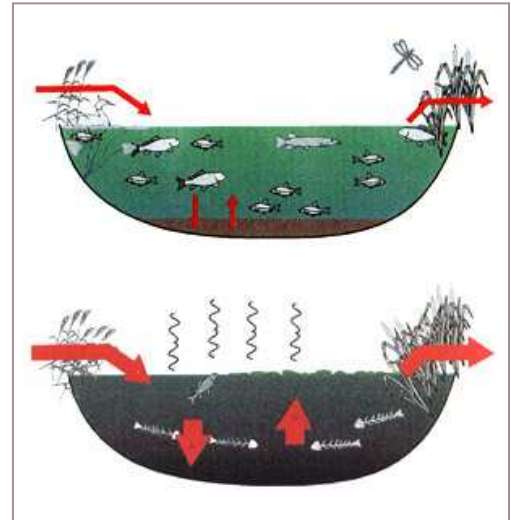
2.2. Description et caractérisation du phénomène

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. Aux apports naturels se sont ajoutés les apports anthropiques dont l'augmentation rapide récente a fortement contribué à amplifier ce phénomène.

L'accroissement des apports, en particulier en phosphore, facteur limitant le plus fréquent dans les lacs, a conduit à une eutrophisation accélérée qui se caractérise par une forte prolifération végétale (planctonique et littorale).

Cette biomasse, composée en majeure partie d'éléments de grande taille peu consommables (algues coloniales ou filamenteuses parfois toxiques, Cyanobactéries) n'est que partiellement recyclable via le réseau trophique et une grande partie va sédimenter. L'augmentation de la matière organique sédimentée favorise la croissance des bactéries hétérotrophes qui consomment de l'oxygène en dégradant les composés organiques.

Une charge excessive et une température élevée aboutissent à une désoxygénation des eaux profondes et à une minéralisation partielle des substances organiques. La durée et l'épaisseur de la couche anoxique dépendent de la charge organique et de la température (agissant sur le métabolisme bactérien). Si la couche anoxique est assez épaisse, la désoxygénation conduit à une crise de fonctionnement, ou dystrophie, caractérisée par la production de méthane et d'hydrogène sulfuré avec prolifération de bactéries phototrophes anoxygéniques. En outre, une forte sédimentation des particules accélère le comblement des lacs.



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.

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.

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..., et il peut aussi être amplifié par l'action humaine.

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 se 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.

2.3. Le concept de degré 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.

- Ultra-oligotrophie : eaux très pauvres en nutriments et donc peu productives,
- Hyper-eutrophie : 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.

Tableau 1. 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-oligotrophe	< 4	< 1	< 2,5	> 12	> 6
Oligotrophe	< 10	< 2,5	< 8	> 6	> 3
Mésotrophe	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

CHL : chlorophylle a dans les eaux de surface

Secchi : transparence mesurée au disque de Secchi

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.

Tableau 2. Valeurs des seuils du système « ouvert » de classification de l'état trophique (OCDE, 1982)

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

moy. : moyenne géométrique min-max : minimum et maximum observé

2.4. Symptômes de l'eutrophisation

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.

2.5. Implications de l'eutrophisation

Les conséquences de l'eutrophisation sont multiples et concernent aussi bien l'écosystème que les usages associés à l'eau.

L'eutrophisation peut 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.

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'aquaculture, activité qui recherche une productivité accrue, est un des rares cas où l'eutrophisation n'est pas perçue négativement.

2.6. Facteurs affectant le degré d'eutrophisation

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 constante 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. Toutefois, si le ruissellement s'amplifie avec les précipitations, celles-ci favorisent aussi le développement d'une végétation qui préserve le sol de l'érosion. 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. 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 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. Les sédiments des lacs et réservoirs constituent une zone de piégeage qui retient une partie des substances nutritives.

L'apport nutritif est d'autant plus élevé que les pentes du bassin versant sont fortes.

Le brassage des eaux par l'action des vents sera accentué si le plan d'eau est situé dans une zone plate et peu boisée.

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.

- 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.

2.7. 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 être cependant fournies :

- 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 ;

Tableau 3. 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 ² .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 peut être envisagé de la même manière que pour les zones tempérées.

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 ;
- Quelques parcelles au Sud sont sur la commune de Saint-Esprit : quartier la Manzo.

L'accès à la retenue se fait par la route nationale RN6.

3.1. Fiche synoptique du barrage

La fiche de synthèse présentée en page suivante décrit 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, transite vers le dessableur de façon gravitaire, puis dans une canalisation vers une station de pompage. L'eau sous pression est alors envoyée, par le biais de deux canalisations, à un réservoir béton (Deux Terres) de 350 m³, situé à 550 m en aval, qui met en charge le réseau.

L'eau transite ensuite 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 retenue par la réserve de La Manzo est pompée pour être envoyée aux irrigants. La prise d'eau se situe au niveau 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.

Planche 1. Présentation du barrage de Saint-Pierre La Manzo

Cf. fichier joint

3.2. Fonctionnement du barrage

3.2.1. Schéma hydraulique des infrastructures

Les conditions d'équipements effectives du PISE sont les suivantes :

- La retenue de La Manzo,
- La station de pompage de La Manzo,
- Le réservoir de Croix Rivail,
- Les apports de la rivière Lézarde : pour obtenir un apport pour l'irrigation, le débit de la rivière doit être au minimum de 320 l/s (120 l/s de débit réservé + 200 l/s pour la station de potabilisation de Directoire).

L'adduction Lézarde – Manzo comprend :

- ✓ Des ouvrages de tête ou « Tronc commun » : prise dans la rivière à la cote 125 mNGM, dessableur, conduite de liaison avec la station de pompage, bêche de reprise, station de pompage (5 groupes de 200l/s), réservoir de régulation de Deux Terres (350 m³ de volume), 2 conduites en fonte reliant la station de pompage et le réservoir, un poste de livraison pour la station de potabilisation de Directoire, une conduite en fonte conduisant l'eau du réservoir au poste de livraison.
- ✓ Des ouvrages aval permettant de remplir la retenue de La Manzo ou directement les réseaux du PISE selon la demande et la ressource disponible.
- Les canalisations : la plupart sont en fonte – 113 570 mètres (autres : acier – 200 m, PVC- 3 380 m). La rugosité des canalisations entraîne une perte en charge estimée à environ 10% de la totalité.
- Les points de desserte.

La **prise de La Lézarde** est une prise en rivière située à environ 126,6 mNGM. Un canal placé sous une grille horizontale (16 x 0,8 m) récupère l'eau perpendiculairement au courant. L'eau captée est acheminée vers un dessableur avant d'alimenter la station de traitement de Directoire et le PISE. L'eau est livrée prioritairement à l'usine de Directoire, le débit résiduel étant dirigé sur le réseau du PISE.

L'eau prélevée est utilisée par le Syndicat Intercommunal du Centre et du Sud de la Martinique (**SICSM**), destinée à une population de 192 075 habitants.

Par extrapolation des mesures effectuées par l'ORSTOM et la DIREN, entre la période 1962 et 2002, au niveau de la station de jaugeage « Lézarde II » (en amont de la prise d'eau), les caractéristiques de la ressource à la prise d'eau sont les suivantes :

Caractéristiques de la ressource (station Lézarde 2)

	Module	Débit réservé en 2003 (10%)	Débit réservé en 2010 (20%)	Débit d'étiage de fréquence quinquennal – QMNA5
En l/s	1 200	120	240	234
En m ³ /j	103 680	10 368	20 736	20 217

Planche 2. Situation géographique des ouvrages

Cf. fichier joint

L'eau qui alimente **les équipements du PISE** 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.

3.3. La desserte

Le BGPISE, service du Conseil Général de la Martinique assurant la gestion du PISE, fournit de l'eau brute aux :

- Agriculteurs : eau dite « destinée à l'irrigation » : les irrigants sont les plus nombreux. La superficie minimale souscriptible est de 1 ha avec un débit de 1 l/s par hectare souscrit.
- Usagers non-agriculteurs à usage domestique et industriel (entreprises, particuliers..) : les volumes distribués sont très marginaux (< 1% des volumes annuels distribués).

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

Tableau 4. Les secteurs irrigués du PISE

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

3.3.1. Les volumes distribués sur le PISE

L'eau utilisée sur le PISE provient essentiellement du captage situé sur la rivière Lézarde, au quartier Corneille (commune du Gros-Morne).

En 2003, le BGPISE estime que, sur un volume distribué par le PISE d'environ 11,5 Mm³ :

- 11 Mm³ (96 % du volume distribué) provenaient de la rivière Lézarde. Environ 5 à 6 Mm³ ont été stockés dans la retenue de barrage en fin d'hivernage pour passer la saison d'irrigation (carême) de l'année suivante ;
- 0,5 Mm³ (4% du volume distribué) provenaient du bassin versant de La Manzo.

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.

Tableau 5. Volumes annuels d'eau distribués sur le PISE au cours des trois dernières années

Année	Volumes distribués
2002	9 310 000
2003	11 900 000
2004	7 610 000

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

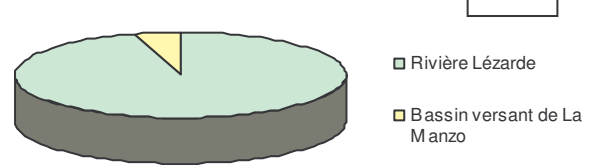
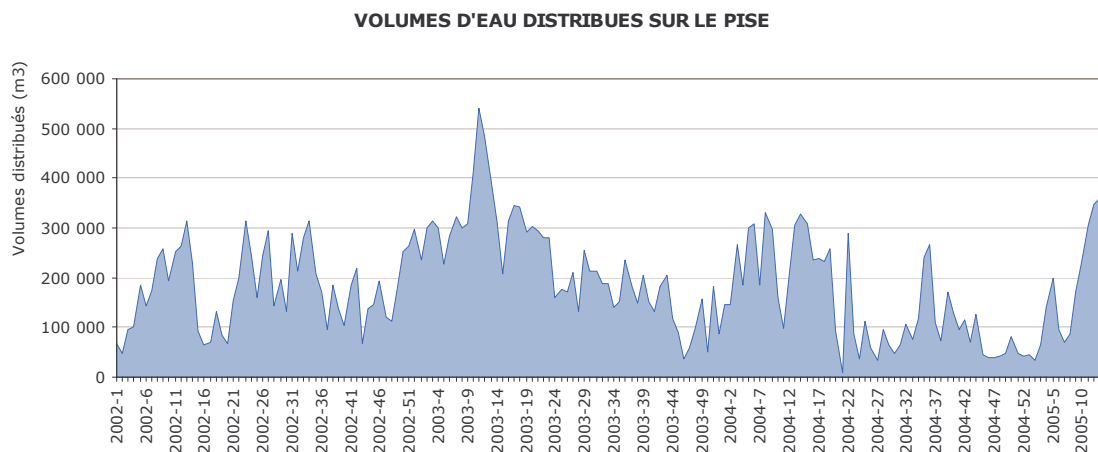


Figure 1. Evolution hebdomadaire des volumes d'eau distribués au cours des trois dernières années



A partir des bilans hebdomadaires effectués par le BGPISE sur les années 2002 à 2004, il ressort que le volume hebdomadaire maximum distribué a été de 541 043 m³ en 2003 (semaine 11), année sèche.

Tableau 6. Volumes hebdomadaires maximum et minimum d'eau distribués au cours des trois dernières années

Année	Volumes distribués (m ³)		
	Max.	Min.	Moyenne
2002	315 415	46 581	179 036
2003	541 043	36 399	228 854
2004	329 470	7 974	146 316

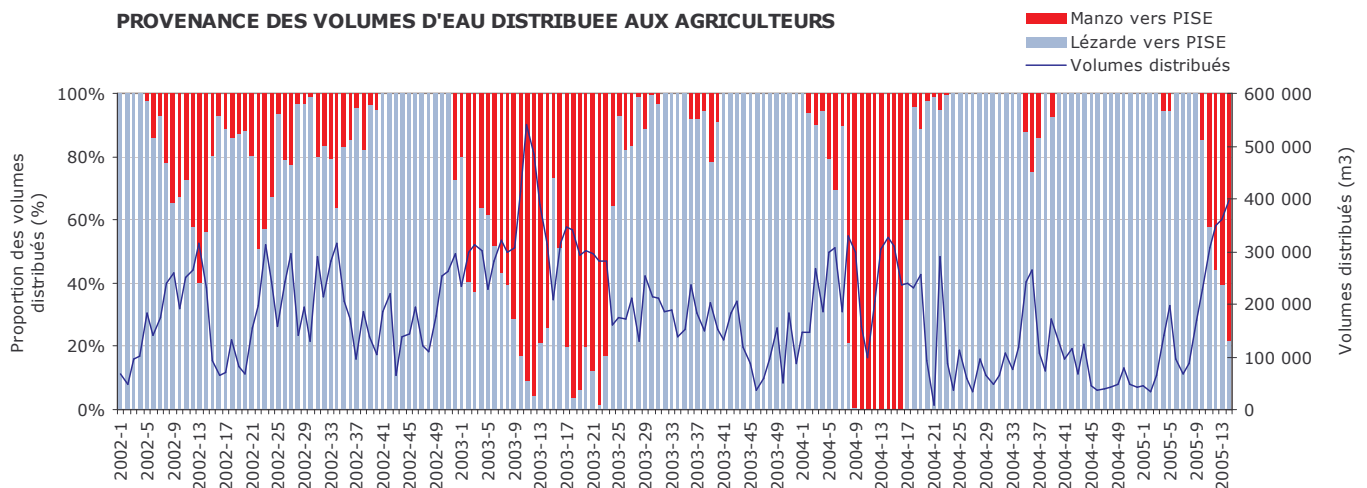
Le débit d'équipement de chaque sortie d'irrigation est de 1 l/s (3,6 m³/h)/ha souscrit, soit 1,63 l/s (5,87 m³/h)/ha en moyenne par hectare irrigué. Ce débit est souvent insuffisant pour les agriculteurs. Des travaux sont envisagés afin d'augmenter la capacité de stockage de celle-ci, intégrés dans un programme global destiné à satisfaire les irrigants actuels aujourd'hui confrontés à une ressource insuffisante par rapport à leur demande.

3.3.2. Les volumes délivrés par la retenue de La Manzo

Depuis 1984, la retenue de la Manzo sert à stocker l'eau destinée à l'irrigation. Les volumes délivrés par le réservoir sont ventilés entre le volume distribué vers le réseau du PISE (*via* par la station de pompage) et le volume restitué vers la rivière. Les volumes rejetés dans la rivière la Manche, en aval du barrage, sont les volumes de fuites permanents (drainage de la retenue) et les écrêtages de crue qui sont lâchés par le biais du déversoir de crue et/ou par la vidange.

Les eaux de la retenue alimentent le PISE lorsque les volumes distribués par la rivière Lézarde sont insuffisants pour alimenter les irrigants, principalement en période d'étiage. Ainsi, les eaux sont principalement utilisées en période de carême. Les volumes en provenance de la retenue de La Manzo distribués sur le PISE entre 2001 et 2003 (cf., Figure 2) ont été importants en 2003 (année sèche) et se sont substitués aux prélèvements sur la Lézarde entre les semaines 10 et 16 durant le carême 2004 lors d'une interruption complète de la distribution pour raison de travaux.

Figure 2. Provenance de l'eau distribuée sur le PISE. Part des volumes issus de La Lézarde et de la retenue de La Manzo. Indication des volumes totaux distribués.



Part des volumes distribués sur le PISE issus de la retenue de La Manzo

Année	Volumés distribués sur le PISE	Volumés provenant de la retenue de La Manzo
2002	9 310 000	21 %
2003	11 900 000	47 %
2004	7 610 000	34 %

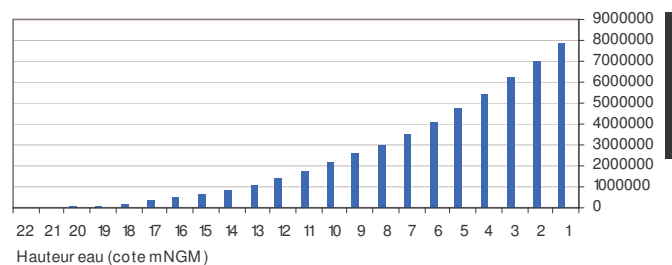
4. Le bassin versant du barrage de La Manzo

4.1. Topographie

Le bassin versant de la retenue de barrage de Saint-Pierre La Manzo s'étend sur environ 2,3 Km² (230 ha) dont 0,87 Km² de plan d'eau (bassin rempli). Il est limité par les points culminants des mornes Gamelle (à l'Est), Serpent, Pavillon et Bel-Air (au Nord).

La cuvette de la retenue est comprise entre 31 mNGM (point le plus bas) et 52 mNGM (point le plus haut). La courbe hauteur/volume du barrage est la suivante :

VOLUMES DU BARRAGE DE LA MANZO



La planche 4 et la figure 3 ci-après présentent respectivement la topographie et les coupes en travers de la cuvette de la retenue de La Manzo. Les pentes restent faibles au niveau de la retenue. La partie Nord présente les pentes plus élevées et donc la plus favorable au ruissellement des eaux.

Planche 4. Plan topographique de la cuvette de la retenue de La Manzo

Cf. fichier joint

Figure 3. Transects topographiques de la cuvette de la retenue de La Manzo

Cf. fichier joint

4.2. Climatologie

La Martinique est située dans la zone tropicale Nord, soumise à un climat chaud et humide avec deux saisons :

- Une saison humide, « Hivernage » : de juin à novembre, chaud et humide. Cette saison présente un risque plus élevé de survenue d'évènements cycloniques.
- Une saison sèche, « Carême » : de décembre à mai, la période la plus sèche.

Ces deux périodes sont principalement distinctes par la pluviométrie. L'hivernage est caractérisé par une pluviométrie importante, contrairement au Carême. La température varie peu entre les saisons, avec un maximum de 28°C au carême et de 32°C à l'hivernage.

Le Sud et l'Est de l'île sont soumis à un climat plus sec, avec une faible pluviométrie par rapport au Centre et au Nord de l'île. En conséquence, le développement de l'agriculture dans ces zones est fortement conditionné par un apport d'eau pour l'irrigation des cultures.

4.3. Géologie, pédologie

4.3.1. La retenue

L'étude **géologique** menée par le BRGM dans le cadre de l'implantation du barrage¹, a mis en évidence l'existence d'un masque argileux perméable dans la cuvette de la retenue, provenant d'une altération de tuffites.

Dans la partie Nord-Ouest de la retenue, le substratum rocheux est constitué de tufs bréchiques affleurants. Dans la partie Nord-Est, il est constitué de labradorites intrusives et sur la majeure partie de la cuvette de tuffites. Ces formations affleurent sous forme très altérée, argilisée ou sont recouvertes par des argiles rougeâtres plastiques résultant d'une altération latéritique dont l'épaisseur varie de 1,5 à 3 m.

Trois sortes de matériaux ont été identifiées sur des coupes d'environ 5 m de profondeur :

- L'argile plastique brune de surface,
- Le tuf argilisé rougeâtre : argile grumeleuse correspondant à une altération et argilisation de la roche originelle,
- Le tuf altéré.

La succession des terrains est schématiquement :

- Un horizon argileux : constitué d'abord par des argiles assez consistantes sur 1 à 2 m d'épaisseur, puis par des tufs argilisés plus ou moins consistants, de 2 à 4 m d'épaisseur, au sein desquels commencent à apparaître des blocs résiduels de roche moins altérée. Dans la vallée, l'argile de couverture fait place à une argile alluviale très plastique, de 3 à 4 m d'épaisseur.
- Un horizon de tuf altéré et déjà légèrement argilisé : constitué soit par un mélange de blocs de tuf enrobés dans de l'argile brune, soit par une masse tuffeuse compacte et raide.
- Un substratum bréchique sain et résistant, gris-bleu, décelé vers 18 m de profondeur.

¹ BRGM 73 ANT 25bis, 1974. Etude géologique du site de Barrage de La Manzo.

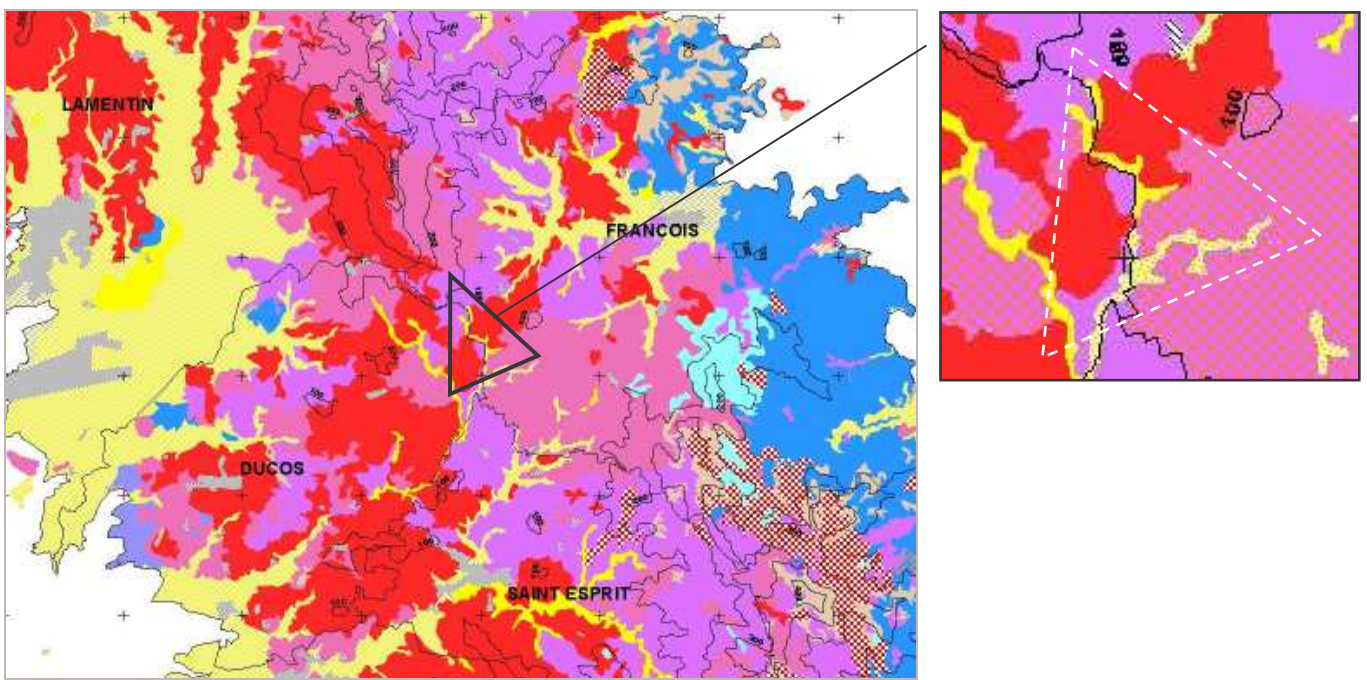
L'étude note l'importance du développement des formations altérées. La couverture argileuse correspond à un « sol » tandis que le substratum tuffeux sain à une « roche ». Les autres formations ne représentent que des intermédiaires entre « sol » et « roche ». Les coupes géologiques du sous-sol sont alors résumées comme suit :

- Couverture superficielle d'argile (« sols ») sur quelques mètres d'épaisseur,
- Horizon intermédiaire de formations tuffeuses altérées et plus ou moins argilisées (mélange « sols » - « roches ») sur 11 à 20 m d'épaisseur,
- Substratum rocheux résistant, tuffo-bréchrrique, à au moins 15 m de profondeur au droit de la vallée, et plus de 20 m sur ses versants.

L'ensemble des coupes géologiques est donné en annexe.

Les **sols** présents dans la zone d'étude sont de type Ferrisols compacts et Sols rouges ou bruns montmorillonitiques (cf., Figure 4). Ils se caractérisent notamment par un pH souvent acide et une présence importante de fer.

Figure 4. Carte pédologique de la zone d'étude (Carte IRD)



- Ferrisols compacts.
- Sols rouges ou bruns montmorillonitiques.
- Vertisols.
- Vertisols de régions humides.
- Sols vertiques.
- Sols vertiques de pentes et d'altitude en région humide.
- Sols brun-rouille à halloysite.
- Sols à allophane relativement évolués sur tufs fins avec généralement de la gibbsite.
- Sols relativement peu évolués sans gibbsite, sur cendres et ponces récentes.
- Sols peu évolués sur cendres.
- Les unités hachurées correspondent aux zones de transition ou de mélange entre deux ensembles de sols (se référer aux cartouches correspondants).
- Alluvions continentales.
- Alluvions marines.
- Colluvions.
- Zones urbanisées.
- Zones de fortes pentes ou à roches apparentes.
- Anciens marais salants.
- Etang des salines.

4.4. Hydrologie

Dans le cadre du projet de surélévation du barrage de La Manzo, une étude hydrologique exhaustive a été menée par BRLi pour le compte du Conseil Général². Certains éléments sont repris dans les paragraphes suivants.

L'étude hydrologique du plan d'eau est basée sur les données de surveillance recueillies auprès du BGPISSE.

4.4.1. L'alimentation par le captage de la Lézarde

La retenue de Saint-Pierre La Manzo est essentiellement alimentée par les eaux de la station de pompage de la rivière Lézarde. L'acheminement de l'eau prélevée vers l'usine de Directoire et vers le barrage de la Manzo est assuré principalement par une station de pompage proche de la prise d'eau, par un réservoir situé au lieu-dit « Deux Terres » de la commune du Gros Morne et par une canalisation nommée « Tronc commun ». L'eau prélevée après piquage de Directoire, alimente directement le sous-secteur de Ducos et également le reste du réseau du PISE via la retenue de la Manzo.

Le cours d'eau de la Lézarde présente un fonctionnement hydrologique marqué par les saisons (carême, hivernage) :

- En **étiage** : la ressource disponible dans la rivière pendant les mois les plus secs impose de prélever prioritairement pour l'alimentation en eau potable (200 l/s) en préservant un débit réservé (120 l/s aujourd'hui et 240 l/s à partir de 2010). De fait, le volume disponible est souvent insuffisant même pour l'alimentation en eau potable.

L'usage d'irrigation pendant la période de carême est donc dépendant de la ressource disponible dans le barrage de la Manzo.

L'étude des mesures effectuées entre la période 1962 et 2002 au niveau de la station de jaugeage « Lézarde II » (DIREN) détermine un module inter-annuel de 1 025 l/s, un débit spécifique de 78,9 l/s/km² et un débit d'étiage de fréquence quinquennal de 206 l/s (avec un débit spécifique de 15,9 l/s/km²). La moyenne des modules mensuels pendant le carême (de janvier à juin) et pendant l'hivernage (de juillet à décembre) est, respectivement, de 776 l/s et 1 395 l/s.

Pour la surface de bassin versant de la prise d'eau, la DIREN, par extrapolation, conclue à un débit spécifique compris entre 70 et 75 l/s/km² et à un module inter-annuel de l'ordre de 1200 l/s.

Le SDAGE fixe un débit réservé de 1/10^{ième} du module interannuel, soit 120 l/s. A l'horizon 2010, l'objectif sera de 1/5^{ième} du module interannuel, soit 240 l/s.

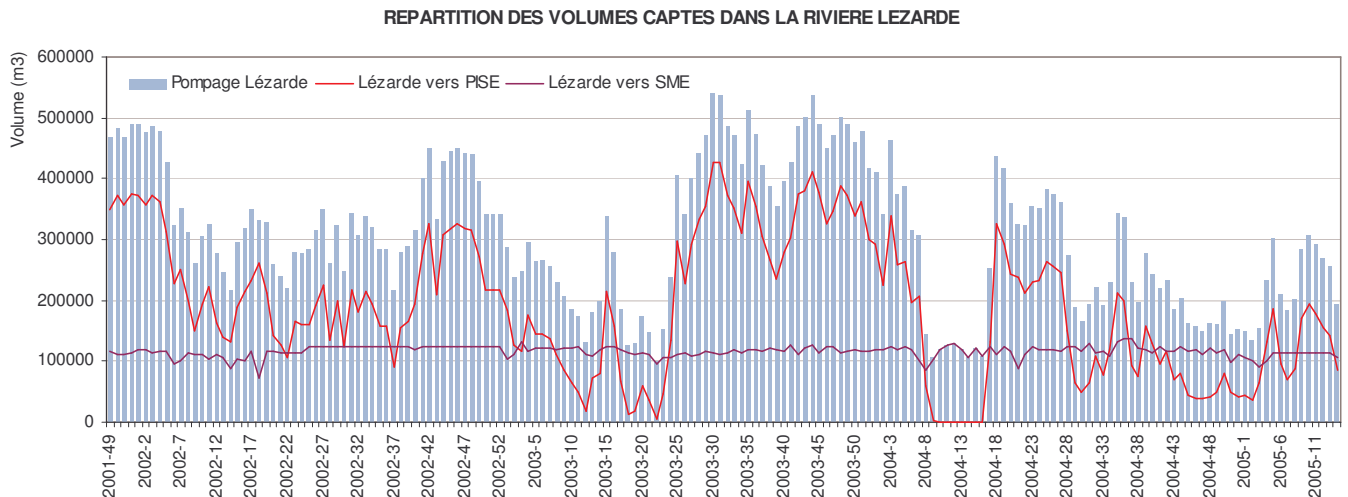
Selon les calculs réalisés par la DIREN, les caractéristiques de la ressource sont les suivants :

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

Les **volumes pompés par la station de la Lézarde et dirigés vers le PISE diminuent sensiblement en période de carême**, en particulier entre mars et mai, le prélèvement étant prioritairement destiné à l'usage eau potable (cf., Figure 5).

² Barrage de St-Pierre La Manzo-Projet de surélévation de la retenue. Dossier de présentation au CTPB – Annexe 4. Etude hydrologique. Etude C. Général / BRLi. Juillet 2004

Figure 5. Volumes dirigés vers le PISE entre 2002 et 2005



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

Il existe un net écart entre les saisons mais aussi entre les années. 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 000m³ et 833 000 m³ avait été acheminés depuis La Lézarde en 2002 et en 2003.

- En **hivernage** : 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.

Les analyses réalisées ponctuellement par la DSDS au niveau du captage, à la sortie du dessableur, ne montrent pas de signe d'altération notable lié aux matières en suspension (MES) ou à la turbidité des eaux. Aucun suivi de ces paramètres n'est cependant disponible aujourd'hui pendant toute la durée d'un épisode pluvieux.

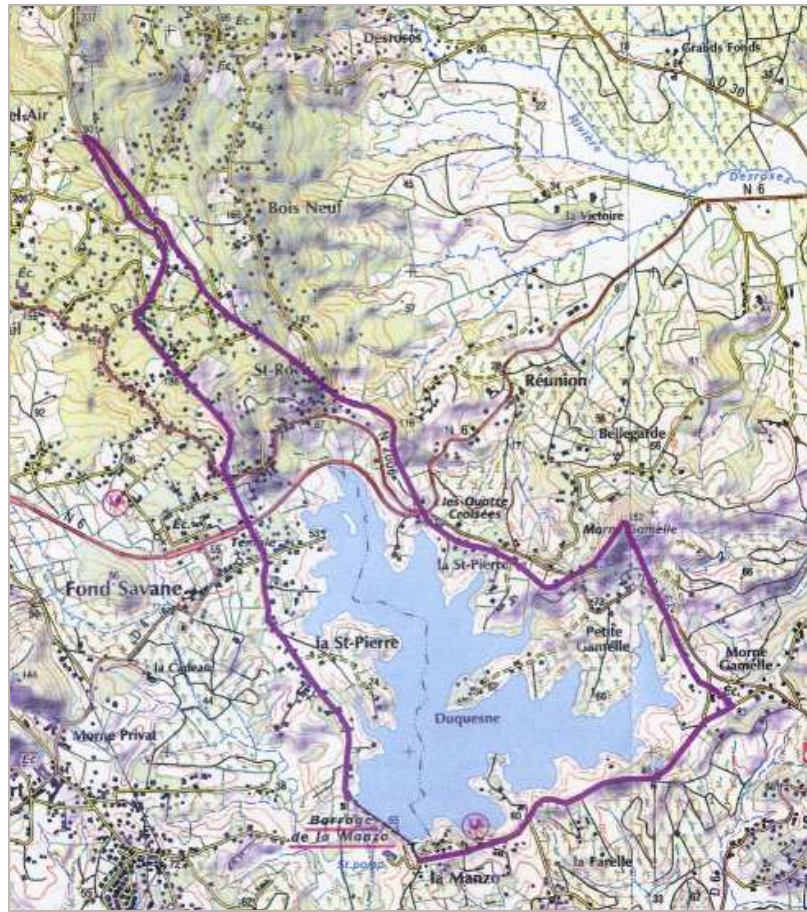
4.4.2. L'alimentation par le bassin versant

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. 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.

Le bassin versant de la retenue occupe une faible superficie (cf., Figure 5). Les apports d'eau naturels provenant du bassin versant sont estimées à 2 000 000 m³/an en moyenne, soit une très faible proportion par rapport aux apports de la Lézarde. L'étude hydrologique conduite par BRLi en 2003 a confirmé la délimitation hydrologique du bassin versant.

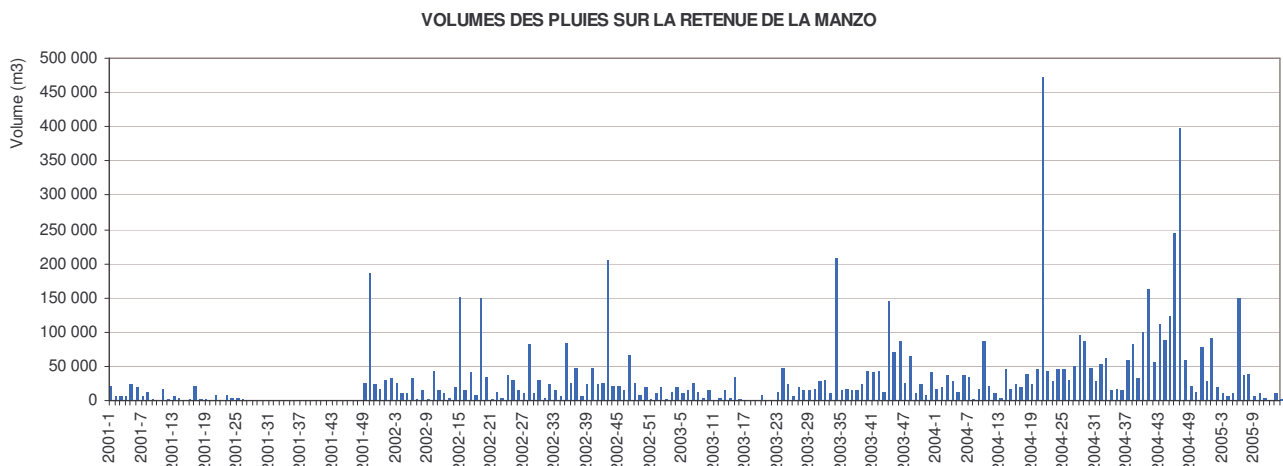
Figure 6. Délimitation du bassin versant hydrologique de la retenue de La Manzo



4.4.3. La pluviométrie sur le barrage de La Manzo

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. Volumes de pluies directes sur la retenue de La Manzo entre 2001 et 2005



4.4.4. L'évaporation

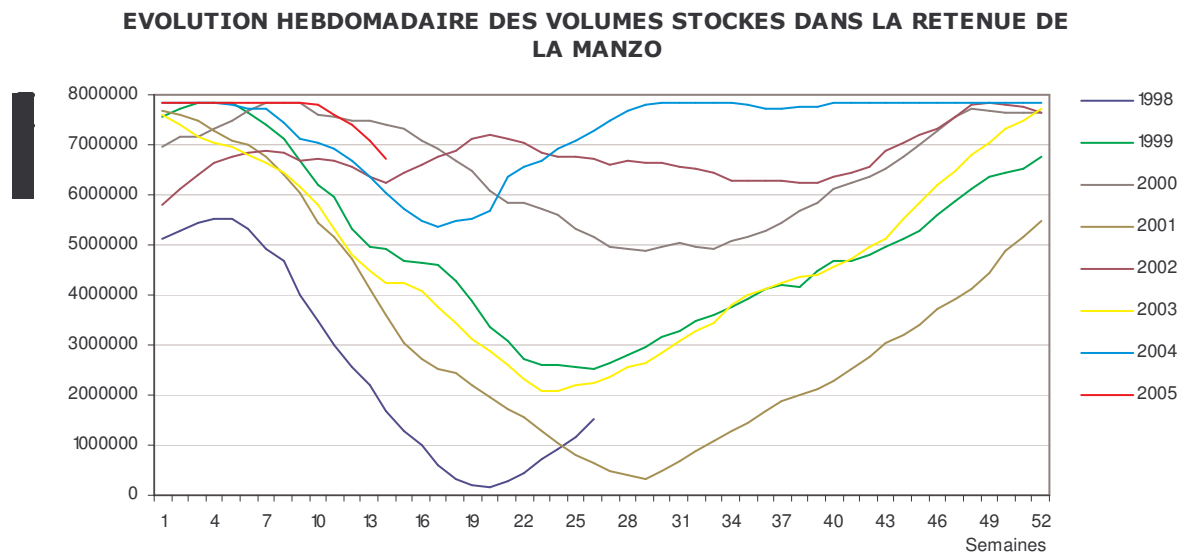
Le volume moyen annuel évaporé au-dessus de la retenue de La Manzo est estimé à 1 500 m³.

4.4.5. Volumes d'eau transitant dans la retenue de La Manzo

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, 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. La retenue vient en appoint des apports de la Lézarde. 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).

Figure 8. Volumes hebdomadaires stockés dans la retenue de La Manzo depuis 1996



La figure 9 ci-après 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.

Le **temps de séjour de l'eau estimé** dans le réservoir est alors 2 à 4 fois plus long en année humide, lorsque les volumes circulant dans le plan d'eau sont faibles (cf., 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 (année particulièrement pluvieuse) 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.

Figure 9. Volumes circulant dans la retenue de La Manzo. Part des volumes entrant et sortant par rapport au volume présent dans le réservoir

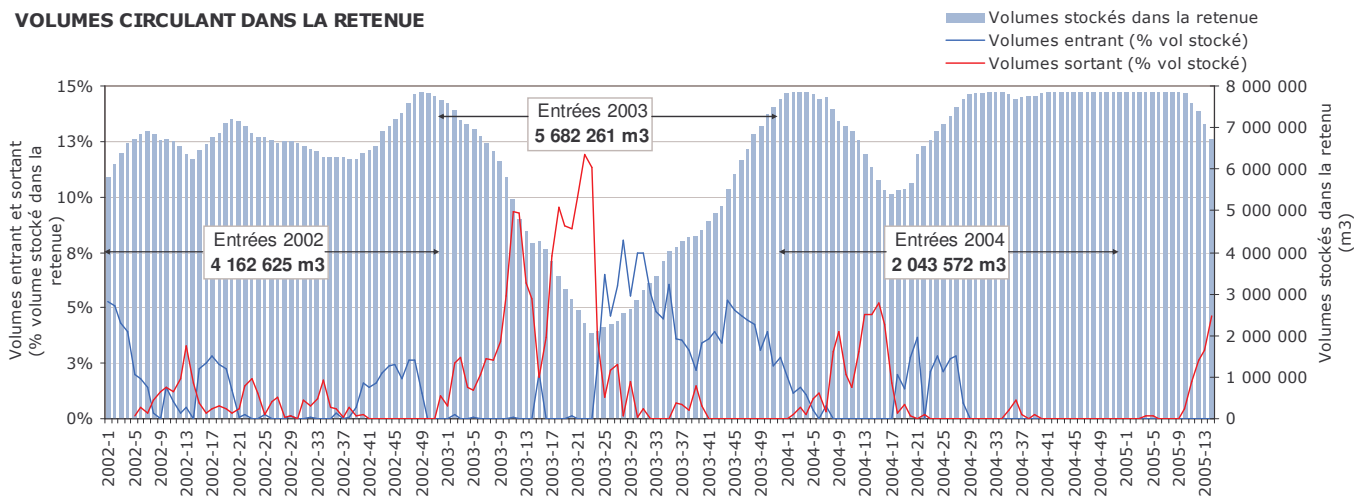


Tableau 7. Temps de séjour de l'eau estimé dans la retenue de La Manzo sur trois années (2002, 2003, 2004)

Année	Volume moyen hebdomadaire stocké (m3)	Temps de séjour (an)
2004	7 296 750	4,2
2003	4 745 760	0,8
2002	6 763 404	1,7

4.5. Occupation des sols

L'occupation des sols des bassins versants de la prise d'eau de la Lézarde, principale source d'alimentation du PISE, et de la retenue de La Manzo a été abordée à partir des plans d'occupation des sols (POS) obtenus auprès des différentes communes et d'observations de terrain.

Le plan d'occupation des sols fixe les règles générales et les servitudes d'occupation du sol et notamment l'interdiction de construire. La prise en compte des éléments du POS et plus spécifiquement des données relatives au périmètre du bassin versant permet de mieux appréhender le territoire, son évolution et les orientations envisagées.

4.5.1. Le bassin versant de la rivière Lézarde

La rivière Lézarde prend sa source entre le morne « Le Lorrain » et le morne « Bellevue », aux environs de 650 m d'altitude. Elle descend ensuite de 300 m, au pied du morne Jacob. Le bassin versant total de la rivière Lézarde est le plus important de la Martinique (plus de 100 km²). La prise d'eau se situe directement sur la rivière Lézarde peu après sa confluence avec la rivière Rouge Pierre Denis. La Lézarde, après la prise d'eau, reçoit les eaux de son principal affluent la rivière Blanche et parcourt un linéaire total de 33 km avant de se jeter dans la baie de Fort-de-France.

La prise d'eau de la Lézarde est située sur une zone rurale classée 1ND au POS. Les alentours immédiats correspondent à une zone de végétalisation naturelle et exempte d'habitations. Le bassin versant est constitué d'une grande zone boisée en partie amont, représentant un peu plus de 50% de sa superficie totale.

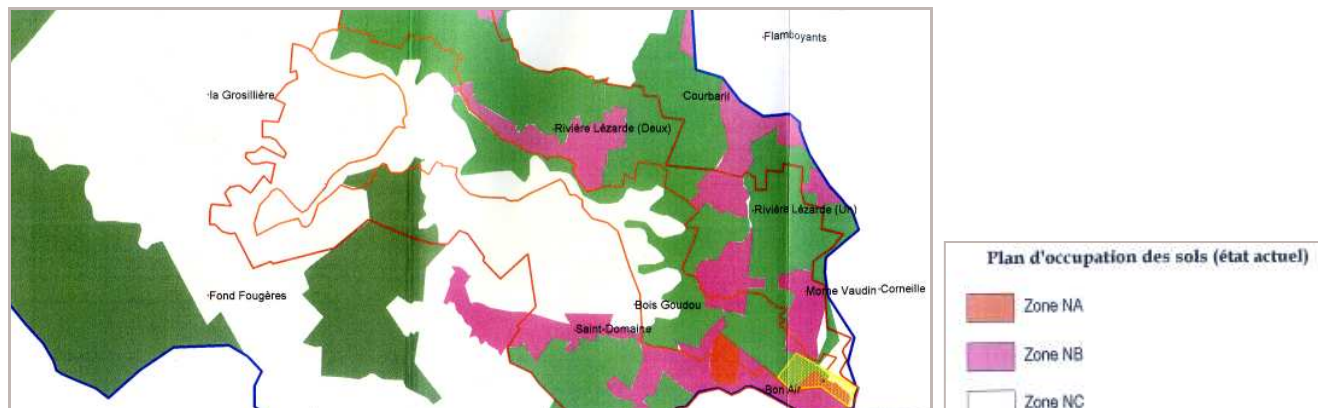
En amont de la prise d'eau, le bassin versant est entièrement situé sur la commune du Gros Morne. Une grande partie du bassin versant est classée en zone naturelle, non équipée rurale :

- 65% du bassin versant est classé en secteur protégé (1ND ou 2ND) au POS du Gros Morne,
- 30% du bassin versant est principalement classé en zone NC, où seules les activités liées aux activités agricoles sont autorisées et où aucun aménagement ne peut être réalisé à moins de 10 mètres d'un cours d'eau, ce qui limite le nombre de pollutions potentielles,
- Quelques îlots sont classés en zone NB, dont un secteur à l'amont proche de la prise d'eau. Ces zones représentent un peu moins de 5% du bassin versant. Dans ces zones rurales, un développement de l'habitat est autorisé avec une densité faible,
- Un îlot situé à l'amont proche de la prise d'eau est classé en zone NA, soit une zone où les activités urbaines sont autorisées. Toutefois, selon les observations de terrain, il n'y a pas plus d'habitats sur cette zone que sur les zones classées NB ; il n'y a pas non plus d'activités industrielles.

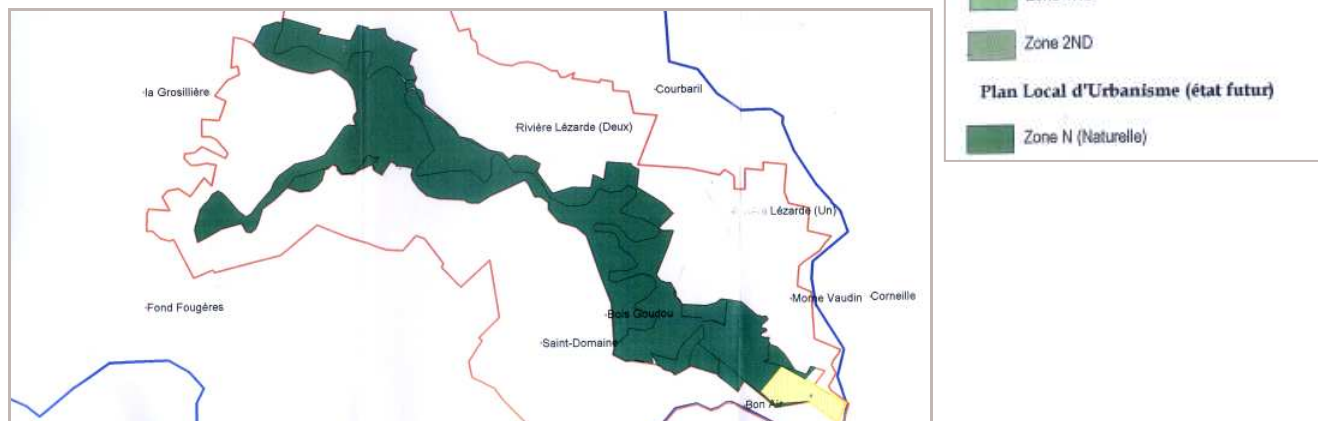
Le classement de la zone de la prise d'eau confère une protection de la prise particulièrement efficace.

Figure 10. Plans d'occupation des sols sur le bassin versant de la rivière Lézarde

Situation actuelle :



Situation future :



Selon l'expertise menée dans le cadre de la mise en œuvre des périmètres de protection, la rivière Lézarde et son affluent (la rivière Pierre Denis) possèdent une bonne protection naturelle, surtout dans la première moitié des deux cours d'eau. Les rives jouxtant les rivières sont bien végétalisées, à l'exception de la traversée de la bananeraie. Cette végétalisation favorise l'élimination des matières en suspension des eaux de ruissellement drainées par le bassin versant.

Plus en aval, ce phénomène d'élimination naturelle des matières en suspension est limité en raison notamment des voies de desserte des riverains, constituant des chemins préférentiels pour l'écoulement des eaux de ruissellement.

Par ailleurs, la protection naturelle de la prise d'eau est insuffisante pendant les périodes pluvieuses, (apport important de matières en suspension), en cas de pollutions importantes (aspersion de pesticides, rejets dans le cours d'eau) et difficilement dégradables par le milieu naturel (pesticides, produits chimiques, hydrocarbures au niveau des traversées de cours d'eau, etc.), en cas de mauvais fonctionnement de

l'assainissement dans l'environnement proche du captage. De plus, les fortes pentes entraînant des vitesses élevées favorisent une propagation rapide des polluants vers le captage.

Le classement de 65% du bassin versant en secteur ND offre une protection efficace en interdisant toute activité sur cette partie. Cependant, l'environnement proche de la prise d'eau est classé en zone NC voire NB et NA sur certaines parcelles, qui rend possible l'implantation d'activités agricoles et d'habitations en faible densité. Cela élimine les risques de pollutions liées aux activités industrielles, mais expose la prise d'eau à des risques de pollutions agricoles (pesticides, engrais, animaux, etc.) et/ou domestique.

Dans le cadre de la mise en place des périmètres de protection de captage, les périmètres auront pour fonction d'empêcher la détérioration, d'éviter des déversements ou d'infiltrations d'éléments polluants. Toutes activités autres que celles indispensables à l'exploitation de l'ouvrage et à son entretien seront interdites. Ce périmètre constituera donc une sécurité pour la qualité de l'eau de la prise de la Lézarde.

4.5.2. Le bassin versant de la retenue de La Manzo

La retenue est située à la limite des communes de :

- François (à l'Est) : quartiers la Saint Pierre, Petite Gamelle, Morne Gamelle,
- Ducos (à l'Ouest) : quartiers Fond Savane, la Saint Pierre,
- Quelques parcelles au Sud sont sur la commune de Saint-Esprit : quartier la Manzo.

Dans les plans d'occupation des sols des communes concernées par l'étude, les parcelles du bassin versant de la Manzo sont classées en zones naturelles ND et NB.

- Les **zones NB** correspondent à des espaces dont le caractère urbain n'est pas encore marqué malgré l'existence de quelques constructions. Leur classement en zone NB marque la volonté de ne pas renforcer les équipements existants, soit afin d'éviter une évolution trop importante de l'urbanisation, soit pour ne pas supporter, les équipements nécessaires à une urbanisation nouvelle. Dans les plans locaux d'urbanisme, les zones NB ont été supprimées car, détournées de leur fonction initiale, elles encouragent le mitage et l'étalement urbain.
- Les **zones ND** sont des zones naturelles à protéger en raison, d'une part de l'existence de risques ou de nuisances, d'autre part, de la qualité des sites, des milieux naturels, des paysages et de leur intérêt, notamment du point de vue esthétique, historique et écologique. Les zones ND constituent par nature un outil essentiel de protection des paysages de qualité. L'interdiction de principe de construire dans ces zones favorise la préservation de leur caractère naturel

Il n'existe pas d'usages sur la retenue en dehors de l'usage de stockage destiné à l'irrigation.

4.5.2.1. Zonage sur la commune de Ducos

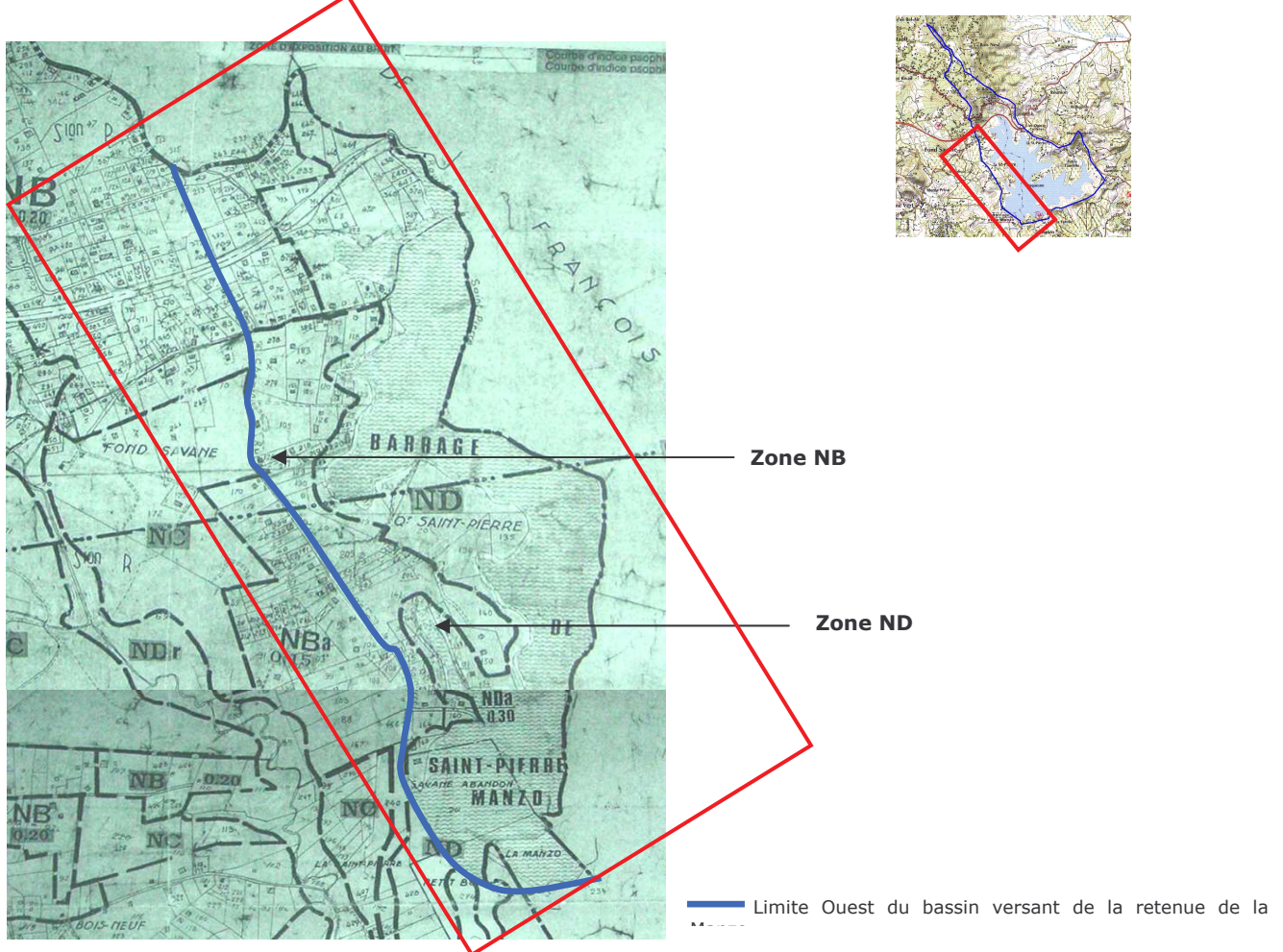
Le POS de la commune de Ducos a été révisé pour la 3^{ème} fois en 1997. De manière générale, la commune évolue vers une diminution de la surface agricole tandis que le nombre de constructions ne cesse de croître. Entre le recensement agricole de 2000 et celui de 1988-89, le nombre d'exploitations agricoles et la surface agricole utilisée ont respectivement diminué de 52 % et de 16 %.

Lors de la mise en eau de la retenue en 1980, les terrains voisins et notamment ceux de La St Pierre, n'étaient pas ou peu construits. Afin de protéger les eaux de tous risques de pollutions domestiques qui pourraient se révéler dangereux notamment pour les cultures irriguées, il avait été convenu de rendre inconstructible les abords immédiats du plan d'eau. C'est ainsi que les POS antérieurs à 1997, prenant en compte ces facteurs, ont classé 1ND les espaces concernés. Pourtant les constructions se sont multipliées. La comparaison des cartes IGN de 1985 et 1996 met en évidence **l'augmentation du nombre d'habitations sur ce secteur pourtant interdit à la construction**. Pour tenir compte de la réalité de l'urbanisation autour du barrage, le POS de 1997 réduit la **zone 1ND à une bande de 30 mètres comptés à partir des berges du barrage**. L'espace ainsi libéré est reclassé en zone NB. Dans cette nouvelle zone, aucun nouveau droit à construire n'est ouvert.

Le secteur classé NB est délimité le long du barrage de la Manzo pour tenir compte de l'urbanisation effective. Cette zone en pleine mutation présente un caractère rural très prononcé, elle peut ainsi recevoir un habitat individuel de faible densité. Ainsi, les possibilités maximales d'occupation du sol sont réduites dans un souci de protection des eaux du barrage de la Manzo.

Le secteur classé ND est une zone naturelle non équipée qu'il est impératif de protéger pour prévenir des risques de pollution sur la retenue. Sur ce secteur, la commune souhaite aménager un point de vue sur le barrage de la Manzo et un équipement de restauration.

Figure 11. Extrait du POS de la commune de Ducos



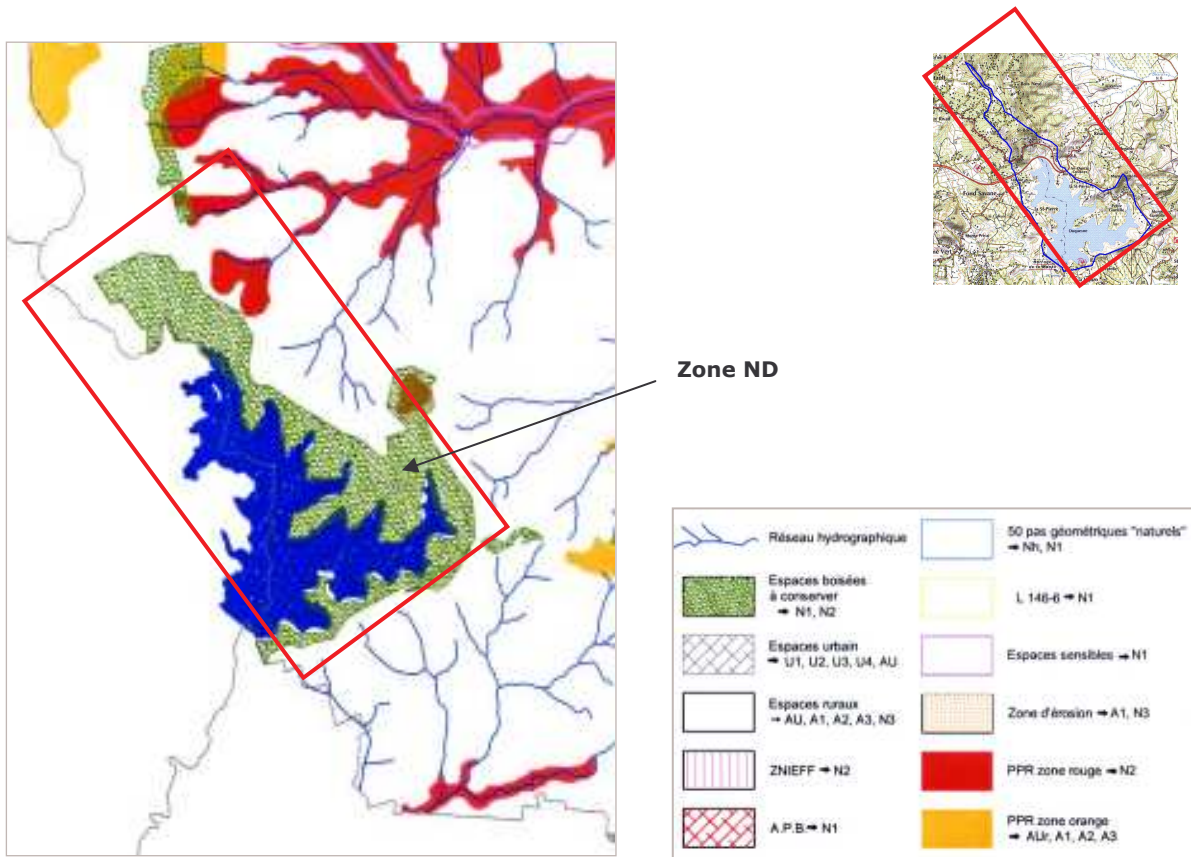
4.5.2.2. Zonage sur la commune du François

Le POS de la commune du François date de 1994. Il est actuellement en cours de révision. L'évolution principale réside dans la prise en compte de la notion et des objectifs de développement durable en assurant une utilisation raisonnée de l'espace, prenant en compte les besoins locaux et les perspectives de développement économique et de préservation des espaces et de protection des milieux. Les éléments exposés ci-après font référence au P.O.S. de 1994.

Les secteurs Sud et Est du bassin versant de la Manzo situés sur la commune du François sont classés sur en zone naturelle ND. Le Code de l'urbanisme stipule que les parties naturelles des plans d'eau inférieurs à 1 000 hectares doivent être protégées sur une largeur de 300 mètres à compter de la rive, aussi la commune a classé ce secteur en zone ND. Ainsi, sur une bande de 300 mètres autour de la retenue de la Manzo, il y a interdiction de construction, installation ou routes nouvelles ainsi que de toute extraction et affouillement. Seuls sont autorisés, sous conditions, les bâtiments d'élevage agricole, les gîtes d'étapes, les structures d'accueil pour la pratique des sports nautiques ou des bâtiments à caractères scientifiques. Sur ces secteurs

subsistent un habitat rural très dispersé et partiellement desservi par les équipements publics. Il est essentiel d'y limiter la densification tout en permettant l'amélioration de l'habitat existant.

Figure 12 : Extrait du POS de la commune du François



Ainsi, le **bassin versant de la retenue de la Manzo est 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. Un état des lieux tenant compte des réalités du territoire apparaît donc indispensable à un diagnostic fiable.

4.5.2.3. Description de l'occupation du sol sur le bassin versant de la retenue de La Manzo

Cette description a pour objectif d'inventorier les sources de pollutions potentielles susceptibles de favoriser l'apparition du phénomène d'eutrophisation. Ainsi, sont décrits ci-après l'utilisation des sols du bassin versant et leur localisation.

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. Pour le reste, les terres se répartissent autour de la retenue et forment de nombreuses avancées telles que La St Pierre et Duquesne.

Les **sols agricoles** présentes un bon potentiel naturel malgré quelques contraintes liées aux fortes pentes. 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.

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 s'organise en micro territoires que l'on peut répartir en quatre types d'occupation du sol :

- 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.

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.

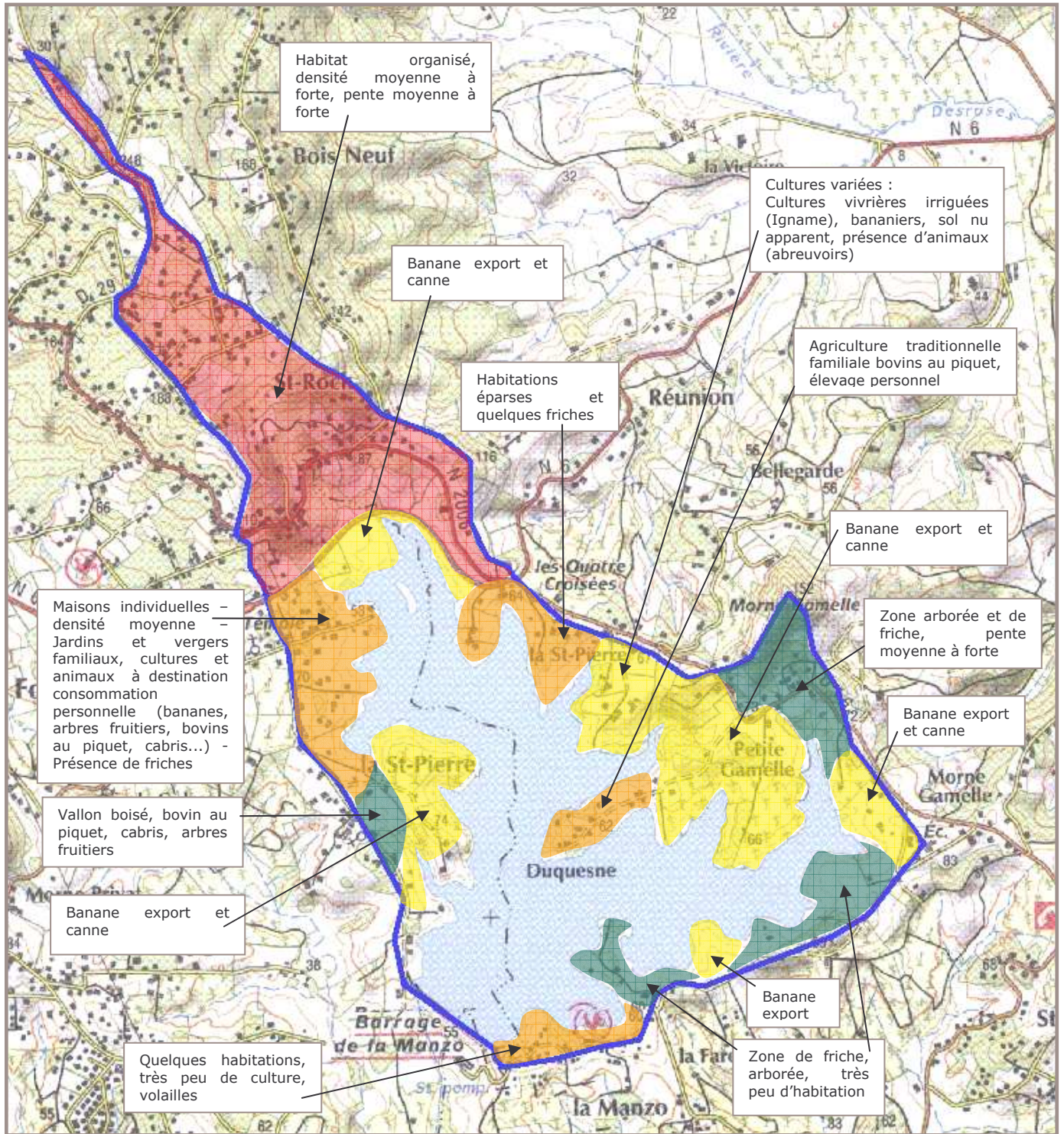
Quelques parcelles de **productions agricoles** telles que la banane export, la canne à sucre ou le maraîchage sont cultivées autour de la retenue : à l'Ouest sur La St Pierre et à proximité, au Nord en bordure de nationale 6, à l'Est sur le secteur de La St Pierre et Petite Gamelle et enfin à proximité 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. Il s'agit maintenant de décrire et de quantifier les apports en nutriments au milieu provenant des activités agricoles et de l'assainissement.

La planche 5 ci-après présente ces différents secteurs.

Planche 5. Description du bassin versant de la retenue de la Manzo



Légende :

- 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 La Manzo

4.6. Les apports du bassin versant à la retenue de La Manzo

Une première évaluation des principales sources exogènes potentielles de composés phosphorés et azotés a été réalisée. Ces sources sont essentiellement constituées par :

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

Il faut noter que cette estimation présente un certain niveau d'incertitude lié aux données disponibles et au niveau de connaissance sommaire des phénomènes de transfert des nutriments sur le bassin versant de La Manzo. De plus, seules les principales sources exogènes de composés phosphorés et azotés ont été envisagées ; d'autres sources potentielles ne sont pas aujourd'hui évaluables, notamment les sources endogènes de nutriments (internes au plan d'eau) telles que le relargage à partir des sédiments, pour lesquelles il n'existe pas de données aujourd'hui.

4.6.1. Estimations des apports de la rivière Lézarde

Les eaux de la station de pompage de la rivière Lézarde sont la principale source d'alimentation en eau de la retenue de Saint-Pierre La Manzo.

Les apports en azote et en phosphore issus du captage 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.

Les estimations des apports entre 2002 et 2004 sont les suivants :

Tableau 8. Apports en azote et en phosphore dans la retenue de La Manzo estimés pour 2002, 2003 et 2004

Année	Volume annuel entrant dans la retenue (m ³ /an)	AZOTE	AZOTE	PHOSPHORE	PHOSPHORE
		Concentration moyenne dans la rivière Lézarde (mg/l)	Apports annuels estimés (kg/an)	Concentration moyenne dans la rivière Lézarde (mg/l)	Apports annuels estimés (kg/an)
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
Moyenne			3 783		40

Les apports annuels en **azote** issus de la rivière Lézarde varient **entre 2,5 et 4,7 tonnes/an**. Les apports en **phosphore** sont estimés **entre 20 et 60 kg/an**. Sur les trois dernières années, la moyenne des apports est estimée à 3,7 tonnes d'azote et 40 kg de phosphore.

4.6.2. Estimations des pollutions potentielles générées par l'activité agricole

La caractérisation des sources de nutriments liées aux activités a été réalisée en trois étapes :

- Une description des activités : leur nature et leur intensité,
- L'identification et la quantification de l'azote et du phosphore produits, éléments « potentiellement polluants » par rapport au phénomène d'eutrophisation,
- L'estimation des apports susceptibles de parvenir au milieu.

L'objectif recherché est de mettre en évidence les liens de causes à effets entre les apports en nutriments issus du bassin versant et les manifestations végétales observées sur la Manzo. L'exploitation de données mensuelles et annuelles de l'azote et du phosphore issues du bassin versant et parvenant à la retenue, permettrait de comparer la répartition dans le temps des apports du bassin versant et des manifestations végétales. Ces données précises ne seraient néanmoins pas suffisantes tant le phénomène est complexe. En effet, le phénomène de relargage de l'azote et du phosphore contenus dans les sédiments joue un rôle important dans la mise à disposition des nutriments dans la retenue de la Manzo. Ainsi, les apports du bassin versant n'étant pas les uniques sources de nutriments, la détermination précise de l'influence de ces apports sur le phénomène d'eutrophisation nécessiterait une expérimentation complexe, longue et précise.

Considérant les données disponibles et la complexité du phénomène, l'objectif de caractériser les sources de pollutions potentielles se traduit ci-après par une estimation des quantités d'azote et de phosphore moyennes annuelles issues du bassin versant et parvenant à la retenue de la Manzo.

4.6.2.1. Description de l'agriculture traditionnelle familiale

La description et l'identification de l'agriculture traditionnelle est complexe pour plusieurs raisons : ces cultures sont souvent cachées car situées dans des propriétés privées, elles sont très morcelées et réparties sur de très faibles superficies. Les pratiques individuelles sont très différentes d'un propriétaire à l'autre notamment en terme de densité de semis ou de plantations ou de fertilisation. Ainsi, il apparaît difficile voire impossible de décrire et quantifier les pollutions potentielles générées par ce type d'activité. Une enquête auprès de chaque propriétaire apparaît comme un des moyens de parvenir à quantifier ces éléments. Les chercheurs du Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement avancent que les apports sur bananiers familiaux sont négligeables par rapport à une éventuelle pollution tandis que les avis sont partagés sur les pratiques individuelles sur les cultures de maraîchage.

La présence d'animaux à des fins d'autoconsommation, ne peut être considérée comme source de pollution tant cette pratique est ponctuelle et de type très extensif.

4.6.2.2. Description de l'agriculture de production

Deux cartes ont été réalisées afin de décrire la sole agricole déclarée. La première présente la sole en 2002 et la seconde en 2003 (cf., Planches 6 et 7). Le tableau 9 présente les superficies des différentes soles agricoles déclarées en 2002 et 2003 sur le bassin versant.

Planche 6. Sole agricole déclarée en 2002

Cf. fichier joint

Planche 7. Sole agricole déclarée en 2003

Cf. fichier joint

Tableau 9. Superficies 2002 et 2003 des soles agricoles déclarées sur le bassin versant de la retenue de La Manzo (Source : CNASEA)

Sole agricole déclarée	Superficie déclarée en 2002 (ha)	Superficie déclarée en 2003 (ha)	Evolution de la superficie déclarée entre 2003 et 2002
Banane export ou Parcelle plantée en banane export au cours de l'année	7,4	5,9	-1,5
Canne à sucre	2,3	4,5	2,2
Savane parcours, prairies plantées, Surfaces fourragères (alimentation du bétail)	1,0	2,3	1,3
Maraîchage plein champ et Melon, pastèque	0,7	0,9	0,2
Bâtiment d'élevage : ovins		0,8	0,8
Horticulture, plantes ornementales sous abris		0,4	0,4
Parcelles non cultivées (friches, ou labours)	0,4		-0,4
Total	11,4	14,8	3,4

L'agriculture de production représente une superficie assez faible sur le bassin versant. En 2002, la surface déclarée représentait 11,4 hectares contre 14,8 en 2003. Ces surfaces représentent respectivement 14% et près de 18% de la surface totale émergée du bassin versant. La banane export est la culture prépondérante avec 6,6 hectares cultivés en moyenne sur 2002 et 2003. Elle est suivie de la culture de canne produite sur une superficie moyenne de 3,4 hectares entre 2002 et 2003. Les surfaces fourragères sont quant à elles présentes sur 1,6 hectares. Enfin, sur moins de 1 hectare chacun, sont présents, des bâtiments d'élevage ovins en 2003, de l'horticulture et des parcelles non cultivées.

En terme **d'évolution entre 2002 et 2003**, la sole agricole déclarée a augmenté de 3,4 ha. Cette évolution peut s'expliquer soit par un réel accroissement de l'activité agricole sur le secteur soit par une augmentation des déclarations. L'étude des surfaces non déclarées en 2002 et 2003 permettrait peut être d'apporter des éléments de réponse. Concernant l'évolution des cultures, la comparaison entre 2002 et 2003 reste parfois difficile du fait de la différence dans les typologies des soles différentes sur ces deux années. On peut néanmoins affirmer que la culture de banane a régressé de 1,5 hectare tandis que la culture de canne a progressé de 2,2 hectares. Cette évolution apparaît comme la conséquence de deux phénomènes conjugués : la rotation des cultures de banane en canne sur le secteur de la Petite Gamelle et la déclaration de nouvelle parcelle entre 2002 et 2003 sur les secteurs Est de La St Pierre et au Sud en face de La Farelle. Les surfaces fourragères ont progressé notamment par la déclaration de surfaces sur la zone Est de La St Pierre.

Concernant les **productions animales**, aucune installation classée pour la protection de l'environnement n'est présente sur le bassin versant. Le diagnostic terrain n'a révélé aucune production animale intensive. La sole agricole 2003 révèle un bâtiment d'élevage ovin, celui-ci n'est pas classé au titre des ICPE.

Au vu de la description de l'activité agricole, la pollution potentielle semble très faible étant donnée les faibles surfaces de productions végétales et la présence très réduite d'animaux.

4.6.2.3. Estimation des apports en azote et phosphore d'origine agricole

L'estimation de la **quantité d'azote et de phosphore générée par l'activité agricole** sera centrée sur les productions de banane et de canne pour plusieurs raisons. Ce sont les cultures majoritaires en terme de superficie, les autres productions étant très réduites. De plus, l'estimation des quantités d'azote et de phosphore sur les cultures de maraîchage et horticole ne peut se faire avec les seuls éléments disponibles actuellement. En effet, les pratiques en terme de maraîchage et d'horticulture sont très variables et les données encore peu nombreuses sur ces cultures. Une enquête auprès des exploitants permettrait, s'ils

acceptent de communiquer leurs pratiques de fertilisation, d'estimer l'apport induit par ces cultures. Les productions animales semblent aussi très réduites.

Des compléments pourront être réalisés ultérieurement notamment si de nouveaux éléments sur l'activité agricole du secteur sont apportés par les organisations professionnelles agricoles.

Méthode de calcul :

L'estimation de la pollution potentielle en azote et phosphore est basée sur le calcul suivant :

$$\begin{aligned} & \text{Estimation des apports issus de l'agriculture au milieu (kg/an)} \\ & = \\ & \text{Fertilisation minérale (kg/ha/an) x Surface cultivée (ha) x Taux de transfert} \end{aligned}$$

Sources de données :

Disposant des surfaces cultivées des années 2002 et 2003, nous avons réalisé les calculs d'apports sur ces deux années et avons retenu les maximum et minimum relevés sur ces deux années.

N'ayant pas une connaissance précise des **pratiques de fertilisation** sur le secteur, une **moyenne des pratiques en Martinique** a été utilisée.

La dose moyenne multipliée par la surface permet ainsi d'obtenir les **apports totaux appliqués sur les parcelles**. La majorité de ces apports est utilisée par la culture pour sa croissance (export). La part restante est principalement transportée par ruissellement et infiltration dans les eaux superficielles et souterraines, et correspond aux apports totaux auxquels on applique un **taux de transfert**.

Il est très complexe de définir ce taux de transfert dépendant de nombreux facteurs tels que la topographie, la pédologie, la géologie, les précipitations, les pratiques agricoles...

Le **taux de transfert** a été défini par expérimentation sur certaines cultures et dans des contextes spécifiques. Ainsi, il a été défini en moyenne entre 5 à 10 % sur les cultures de banane tandis que sur la canne aucune donnée de ce type n'existe à ce jour sur la Martinique. Par conséquent, le calcul des apports en azote et phosphore parvenant au bassin versant sera uniquement basé sur la part des cultures en banane.

Les données relatives aux moyennes de fertilisation et l'estimation du taux de transfert au milieu ont été transmises par les experts du CIRAD et du CTCS.

Résultats :

Les tableaux ci-après présentent les données chiffrées et les résultats des calculs :

Tableau 10. Estimation des apports en azote et phosphore issus des cultures selon la sole 2002 et 2003

Type de culture	Fertilisation moyenne (kg/ha/an)		Surface moyenne cultivée (ha) en 2002	Apports totaux (kg/an)		Taux de transfert au milieu		Estimation de la quantité apportée au milieu (kg)			
	N	P		azote	phosphore	min	max	azote		phosphore	
								min	max	min	max
Banane	400	133	7,4	2 960	984	5%	10%	148	296	49	98
Canne à sucre	800	400	2,3	1 840	920						
Totaux 2002				4 800	1 904						
Banane	400	133	5,9	2 640	878	5%	10%	132	264	43	87
Canne à sucre	800	400	4,5	2 720	1 360						
Totaux 2003				5 360	2 238						

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.

4.6.3. Estimations des pollutions potentielles générées par l'assainissement

4.6.3.1. Description du type d'assainissement

Sur le bassin versant de la Manzo, la totalité de l'assainissement est de type autonome. Aucun projet de raccordement à une station existante, d'intégration à une station en projet de construction ou de création de micro-stations n'est actuellement planifié à court moyen ou long terme sur les communes de Ducos ou du François.

La réglementation en matière d'assainissement autonome, est régie par l'arrêté du 6 mai 1996 qui fixe les prescriptions techniques applicables aux systèmes d'assainissement non collectifs. Pour être conforme aux normes, un système d'assainissement autonome doit comprendre un prétraitement et un dispositif d'épuration par le sol.

Une enquête³ sur l'assainissement autonome a été effectuée par les services techniques de la Ville du François de façon à connaître l'état global des dispositifs d'assainissement sur cette commune. Sur les 109 foyers enquêtés, 8 sont situés sur le périmètre de la Manzo. Les résultats sur le quartier de la Manzo sont les suivants :

- tous séparent les eaux vannes des eaux ménagères en les dirigeant vers des fosses septiques,
- aucun foyer n'est équipé de fosses-toutes-eaux qui récoltent toutes les eaux usées et qui sont désormais les fosses exigées par la réglementation,
- aucun foyer interrogé ne dispose de tranchées filtrantes assurant réellement une épuration des effluents dans le respect des normes imposées⁴,
- pour la quasi totalité des foyers, il n'y a jamais eu de vidange réalisée,
- la totalité des eaux usées et pluviales sont évacuées directement dans le sol, les fossés ou les caniveaux.

Tableau 11. Extrait du tableau des enquêtes sur l'assainissement autonome issue du zonage d'assainissement de la commune du François – juillet 2001

Quartier		Manzo
Nombre d'enquête		8
Type de dispositif	Fosse septique eaux vannes	8
Vidange	Fréquence plus de 5 ans	1
	Jamais	7
Destination eaux usées	Sol	5
	Fossé ou caniveau	3
Destination des eaux pluviales	Caniveau	2
	Sur le terrain	6

Compte tenu de l'ancienneté de certains logements et au vu de cette enquête et des informations transmises par les services assainissement, il apparaît que l'assainissement autonome sur le bassin de la Manzo ne répond pas aux normes en vigueur. Les traitements peuvent être considérés comme peu efficaces et donc polluants pour le milieu.

³ : Enquête réalisée dans le cadre du Zonage d'Assainissement (Rapport d'étude – Juillet 2001 – SAFEGE Ingénieur Conseils, Agence Caraïbe)

⁴ : Arrêté du 6 mai 1996

Ces hypothèses pourraient être vérifiées par une enquête auprès des habitants du bassin versant.

Remarque : A court-terme, le SICSM (Syndicat Intercommunale du Centre et du Sud de la Martinique) a trois projets d'assainissements collectifs (Marin ; Robert ; Ducos, St Esprit et Rivière Salée). Certains sont situés à proximité de la retenue de la Manzo et sont en cours de définition quant à la localisation des rejets et aux types de traitements. Des hypothèses de rejet dans la retenue de la Manzo semblent être évoquées et en cours d'étude.

4.6.3.2. Estimation du nombre de résidences

Deux sources d'informations ont été utilisées afin d'estimer le nombre de résidences sur le bassin versant de la Manzo :

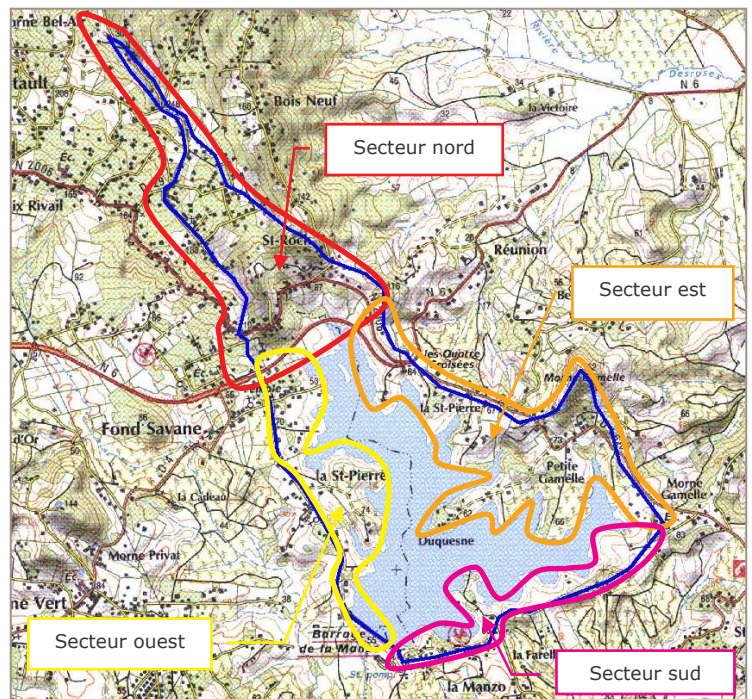
- sur la commune du François, les données SIG du Conseil Général de 2001 ont pu être exploitées. Nous avons extrait les éléments bâtis inclus dans le périmètre d'étude et portant la dénomination « bâtiment quelconque » et « construction légère ».
- sur la commune de Ducos, nous avons extrait à partir de la carte SIG de 1996, les éléments bâtis présents sur le bassin versant de la Manzo.

Le nombre de résidences sur le bassin versant est estimé à 397 dont 325 situés sur la commune du François et 72 sur la commune de Ducos. Ces habitats sont répartis de manière inégale sur le bassin versant : sur la partie nord, on dénombre près de 205 résidences, à l'est près de 101 habitations, au sud 33 et à l'ouest, 58.

Tableau 12. Estimation du nombre résidences par secteur

Secteur du bassin versant	Estimation du nombre de résidences	% sur le bassin versant
Nord	205	51 %
Est	101	26 %
Sud	33	8 %
Ouest	58	15 %
Total	397	100 %

Source : Carte IGN



4.6.3.3. Estimation des apports en azote et phosphore issu de l'assainissement

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.

Méthode de calcul :

L'estimation de la quantité d'azote et de phosphore rejoignant les eaux est la suivante :

$$\begin{array}{c} \text{Estimation des apports issus de l'assainissement au milieu (kg/an)} \\ = \\ \text{Nombre de résidence} \times \text{Nombre moyen de personne par résidence} \times \text{production moyenne par personne} \\ \text{(kg/an)} \times \text{taux de transfert} \end{array}$$

Sources de données :

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%.

Résultats :

Le tableau ci-après présente les données chiffrées et les résultats de l'estimation.

Tableau 13. Estimation des quantités d'azote et de phosphore issues de l'assainissement

Nature de l'apport	Nombre de résidence	Nombre de personnes par habitation	Quantité produite par jour (g)	Quantité produite par an (kg)	Taux de transfert au milieu		Estimation de la quantité apportée au milieu (kg)	
					min	max	min	max
Azote	397	3	15	6 431	50%	90%	3 215	5 788
Phosphore	397	3	4	1 715	50%	90%	857	1 543

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.**

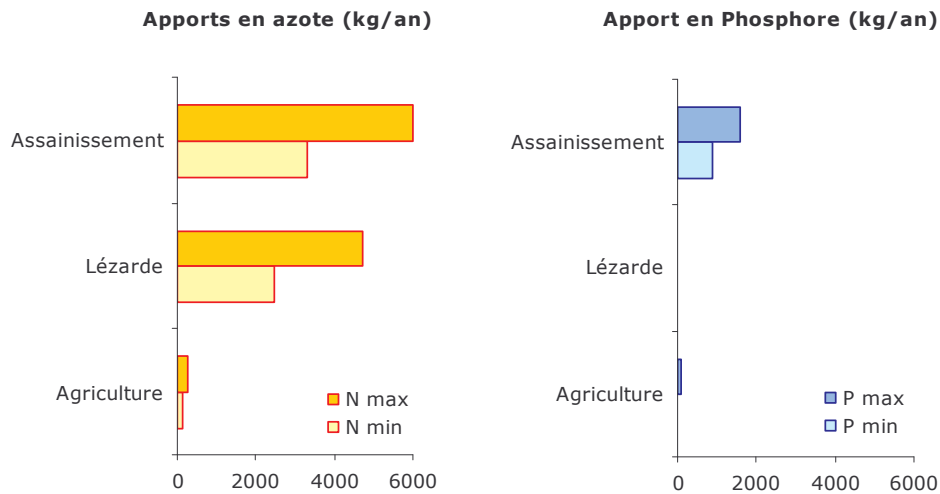
Ces chiffres sont des approximations à utiliser avec toutes les précautions qui s'imposent. Pour rappel, nous avons fait un certain nombre d'hypothèses pour parvenir à ces estimations, hypothèses qu'il convient de préciser en cas d'utilisation des résultats. Certaines données pourraient être affinées simplement, telles que le nombre de résidence à l'aide d'orthophotos récentes, d'autres données nécessiteraient un travail approfondi pour être précisées. Par exemple, un travail d'enquête auprès des habitants serait indispensable pour préciser leurs équipements pour le traitement des eaux usées.

4.6.4. Synthèse des apports en nutriments vers la retenue

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.

Les volumes d'eau provenant de la rivière Lézarde qui ont été pris en compte dans nos calculs sont ceux des années 2002 à 2004.

Figure 13. Apports annuels externes en azote et en phosphore estimés entre 2002 et 2004 pour les principales sources exogènes identifiées sur le bassin versant de La Manzo



La charge externe en azote estimée entre 2002 et 2004 est de 6 à 11 tonnes/an. L'apport en phosphore annuel varie entre 1 et 1,7 tonnes.

A titre indicatif, dans le cadre du contrôle du phénomène d'eutrophisation dans un lac de barrage algérien⁵ de 14,6 millions de m³, 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.

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. De plus, la charge externe ne constitue en aucun cas un bilan du stock de nutriments effectivement présent dans le réservoir. Un tel bilan doit considérer à la fois la charge externe, interne, les exportations, la sédimentation, le renouvellement des eaux, etc.. A partir de ces données, des modèles prédictifs peuvent éventuellement être mis en œuvre pour estimer une concentration en nutriments en fonction de la charge externe.

⁵ Diagnostic et contrôle du phénomène d'eutrophisation du barrage de Keddara - Algérie. Samir Boucheraï.

5. Diagnose du plan d'eau de la retenue de La Manzo

Le plan d'eau de La Manzo est un milieu aquatique de type « retenue » ou « réservoir ». Un réservoir se différencie généralement d'un « lac » pour plusieurs variables, notamment :

- Les profondeurs moyennes et maximales sont généralement plus élevées dans les réservoirs,
- L'apport en eau par unité de surface est plus grand,
- Le temps de séjour des eaux est plus court,
- L'apport de nutriments par unité de surface est généralement plus élevé,
- Du fait d'un temps de séjour plus court et d'une profondeur moyenne plus importante, les teneurs en phosphore et en chlorophylle sont généralement plus faibles.

5.1. Qualités des eaux de La Manzo

5.1.1. *Qualité physico-chimique des eaux provenant de la rivière Lézarde*

Dans le cadre du contrôle réglementaire sanitaire, la DSDS réalise régulièrement des analyses physico-chimiques sur les eaux du captage de la rivière Lézarde, au niveau du dessableur situé à l'aval immédiat du captage. 6 contrôles d'eau brute sont effectués chaque année. Les paragraphes suivants présentent les données relevées entre les années 1993 et 2004 sur ce point.

5.1.1.1. **Qualité des eaux brutes pour l'usage eau potable (Décret du 20 décembre 2001 ; référentiel SEQ-Eau version 2)**

Les **analyses de la DSDS** pour la période 1993 à 2004 (cf., Tableau 14) mettent en évidence une eau brute globalement de bonne qualité pour des eaux brutes destinées à un usage d'eau potable (conformément au Décret du 20 décembre 2001).

Les eaux se caractérisent par de faibles concentrations en éléments minéraux. Au regard du référentiel SEQ-Eau (système d'évaluation de la qualité des eaux employé au niveau national), pour l'aptitude à l'usage eau potable, ces eaux paraissent altérées par une forte charge en matières organiques et oxydables. Ce caractère est observé dans plusieurs secteurs naturels des rivières de la Martinique ; il ne peut donc être considéré ici comme un élément déclassant la qualité des eaux.

Il est à noter une forte variabilité des matières en suspension liée aux conditions hydrologiques, ainsi que la présence occasionnelle de micro-organismes.

Les analyses de **pesticides** réalisées au cours de la même période n'ont pas mis en évidence de contamination par les pesticides organochlorés Chlordécone, molécule particulièrement rémanente qui fait l'objet d'une attention particulière depuis plusieurs années. Les molécules de pesticides identifiées entre 1993 et 2004 (cf., Tableau 15), ont été rarement détectées et à des seuils bien inférieurs à la norme admissible (< 0,1 µg/l), aussi bien en moyenne qu'en valeur maximale. La rivière Lézarde ne présente donc pas de contamination significative par les produits phytosanitaires.

Tableau 15. Pesticides détectés à la prise d'eau de la Lézarde entre 1993 et 2004 (DSDS). Nombre de résultats supérieurs à la limite admissible (> 0,1 µg/l)

Famille de paramètres	Paramètres	Nombre de mesures	Nombre de détections	Années de détection	Valeurs	Nombre de résultats >0,1µg/l
ORGANOCHLORES	Aldrine	80	1	1998	0.002	0
	DDD-2,4'	62	1	1998	0.005	0
	DDT-4,4'	62	1	1996	0.003	0
	HCH alpha	62	1	1998	0.002	0
	HCH gamma (lindane)	61	3	1996,1998	0.002-0.001	0
	Heptachlore	61	2	1996,1998	0.001-0.005	0
	Heptachlore époxyde	61	1	1998	0.002	0
ORGANOPHOSPHORES	Deméton	38	1	1998	0.05	0
UREES SUBSTITUEES	Diuron	55	3	2001,2002	0.03	0
TRIAZINES	Simazine	80	1	2002	0.04	0
DIVERS	Chlorothalonil	53	2	1997	0.001-0.003	0

Tableau 14. Résultats d'analyses des eaux de la rivière Lézarde (prise d'eau) (DSDS). Période 1993-2004

Paramètres	Unités	Moyenne	Ecart-type	Min.	Max.	Valeur impérative Décret 2001 ^a	Valeurs limites de « Bonne » aptitude du SEQ-Eau ^b
Matières organiques et oxydables							
DBO5	mg/l O2	1.96	2.82	0	10		3
DCO	mg/l O2	10.49	11.86	0	43		6
Oyd. KMnO4	mg/l O2	1.68	1.33	0.20	7.2	10 mg/l (O2)	
NH4	mg/l NH4	0.03	0.12	0.00	0.7	4 mg/l (NH4)	0.5
NTK	mg/l N	1.47	3.10	0.00	25.2		1
Azote, Phosphore							
NO3	mg/l NO3	0.69	0.84	0.00	7.2	50 mg/l (NO3)	50
NO2	mg/l NO2	0.00	0.01	0.00	0.1		
Phosphore total	mg/l P2O5	0.025	0.069	0.00	0.4		
Particules en suspension							
MES	mg/l	15.21	14.91	0.00	61.0		50
Turbidité	NTU	4.46	7.73	0.55	56.0		35
Acidification							
pH	unité pH	7.41	0.32	6.60	8.4		6.5-9
Minéralisation							
Conductivité	µS/cm	68.71	9.19	50.00	87.0		180-2 500
Chlorures	mg/l	8.17	1.56	4	13.2	200 mg/l (Cl)	200
Sulfates	mg/l	2.47	0.67	0	4.5	250 mg/l (SO4)	250
Calcium**	mg/l	5.8	6.15	2.5	56.1		32-160
Magnésium	mg/l	2.1	0.7	1	5.71		75
Sodium	mg/l	7.5	1.51	0.8	12.1	200 mg/l (Na)	200
TAC	(d°F)	2.5	0.91	1.2	6		8-40
Micro-organismes							
Coliformes totaux	u/100 ml	4 408	6 589	0	24 000		500
Escherichia Coli	n/100 ml	2 261.7	2 917.83	0	11 636	< 20 000 n/100 ml	200
Entérocoques	n/100 ml	513.2	900.93	0	5 712	< 10 000 n/100 ml	200
Micropolluants minéraux sur eau brute							
Antimoine	µg/l	0	0	0	0		5
Arsenic	µg/l	0.46	1.92	0	9.3	100 µg/l (As)	10
Baryum	mg/l	0.003	0.01	0	0.04	1 mg/l (Ba)	0.7
Bore	µg/l	35.6	25.2	0	150		1 000
Cadmium	µg/l	0.03	0.16	0	1	5 µg/l (Cd)	5
Chrome total	µg/l	0	0	0	0	50 µg/l (Cr)	50
Cuivre	µg/l	0	0	0	0		50
Cyanures libres	µg/l	0	0	0	0	50 µg/l (CN)	50
Mercure	µg/l	0.006	0.03	0	0.2	1 µg/l (Hg)	1
Nickel	µg/l	0	0	0	0		20
Plomb	µg/l	0.66	2.8	0	16	50 µg/l (Pb)	
Sélénium	µg/l	0.38	3.28	0	28	10 µg/l (Se)	
Zinc	µg/l	2	10	0	60	5 000 µg/l (Zn)	
Fer	µg/l	194.86	236.81	0.00	1244.0	200 µg/l ^{aa}	
Manganèse	µg/l	10.00	17.29	0.00	89.0	50 µg/l ^{aa}	

a : Limites de qualité des eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine, fixées pour l'application de la procédure prévue aux articles 5 et 7 (3o) du décret no 2001-1220 du 20 décembre 2001.

aa : Références de qualité des eaux destinées à la production d'eau destinée à la consommation humaine (Décret no 2001-1220 du 20 décembre 2001. Limites indicatives pour les paramètres non pris en compte dans « a ». Valeurs guides OMS : Fer = 300 µg/l ; Manganèse = 100 µg/l.

b : Limites de qualité des eaux pour une aptitude à l'usage eau potable, fixées à partir du système de classification SEQ-Eau version 2.

** : Le traitement adapté à des concentrations en calcium inférieures à 32 mg/l est une reminéralisation.

5.1.1.2. Qualité des eaux brutes pour l'usage Irrigation (référentiel SEQ-Eau version 2)

Si l'on se réfère au référentiel de qualité SEQ-Eau pour l'usage Irrigation, les eaux de la rivière Lézarde possèdent une aptitude pour l'irrigation pour la plupart des paramètres (cf., Tableau 16), à l'exception des micro-organismes. En effet, les analyses montrent fréquemment de fortes concentrations en bactéries dans le milieu, au-delà des seuils préconisés pour une « Bonne » qualité d'eau destinée à l'irrigation.

Tableau 16. Résultats d'analyses des eaux de la rivière Lézarde (prise d'eau) (DSDS) – Aptitude à l'usage Irrigation. Référentiel SEQ-Eau. Période 1993-2004

Paramètres	Unités	Moyenne	Ecart-type	MIN	MAX	Valeurs limites de Bonne aptitude du SEQ-Eau	Nombre de détections/nbre total de mesures
Résidu sec 105°C	mg/l	63.3	15.56	0	119	1 500	72/72
Chlorures	mg/l	8.17	1.56	4	13.2	360	73/73
Coliformes thermotolérants*	u/100 ml	2 500	4 246	0	21 000	100	43/45
Coliformes totaux	u/100 ml	4 408	6 589	0	24 000	1 000	18/28
Arsenic	µg/l	0.46	1.92	0	9.3	100	1/73
Cadmium	µg/l	0.03	0.16	0	1	10	2/73
Chrome total	µg/l	0	0	0	0	100	0/73
Nickel	µg/l	0	0	0	0	200	0/8
Plomb	µg/l	0.66	2.8	0	16	200	4/73
Sélénium	µg/l	0.38	3.28	0	28	20	1/73
Cuivre	µg/l	0	0	0	0	200	0/73
Zinc	µg/l	2	10	0	60	5 000	3/73

* analyses 1993-1999

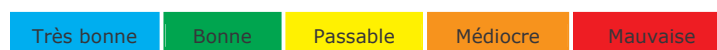
5.1.1.3. Qualité hydrobiologique des eaux brutes (référentiel SEQ-Eau et SEQ-Bio)

Les analyses physico-chimiques réalisées par la DIREN dans le cadre du suivi hydrobiologique des milieux naturels montrent que les eaux de la rivière Lézarde (station Lézarde 2) possèdent globalement de bonnes potentialités pour l'installation des organismes aquatiques et différents usages.

Tableau 17. Qualité physico-chimique des eaux de la rivière Lézarde (station Lézarde 2). Classes de qualité SEQ-Eau

Paramètres	1999	2000	2001	2002	2003
Matières organiques	Très bonne	Mauvaise	Passable	Passable	Passable
Azote	Très bonne	Passable	Bonne	Médiocre	Bonne
Nitrates	Très bonne	Bonne	Bonne	Bonne	Bonne
Orthophosphates	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Médiocre	Bonne
Matières en suspension	Bonne	Bonne	Bonne	Médiocre	Passable
Bilan	Très bonne	Passable	Passable	Passable	Passable

Classes de qualité :



Les eaux sont naturellement peu minéralisées (conductivité moyenne < 100 µS/cm). Elles présentent une bonne qualité au regard des paramètres azotés et phosphorés (faibles concentrations). Selon la grille de qualité des eaux nationale (SEQ-Eau), les matières organiques seraient théoriquement un paramètre déclassant la qualité des eaux de la station. Localement, les rivières sont naturellement riches en éléments organiques ; ce paramètre ne doit donc pas être considéré comme altérant la qualité des eaux. Par conséquent, le bilan de la qualité globale peut être considéré comme « Bon » et non « Passable ».

Au regard des résultats des indicateurs biologiques de qualité des eaux (faune des macroinvertébrés), uniquement disponibles pour les années 1994 à 1999, le milieu est de bonne qualité hydrobiologique. Ce résultat n'est donné qu'à titre indicatif ; basé sur les grilles nationales de qualité de milieu tempéré (SEQ-Bio), les indicateurs utilisés ne sont pas encore adaptés en milieu tropical.

Tableau 18. Qualité hydrobiologique des eaux de la rivière Lézarde (station amont). Classes de qualité SEQ-Bio

Station	Rivière	Car 94	Hiv 94	Car 96	Hiv 96	Car 99	Hiv 99
Lézarde 2	Lézarde	16	18	12	18	20	20

20

Classe de qualité et note de qualité /20

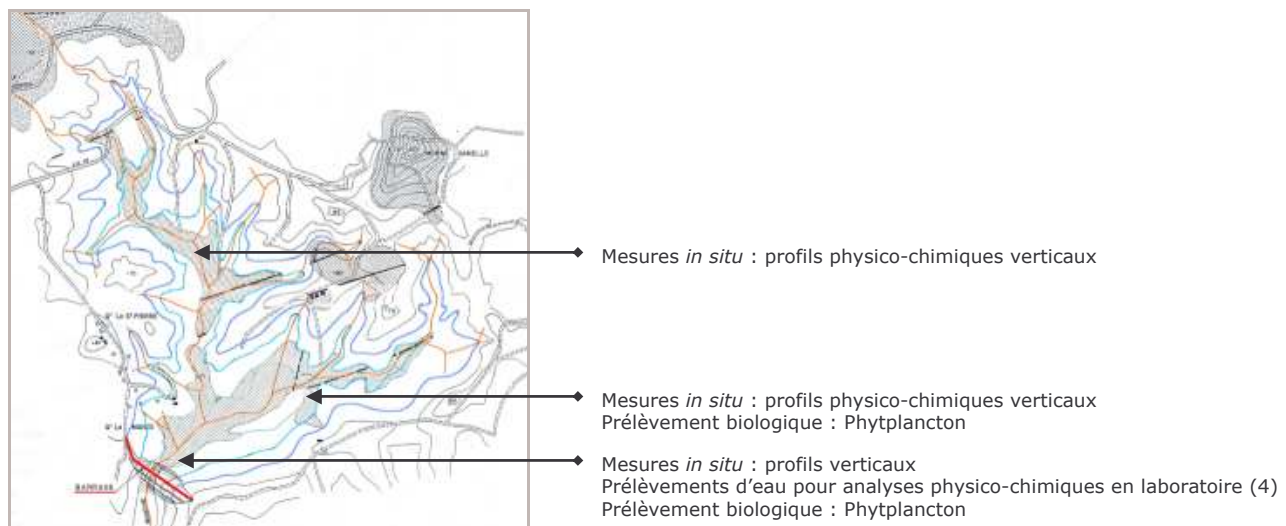
5.1.2. Qualité physico-chimique des eaux de la retenue

5.1.2.1. Origine des données

Le BGPISE réalise chaque année des analyses physico-chimiques (type C3) sur les eaux de la retenue de La Manzo, à proximité de la prise d'eau, en surface et au fond du plan d'eau.

Dans le cadre de la présente étude, des prélèvements d'eau ont été réalisés dans la retenue et transmis au BGPISE pour analyses. Une analyse de type C3 et de paramètres supplémentaires indicateurs du statut trophique du plan d'eau a été demandée au laboratoire départemental (LDA). Les échantillons ont été prélevés à quatre niveaux de profondeur dans la colonne d'eau proche du barrage : en surface, à la limite inférieure de la zone euphotique identifiée par la disparition du disque de Secchi, entre la zone euphotique et le fond, et au fond. *In situ*, des profils verticaux de température, de pH, d'oxygène dissous et de conductivité ont également été effectués en trois points de la retenue afin de vérifier l'homogénéité du plan d'eau.

Figure 14. Plan de mesures et d'échantillonnages réalisés en avril 2005



Les résultats bruts des analyses menées entre 1981 et 2005 sont présentés dans le tableau 19.

5.1.2.2. Analyse des données de suivi. 1981-2005

Les résultats des analyses font apparaître des différences nettes entre les conditions physico-chimiques en surface et au fond de la retenue, dans le sens d'une dégradation de la qualité de l'eau.

La présence d'**ammonium** indique la présence de conditions réductrices au fond de la retenue à différentes périodes de l'année. Les concentrations relevées traduisent une altération de la qualité des eaux.

La présence de conditions anoxiques s'observe à plusieurs périodes de l'année. Les profils verticaux réalisés en 2005 (cf., Figure 15) confirment la chute des **concentrations en oxygène** au fond du réservoir. 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, sursaturées. Au-delà, on note une chute très significative des concentrations, particulièrement nette entre 6 et 8 m où elles atteignent des valeurs minimales de l'ordre de 2 mg/l (25-30 % de saturation).

On distingue ainsi nettement trois couches d'eau distinctes. Cette stratification, bien que moins bien individualisée, est observée pour la température. On différenciera ainsi :

- Une couche superficielle ou épilimnion, jusqu'à 4-5 m : présentant les températures les plus élevées et une sursaturation en oxygène dissous,
- Une couche intermédiaire ou métalimnion, entre 5 et 8 m : où les températures et les concentrations en oxygène diminuent significativement,
- Une couche profonde, au-delà de 8 m de profondeur : où les valeurs de température et d'oxygène sont les plus faibles.

L'absence de mesures régulières de température et d'oxygène ne permet pas de vérifier la durée de la stratification des eaux.

La **minéralisation** (cf., Figure 15 – Conductivité) dans la colonne d'eau augmente en profondeur, en relation avec l'accumulation des éléments de dégradation qui sédimentent au fond. Les équilibres entre les différentes formes chimiques sont influencés par les conditions d'oxygénation (exemple de l'azote pré-cité) mais aussi par les niveaux d'acidité des eaux. Le pH montre une tendance acide vers le fond ; en surface, le phénomène de photosynthèse entraîne un accroissement des valeurs vers des valeurs basiques. De fait, les formes telles que celles du carbone qui prédominent dans les eaux à tendance acide sont les ions hydrogénocarbonates.

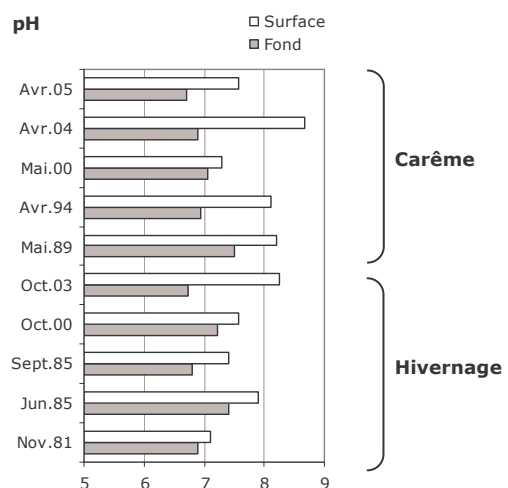
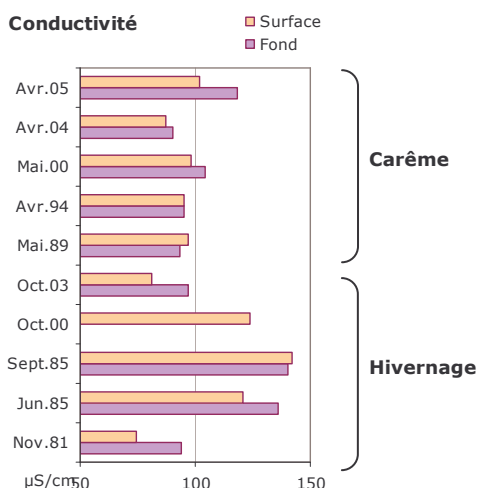
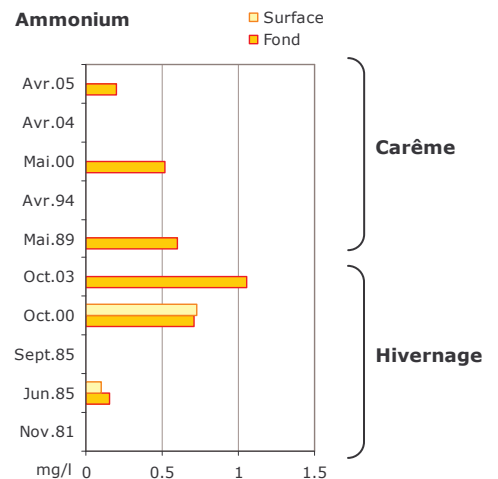


Tableau 19. Résultats des analyses physico-chimiques réalisées entre 1981 et 2005 sur les eaux de surface et de fond de la retenue. Référentiel qualité SEQ-Plan d'Eau, version provisoire 2003

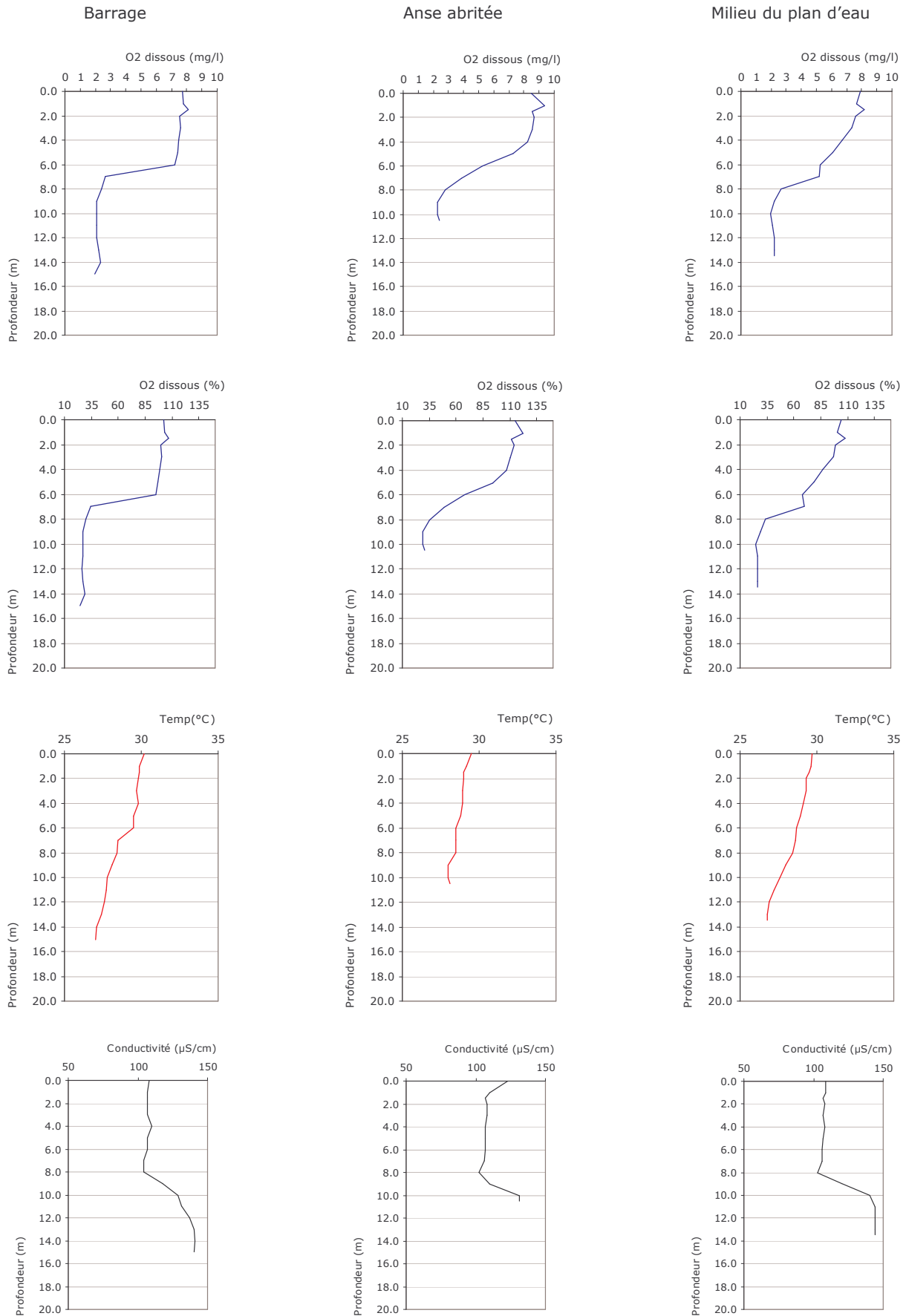
Cf. fichier joint

SEQ PEau Bio : Limites de qualité des eaux pour un « Bonnes » potentialités biologiques, fixées à partir du système de classification SEQ-Plan d'Eau version provisoire 2003. **Référentiel à utiliser uniquement pour les données de surface.**

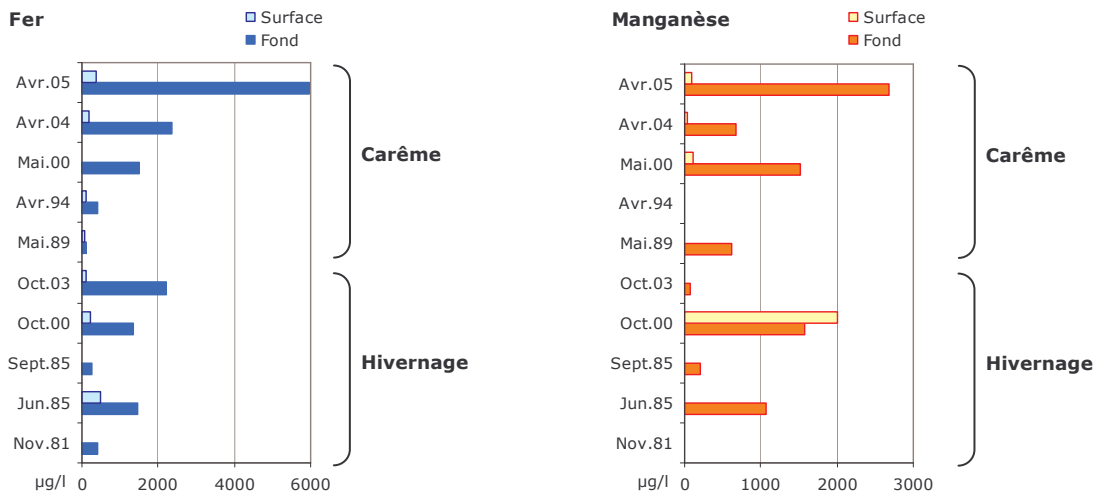
SEQ PEau Irr : Limites de qualité des eaux pour une « Bonne » aptitude à l'usage irrigation, fixées à partir du système de classification SEQ-Plan d'Eau version provisoire 2003. **Référentiel à utiliser pour les données de surface et de fond.**

Données source : BGIPISE : Fiches laboratoire d'analyses réalisées dans le cadre de la surveillance des eaux entre 1981 et 2004
ASCONIT Consultants/BGIPISE : Fiches laboratoire d'analyses réalisées dans le cadre de la présente étude. Prélèvements le 19 avril 2005

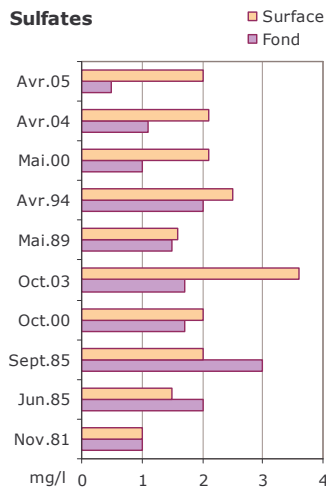
Figure 15. Profils d'oxygène dissous, de température et de conductivité établis en avril 2005 sur trois points de la retenue de La Manzo



De même, on note une très forte quantité de Fer et de Manganèse au fond du plan d'eau, quelle que soit la période de l'année, en relation avec les conditions anaérobies et l'acidification des eaux. Les valeurs obtenues en avril 2005 dans les eaux du fond de la retenue sont les plus importantes qui aient été notées depuis les premières investigations sur la retenue.



Les résultats obtenus entre 1981 et 2005 montrent que la retenue de La Manzo présente régulièrement des conditions d'anaérobiose dans le fond de la retenue, quelle que soit la saison. Ces conditions réductrices induisent le relargage du Fer et du Manganèse dans l'eau où ils se retrouvent sous formes dissoutes. Ce sont ces métaux qui sont à l'origine des taches rouille ou irisées observées sur les cultures irriguées par aspersion. De même, les odeurs désagréables relevées par les agriculteurs proviennent de l'hydrogène sulfuré produit dans la zone anoxique de la colonne d'eau. Les sulfates sont absorbés par les végétaux. En conditions réductrices (absence de matière oxydante suffisante), les bactéries utilisent les sulfates dans les processus de décomposition de la matière organique, qui se caractérise par un dégagement d'hydrogène sulfuré. Les formes oxydées du soufre sont donc prédominantes en surface (conditions aérobies).



L'analyse de la pédologie du secteur d'étude a mis en évidence que les sols sont de type brun-rouille superficiels à l'argile, particulièrement riche en Fer et en Manganèse. Les conditions anoxiques du fond favorisent la mise en suspension des éléments naturellement concentrés dans les sédiments. Le caractère acide de ces sols peut contribuer à l'abaissement du pH en zone profonde.

Compte tenu des problèmes d'altération des eaux liés à des conditions réductrices observées au fond, il serait indispensable d'intégrer systématiquement aux prélèvements des mesures des conditions d'oxygénation dans la colonne d'eau.

Lorsque les valeurs seuils des classes de qualité du SEQ-Plan d'eau sont appliquées aux paramètres mesurés dans la zone de surface (cf., Tableau 19), nous pouvons définir une classe de qualité d'eau « **Bonne** » pour la retenue de La Manzo. Elles sont caractérisées par une faible minéralisation.

Cette conclusion reste toutefois une première approximation. En effet, pour être validée, cette grille doit être appliquée à une moyenne de plusieurs prélèvements sur l'année effectués dans l'ensemble de la couche épilimnique.

5.1.2.3. Conditions physico-chimiques dans la colonne d'eau. Avril 2005

Un échantillonnage des eaux de la retenue de La Manzo a été réalisé sur l'ensemble de la colonne d'eau : près de la surface, près de la limite inférieure de la zone de développement des algues (-3m), en zone intermédiaire (-9m) et au fond (-14m). Les profils des paramètres physico-chimiques sont présentés dans la figure 16.

▪ Mesures *in situ*

Les profils verticaux de température et d'oxygène dissous établis près de la prise d'eau de la retenue de La Manzo ont mis en évidence une stratification des couches d'eau caractérisées par un épilimnion fortement oxygéné tandis que la couche hypolimnion est déficiente en oxygène.

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

Contrairement à ce qui a été noté en laboratoire, une odeur nauséabonde d'œuf pourri a été notée en profondeur, à partir de 10 m, signifiant la présence d'un dégagement d'hydrogène sulfuré et donc des conditions réductrices au fond du réservoir.

▪ Minéralisation

Conformément au profil de conductivité, qui reflète la charge en éléments minéraux de l'eau, les éléments minéraux présentent une augmentation des concentrations en profondeur.

▪ Composés azotés et phosphorés

Les nitrates sont facilement utilisés par les végétaux aquatiques. Les ions orthophosphates sont la forme la plus importante pour les algues. Certaines espèces de chlorophycées absorbent toutefois les phosphates inorganiques.

Les concentrations en éléments azotés sont faibles à nulles. Les teneurs en phosphore dans l'essentiel de la colonne d'eau (< 40 µg/l P, selon les valeurs de paillasse) sont moyennes pour un plan d'eau tropical ; elles sont élevées au fond du plan d'eau (100 µg/l).

▪ Alcalinité

Dans les eaux, le carbone est présent sous formes inorganiques (CO₂, HCO₃⁻ ou CO₃²⁻ 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 hydrogénocarbonates. Conformément au diagramme de prédominance des trois espèces de carbone, en fonction du pH, les ions HCO₃⁻ sont prédominants (pH entre 6,35 et 10,3). Leur concentration augmente en profondeur, parallèlement à la diminution du pH.

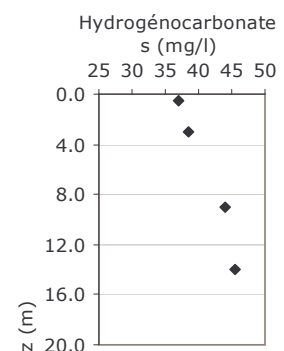


Figure 16. Profils physico-chimiques établis en avril 2005 sur la retenue de La Manzo au niveau du barrage, à quatre niveaux de profondeur

Cf. fichier joint

▪ Matières organiques et oxydables

Principales sources de carbone dans les milieux aquatiques, les algues sont la source majeure de la matière organique autochtone. Les bactéries, les champignons, mais aussi le zooplancton réduisent le carbone organique particulaire (notamment cellulaire) en carbone organique dissous assimilable.

Les teneurs en matières organiques augmentent avec la profondeur, en relation avec la dégradation des organismes

▪ Qualité globale des eaux

Exception faite du paramètre Transparence (disque de secchi), lorsque les valeurs seuils des classes de qualité du SEQ-Plan d'eau sont appliquées aux paramètres mesurés dans la zone de surface (cf., Tableau 19), nous pouvons définir une classe de qualité d'eau « **Bonne** » pour les eaux de surface de la retenue de La Manzo.

La somme des concentrations en Chlorophylle *a* et en Phéopigments (produit de dégradation de la chlorophylle), de 4 µg/l, reflète une faible biomasse algale, ce qui n'explique pas la faible transparence du plan d'eau. Elle s'explique par la charge importante en matières en suspension dans l'eau (18,5 mg/l) qui limite la pénétration de la lumière.

▪ Fer et Manganèse

Le **fer** est un des métaux les plus abondants de la croûte terrestre. Il est présent dans l'eau sous trois formes : le fer ferreux Fe^{2+} , le fer ferrique Fe^{3+} et le fer complexé à la matière organique. Dans les eaux bien aérées, le fer ferreux est oxydé en fer ferrique qui précipite sous forme d'hydroxyde.

Sa présence dans l'eau provient principalement du lessivage des sols, des rejets industriels, de la corrosion des canalisations métalliques, de l'utilisation de sels ferriques comme coagulants.

Le fer est un élément indispensable au corps humain, dont les besoins journaliers sont estimés à 10 mg/jour, et **aucune toxicité n'a été observée chez l'homme à des doses élevées (5 mg/l)**. Les nuisances liées à la présence de fer dans l'eau sont :

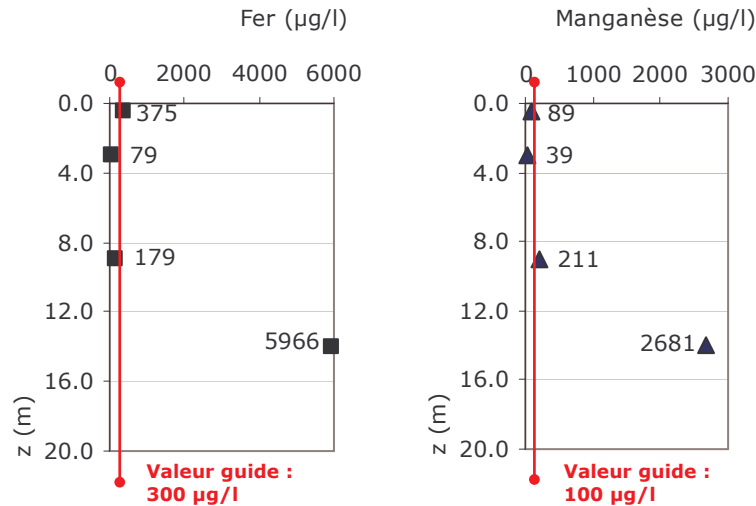
- La neutralisation des désinfectants due à une oxydation du fer,
- La distribution d'une eau couleur rouille, esthétiquement peu engageante pour le consommateur, et qui peut tacher le linge et les sanitaires,
- Le goût « métallique » de l'eau,
- Le risque de corrosion des canalisations dû au développement de micro-organismes (ferrobactéries).

Le **manganèse** est présent, en quantité moindre que le fer, dans les roches. Son origine dans l'eau provient essentiellement de la dissociation des roches, d'éventuels rejets industriels.

Le manganèse est un oligo-élément indispensable au corps humain, dont les besoins sont évalués entre 1 et 5 mg/jour. Le risque d'intoxication au manganèse est rare et d'origine professionnelle essentiellement. Tout comme le fer, **le manganèse ne présente pas de risques pour la santé humaine**. Les inconvénients sont identiques à ceux du fer : problèmes organoleptiques (couleurs, goûts), taches sur le linge et risque de développement bactérien.

La directive européenne 98/83/CE du 03 Novembre 1998, transposée en droit français par **le décret 2001-1220 du 20 décembre 2001**, fixe comme référence de qualité une concentration en **fer total de 0,2 mg/l** et une concentration en **manganèse de 0,05 mg/l**. L'OMS prescrit, comme valeur-guide, une concentration en fer égale à 0,3 mg/l et une concentration en manganèse égale à 0,1 mg/l.

Les résultats obtenus en **avril 2005** mettent en évidence d'importantes variations des concentrations en fer et en manganèse dans la colonne d'eau. On note de très fortes valeurs au fond de la retenue (fer : 5 966 µg/l ; manganèse : 2 681 µg/l), très largement supérieures aux valeurs de référence de qualité du décret 2001-1220 ou aux valeurs guides de l'OMS. En progressant vers la surface, les mesures faites à 9 m, 3 m et près de la surface montrent que les teneurs en métaux diminuent très nettement et se situent dans les classes de valeurs recommandées pour la santé.



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

	Hivernage										Carême									
	Nov. 1981		Jun. 1985		Sept. 1985		Oct. 2000		Oct. 2003		Mai. 1989		Avr. 1994		Mai. 2000		Avr. 2004		Avr. 2005	
	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F	S	F
Fe	0	400	500	1450	50	250	224	1363	110	2200	75	100	100	400	<20	1495	192	2364	375	5966
Mn			-	1070	0	210	2007	1576	<20	67	0	620			114	1515	41	666	89	2681

S : surface F : fond
Grisé : valeurs supérieures aux valeurs guides prescrites par l'OMS

A noter, les paramètres pris en compte dans les valeurs seuils des classes de qualité du SEQ-Plan d'eau concernant le compartiment eau ne prennent pas en considération le fer et le manganèse. Ces descripteurs sont utilisés par ce référentiel uniquement pour déterminer le « potentiel de relargage des sédiments », en se basant sur des dosages sur l'eau interstitielle des sédiments, non sur la colonne d'eau.

5.1.3. Caractéristiques biologiques des eaux de La Manzo : les algues phytoplanctoniques

On désigne sous le terme de **phytoplancton** l'ensemble des algues qui vivent en suspension dans l'eau. Le développement de ces algues est contrôlé par l'action et l'interaction de différents facteurs biotiques et abiotiques. De nombreuses études de laboratoire et de terrain ont montré le rôle essentiel de la lumière et des nutriments, en particulier le phosphore et l'azote, sur la croissance algale. La silice revêt une importance capitale dans le développement des diatomées, algues brunes unicellulaires constituées d'un frustule siliceux. Outre ces facteurs physico-chimiques, la croissance des algues est également sous l'influence de facteurs biologiques difficilement quantifiables, tels que le broutage par le zooplancton herbivore, la compétition inter ou intra-spécifique ou encore le parasitisme. Au cours d'une année, les éléments qui limitent la croissance des algues (notion d'élément limitant) varient, ce qui induit une dynamique saisonnière en relation avec les caractéristiques écologiques propre à chaque espèce.

5.1.3.1. Expertise de Lemoalle. 23 Mars 2001

En 2001, Lemoalle a réalisé une première analyse taxonomique du phytoplancton de la retenue de La Manzo. L'expertise fournit une première liste des taxons phytoplanctoniques colonisant le plan d'eau.

Le peuplement présent en mars 2001 (cf., Tableau 20) est caractérisé par une forte proportion d'algues du groupe des Chromophytes, accompagnées par des Chlorophycées. Cet échantillon correspond à un milieu **mésotrophe** à cette période de l'année. L'expert a également noté la présence de colonies en boules de petites algues non identifiées qui contribuent pour une fraction notable de la biomasse.

L'ensemble des taxons n'a pas été identifié et la précision de la détermination (généralement au genre) ne nous a pas permis d'analyser les caractéristiques auto-écologiques des espèces présentes.

Tableau 20. Résultats de l'analyse du phytoplancton de la retenue de La Manzo (Lemoalle, 23 mars 2001)

Familles	Taxons	% nombre cellules
Chlorophytes	Colonies	1
	Chlorella	2
	Scenedesmus acuminatus	4
	Ankistrodesmus	3
	Closterium	1
	Tetraedron	1
Chlorophytes	Staurastrum polymorphum	15
	Cosmarium	2
Chromophytes	Cyclotella	57
	Coscinodiscus	3
Pyrrophytes	Peridinium	4
Euglenophytes	Ceratium	4
Autres		4

5.1.3.2. Expertise ASCONIT Consultants. 19 Avril 2005

Dans le cadre de la présente étude, des prélèvements ont été effectués le 19 avril 2005 afin d'approfondir la taxonomie des algues et aborder le statut trophique (mesure de chlorophylle *a*) du plan d'eau. Des traits de filets ont été effectués à proximité du barrage et dans une anse plus abritée du vent. Les prélèvements biologiques ont eu lieu simultanément aux prélèvements d'eau et aux mesures *in situ*. Un échantillon d'eau a été prélevé pour une analyse de la chlorophylle *a* et des phéopigments.

▪ Biomasse phytoplanctonique

Bien que 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 l'épilimnion est faible (2 µg/l), cinq fois moins importante que la valeur moyenne relevée par Lemoalle pendant le carême 2001 (minimum relevé en 2001 : 6,1 µg/l). Elle traduit une faible biomasse algale phytoplanctonique puisque la composition du peuplement, dominée par des formes chlorophylliennes, n'influence pas le résultat. En effet, certains groupes d'algues ayant d'autres pigments que la chlorophylle (caroténoïdes, xanthophylles) peuvent être à l'origine d'une chute des concentrations alors que la biomasse planctonique réelle est importante.

L'observation microscopique a révélé la présence d'un peuplement très important de zooplancton. Le broutage du phytoplancton par cette faune peut être à l'origine de la faible biomasse observée.

▪ Analyse du peuplement phytoplanctonique

La liste des taxons identifiés est présentée dans le Tableau 21.

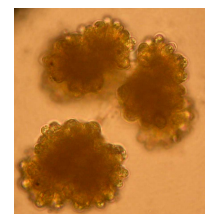
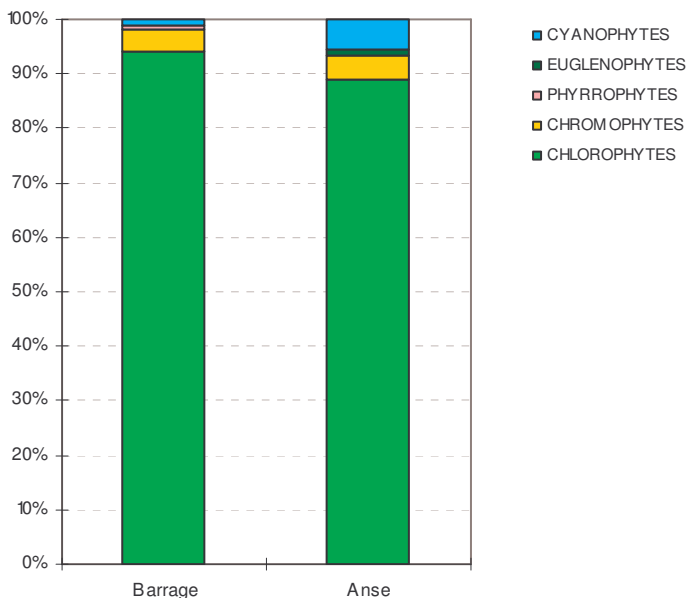
Les différents taxons identifiés se répartissent dans les embranchements généralement rencontrés dans les eaux douces, en particulier les chromophytes (communément appelées algues jaunes), les chlorophytes (algues vertes) ou encore les cyanophytes (algues bleues). La distinction entre les grands groupes est basée, entre autre, sur la nature des chlorophylles (*a*, *b*, ou *c*) et des autres pigments (caroténoïdes, xanthophylles...).

Les chromophytes regroupent ici les classes des chrysophycées, généralement inféodées aux eaux fraîches et pures, des diatomées, plus ubiquistes ou encore les Xanthophycées. Elles sont présentes mais peu abondantes. Les cyanophytes caractérisent les plans d'eau eutrophes ; elles peuvent être responsables de blooms et de phénomènes de toxicité. Elles ne sont pas très abondantes dans les deux échantillons analysés.

Tableau 21. Résultats de l'analyse du phytoplancton de la retenue de La Manzo (Asconit Consultants, 19 avril 2005)

Familles	Taxons	% nombre cellules		
		Barrage	Anse calme	
Chlorophytes	Chlorococcales	<i>Botryococcus braunii</i>	49.5	42.6
		cf <i>Chlorella</i> sp	13.6	22.2
		<i>Dictyosphaerium</i> sp (petites cel)		0.9
		<i>Kirchneriella cornuta</i>	8.7	2.8
		<i>Kirchneriella</i> sp	1.0	
		<i>Oocystis</i> sp	1.0	0.9
		<i>Scenedesmus opoliensis</i>		0.9
		Ulotrichales	1.0	0.9
		Zygnématales		0.9
				3.7
			15.5	6.5
Chromophytes	Diatomées	<i>Surirella</i> sp	1.0	
		<i>Ulnaria ulna</i>	1.0	1.9
	Chrysophycées	<i>Mallomonas</i> sp	1.9	1.9
	Xanthophycées	<i>Bumilleriopsis</i> sp		0.9
	Phyrrhophytes	Dinophycées	<i>Peridinium</i> sp	1.0
Euglenophytes		<i>Colacium</i> sp		0.9
Cyanophytes		<i>Anabaenopsis</i> sp	1.0	3.7
		<i>Aphanizomenon</i> sp		0.9
		<i>Coelosphaerium</i> sp		0.9
Autres				0.9

Composition du peuplement phytoplanctonique de la retenue de La MANZO



Colonies de *B. braunii*



Micrasterias sp

19 avril 2005	Barrage	Anse
CHLOROPHYTES	94.2	88.0
CHROMOPHYTES	3.9	4.6
PHYRRHOPHYTES	1.0	0.0
EUGLENOPHYTES		0.9
CYANOPHYTES	1.0	5.6

L'essentiel du peuplement des deux échantillons est représenté par des algues vertes ou chlorophytes, et en particulier par l'espèce *Botryococcus braunii*. C'est une forme cosmopolite, largement représentée dans les lacs du monde entier. 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.

Le phytoplancton est surtout composé de colonies plus ou moins importantes. La forte présence de zooplancton dans les échantillons analysés explique cette sélection de formes. Les formes coloniales sont peu broutées comparativement au phytoplancton solitaire.

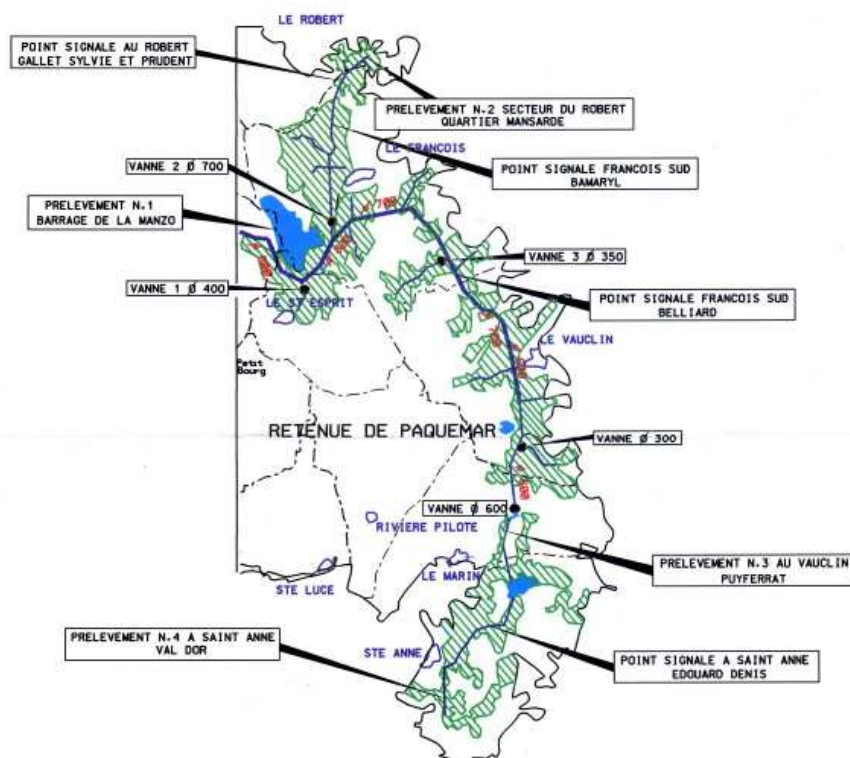
Contrairement aux observations effectuées en mars 2001 par Lemoalle, la composition du peuplement phytoplanctonique en avril 2005 ne met pas en évidence une distribution caractéristique de conditions mésotrophe, ni de signe d'eutrophisation. Aucune prédominance de cyanophycées, caractéristique des milieux eutrophisés, n'a été observée.

5.2. Etude de cas d'apparition de symptômes d'eutrophisation

5.2.1. Qualité de l'eau en Mai 2000

Suite à l'apparition de symptômes d'eutrophisation en mai 2000, le BGPISE a effectué des analyses sur plusieurs points du PISE.

Figure 17. Plan d'échantillonnage réalisé lors d'un constat d'altération de la qualité des eaux (mai 2000)



Les résultats (cf., Tableau 22) ont principalement révélé de fortes teneurs en Fer et en Manganèse dans les eaux profondes de la retenue et sur le réseau de distribution, traduisant des conditions réductrices au fond de la retenue. Les concentrations plus élevées sur le réseau par rapport au plan d'eau indiquent que le frottement dans les canalisations remet en suspension le fer et le manganèse dans l'eau distribuée.

L'apparition de dépôts rouille et noir sur le feuillage des plantes et les produits du maraîchage, l'odeur d'œuf pourri, ont été notés par les abonnés du PISE entre le 15 mai et le 15 juin 2000. Au début du mois d'avril 2004, les mêmes problèmes de qualité de l'eau se sont posés.

Tableau 22. Résultats physico-chimiques lors d'un constat d'altération de la qualité des eaux (mai 2000)

Paramètres	Unités	Lézarde	Manzo Surface	Manzo Fond	Puyférat	Mansarde	Val d'Or
Al total	mg/l		0.12	0.05	0.25	0.05	0.06
Ammonium	mg/l NH4	0	0	0.52	0.67	0.67	0.56
Calcium	mg/l	11.3	5.1	7.2	7.2	7.2	7.5
Chlorures	mg/l	10	10.4	9.6	9.6	9.4	0.1
Conductivité	µS/cm	60	98	104	108	109	103
Cuivre	mg/l		<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fer total	µg/l	0.1	<20	1495	2953	2833	1458
Fluorures	µg/l		0	0	0	0	11
Hydrogène sulfuré	Présence Absence	0	0	0	0	0	0
Hydrogénocarbonates	mg/l	48.8	37.8	45.1	43.9	43.9	42.1
Magnésium	mg/l	2.7	2.8	2.8	2.8	2.9	2.8
Manganèse total	µg/l		114	1515	1747	2317	2339
Nitrates	mg/l NO3	0.3	0.2	0	0	0	0
Nitrites	mg/l NO2	0	<0.05	<0.05	0.21	<0.05	<0.05
Orthophosphates	mg/l PO4	0	0.09	0.06	0	0	0
Oxyd. KMnO4	mg/l O2	0.8	5	2.43	2.84	2.62	1.48
pH	unité pH	7.3	7.29	7.06	7.38	7.78	7.17
Potassium	mg/l	0.8	1.78	1.75	1.75	1.9	1.63
Sodium	mg/l	8.6	9.3	8.7	8.8	13.7	8.3
Sulfates	mg/l	3	2.1	1	1	0.8	2.1
Titre Alcalimétrique (TA)	°F		0	0	0	0	0
Titre Alcalimétrique complet (TAC)	°F	4	3.1	3.7	3.6	3.6	3.5
Turbidité	NTU	0.86	3.5	2.5	14	2.6	3.7
Zinc	mg/l		<0.02	<0.02	<0.02	0.09	0.09

Les conditions générales du plan d'eau à cette période sont présentées dans le paragraphe suivant fournissant une analyse de l'ensemble des observations faites entre 2000 et 2003.

5.2.2. Conditions générales observées entre Mai 2000 et Avril 2005

Une analyse des conditions générales associées au plan d'eau a été faite dans le but de visualiser le maximum de paramètres pouvant définir les conditions dans lesquelles on observe une dégradation de la qualité des eaux de la retenue de La Manzo.

Des paramètres pluviométriques, hydrologiques et physico-chimiques ont ainsi été superposés à chaque période de qualification physico-chimique des eaux du réservoir, entre 2000 et début 2005 (cf. Figure 18). A noter que les comptages volumétriques n'étaient pas en place en 2000 ; les volumes entrant ont donc été estimés et ceux sortant de la retenue ne sont pas quantifiables.

Figure 18. Synthèse des observations réalisées sur le plan d'eau au moment des analyses d'eau de la retenue de La Manzo, entre 2000 et 2005

Cf. fichier joint

En période de carême, lorsque les pluies sont peu abondantes, que les entrées d'eau dans le réservoir sont faibles et que la retenue est le plus sollicitée pour l'irrigation, on note des conditions réductrices au fond du plan d'eau. En période d'hivernage, au moment où les pluies sont les plus importantes de l'année, on note le même constat. Même après le plus fort renouvellement des eaux (octobre 2003), des conditions réductrices sont observées en profondeur, même si les concentrations en manganèse et en ammonium semblent avoir diminué.

L'échantillonnage d'avril 2005 fait suite à une longue période de stagnation des eaux du plan d'eau. Les conditions réductrices sont également présentes au fond du réservoir. Les résultats pour le Fer et le Manganèse confirment ces observations avec des concentrations très élevées au fond de la retenue.

Au regard de ces premiers résultats, il semble que la retenue de La Manzo maintienne toute l'année une séparation claire entre des eaux de surface bien oxygénées non réductrices tandis que la couche profonde présente des conditions d'oxygénation très faibles, réductrices, qui favorisent le relargage de certains éléments indésirables dans la colonne d'eau et une modification des équilibres chimiques notés en surface.

La circulation de l'eau au sein du réservoir ne semble pas suffisante pour qu'un brassage des eaux permette d'améliorer les conditions réductrices au fond du plan d'eau.

5.3. Classification du degré de trophie de la retenue de La Manzo

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.

L'OCDE a développé un autre système d'évaluation appelé « système ouvert de classification du potentiel trophique » au sein duquel le paramètre azote a été intégré. Ce système demande cependant un nombre de données important car les calculs nécessaires amènent à évaluer une moyenne géométrique à laquelle on a ôté les valeurs extrêmes égales à 2 fois l'écart type. Compte tenu de la faible masse de valeurs disponibles sur la retenue de La Manzo, ce calcul n'a pas de signification scientifique ; nous n'avons donc pas retenu cette approche pour qualifier le plan d'eau.

Les résultats physico-chimiques relevés par le BGPISSE n'incluent pas les paramètres nécessaires pour la classification du degré trophique du plan d'eau (phosphore total, chlorophylle a, transparence). Les données utilisées pour l'évaluation de l'état trophique de la retenue de La Manzo proviennent donc uniquement de l'expertise ponctuelle menée par Lemoalle en mars 2001 et des mesures de terrain effectuées dans le cadre de cette étude, en avril 2005.

En l'absence de moyennes annuelles, plus représentatives des variations saisonnières des conditions physico-chimiques du plan d'eau, ces résultats ne pourront être généralisés qu'après une approche plus exhaustive des conditions trophiques du plan d'eau, tout au long de l'année.

5.3.1. Résultats de l'expertise de Lemoalle (mars 2001)

Dans le cadre de la définition des potentialités aquacoles de la retenue de La Manzo, Lemoalle a effectué une série d'analyses physico-chimiques et biologiques en mars 2001. Le niveau du plan d'eau était de 48,35 m et la profondeur au point d'échantillonnage de 14 m.

Les résultats des paramètres permettant de définir le statut trophique du plan d'eau sont présentés dans le tableau 23.

Selon le système « fixe » de classification de l'OCDE, les valeurs de phosphore, de chlorophylle et la transparence mesurée grâce au disque de Secchi, indiquent que la retenue de La Manzo peut être classée comme **eutrophe** en mars 2001.

Les mesures de chlorophylle a réalisées en mars 2001 par Lemoalle indiquent une concentration moyenne en chlorophylle a de 10,1 µg/l (maximum : 14,08 µg/l ; minimum : 6,13 µg/l). Selon le système fixe de classification de l'OCDE, cette valeur moyenne traduit, un **état eutrophe** de la retenue de La Manzo.

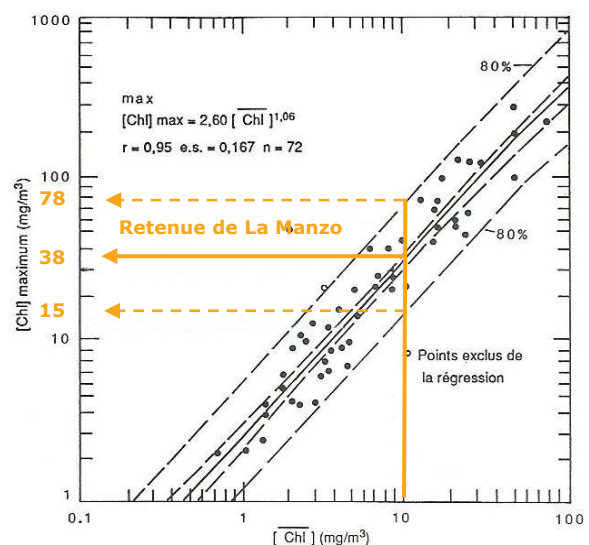
Tableau 23. Etat trophique de la retenue de La Manzo selon le système « fixe » de classification de l'état trophique de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : Lemoalle, 2001.

Degré de trophie	Valeurs seuils OCDE					Lemoalle, 2001	
	Ultra-oligotrophe	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Hyper-eutrophe	Résultats	Degré de trophie
Phosphore total (µg/l)	< 4	< 10	10-35	35-100	> 100	85	Eutrophe
CHL moyenne (µg/l)	< 1	< 2,5	2,5-8	8-25	> 25	10,14	Eutrophe
CHL maximum (µg/l)	< 2,5	< 8	8-25	25-75	> 75	14,08	Mésotrophe
Secchi moyenne (m)	> 12	> 6	6-3	3-1,5	< 1,5	1,7	Eutrophe
Secchi minimum (m)	> 6	> 3	3-1,5	1,5-0,7	< 0,7	-	

CHL : chlorophylle a dans les eaux de surface
Secchi : transparence mesurée au disque de Secchi

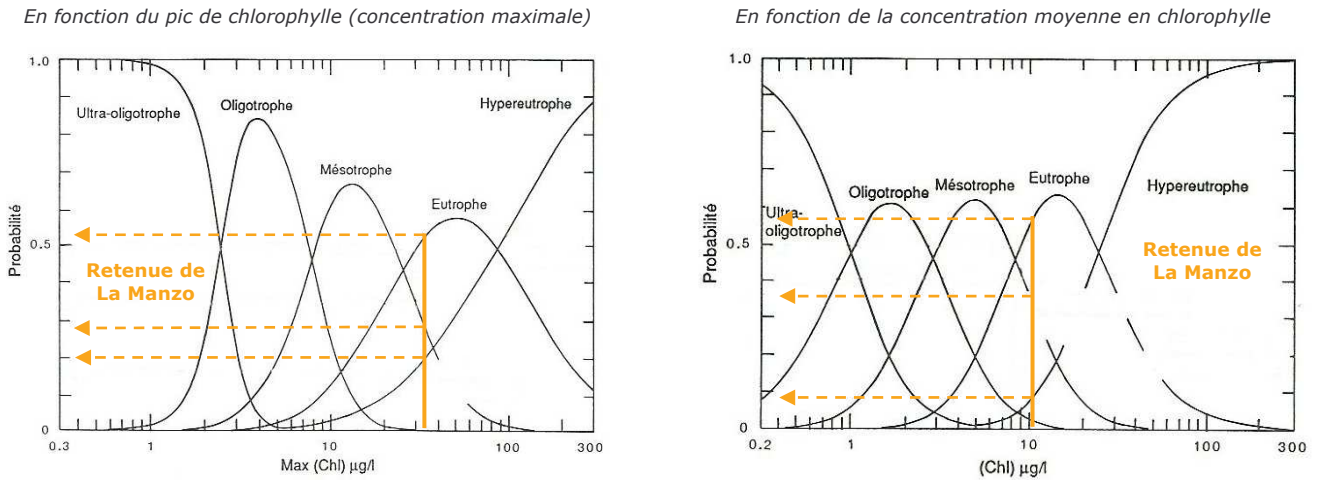
En l'absence de résultats saisonniers de chlorophylle a, une valeur de pic de chlorophylle a été estimée à partir de la relation établie par l'OCDE entre les concentrations moyenne et maximales de chlorophylle (cf., Figure 19). L'estimation du pic de chlorophylle a effectuée en appliquant la droite de régression de l'OCDE s'élève à 38 µg/l, traduisant un état eutrophe du plan d'eau. Selon les intervalles de confiance de 80% de la relation établie entre les concentrations moyennes et maximales de chlorophylle de l'OCDE, les valeurs maximales de chlorophylle projetées sur l'axe des ordonnées se situent entre 15 et 78 µg/l ; cette gamme de valeurs recouvre le seuil de la limite entre les états mésotrophe et eutrophe (cf., Figure 20).

Figure 19. Valeur du pic de chlorophylle a pour la retenue de La Manzo selon la relation [concentration moyenne en chlorophylle-Pic de chlorophylle] de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : Lemoalle, 2001.



Selon le paramètre chlorophylle a moyen, l'état probable de trophie de la retenue de La Manzo en mars 2001 est l'eutrophie (probabilité **eutrophe** : 58% ; probabilité mésotrophe : 35% ; probabilité hypereutrophe : 7%) (cf., Figure 20).

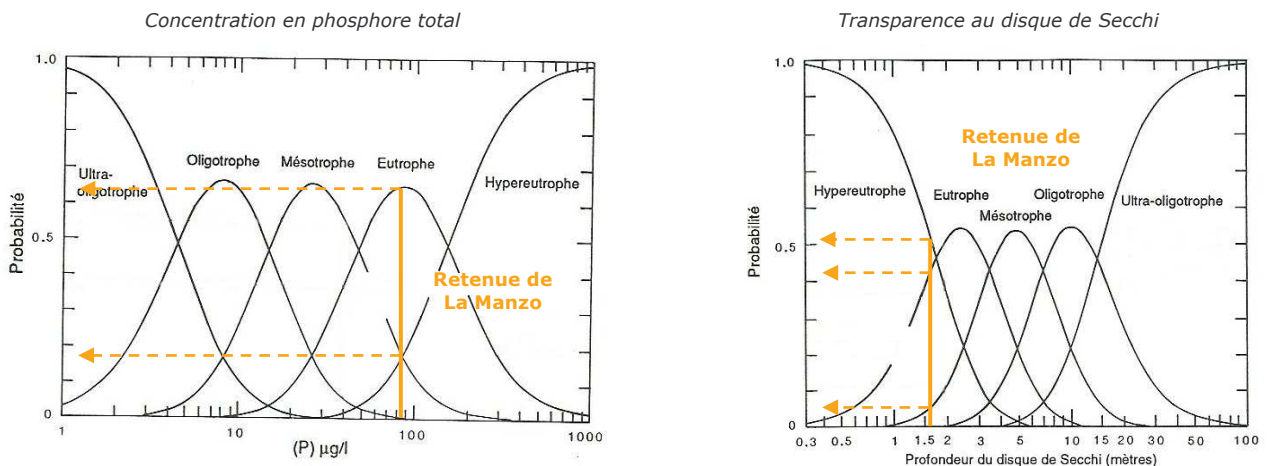
Figure 20. Etat trophique probable en fonction de la concentration en chlorophylle pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : Lemoalle, 2001.



Selon le système fixe de classification de l'OCDE, les valeurs de phosphore total traduisent un état eutrophe (probabilité **eutrophe** : 65% ; probabilité hypereutrophe : 17% ; probabilité mésotrophe : 17%) (cf., Figure 21).

Les valeurs de la mesure de transparence projetées sur le graphe de la distribution des états trophiques, recouvrent le seuil de la limite entre les états hypereutrophe et eutrophe (probabilité **hypereutrophe** : 51% ; probabilité **eutrophe** : 42% ; probabilité mésotrophe : 7%) (cf., Figure 21).

Figure 21. Etat trophique probable en fonction de la concentration en phosphore total et la transparence pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : Lemoalle, 2001.



Sur la base de ces paramètres, **en mars 2001**, on conclut que **la retenue de La Manzo est eutrophe**. Selon le paramètre considéré, elle présente un décalage vers un état mésotrophe ou hypereutrophe. Cette contradiction devra être vérifiée par de nouvelles investigations.

5.3.2. Résultats de l'expertise réalisée en avril 2005

Dans le cadre de la présente étude, des analyses physico-chimiques complètes (type C3) ont été effectuées conjointement avec le BGPISE. Des paramètres supplémentaires ont été rajoutés afin de réaliser une nouvelle estimation du statut trophique du plan d'eau.

Tableau 24. Résultats d'analyses des eaux de la retenue de La Manzo (BGPISE/Asconit, avril 2005)

Paramètres	Unités	Valeurs
Niveau du plan d'eau	mNGM	51
Profondeur au point échantillonné	m	15
Conductivité	µS/cm	118
Transparence (Secchi)	m	1,6
Phosphore réactif dissous	µg/l P	< 40
Chlorophylle a moyenne	µg/l	2

Selon le système « fixe » de classification de l'OCDE, les valeurs de phosphore, de chlorophylle *a* et la transparence mesurée grâce au disque de Secchi, indiquent que la retenue de La Manzo peut être classée comme **mésotrophe** en avril 2005 (cf., Tableau 25).

Tableau 25. Etat trophique de la retenue de La Manzo selon le système « fixe » de classification de l'état trophique de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : BGPISE/Asconit, 2005.

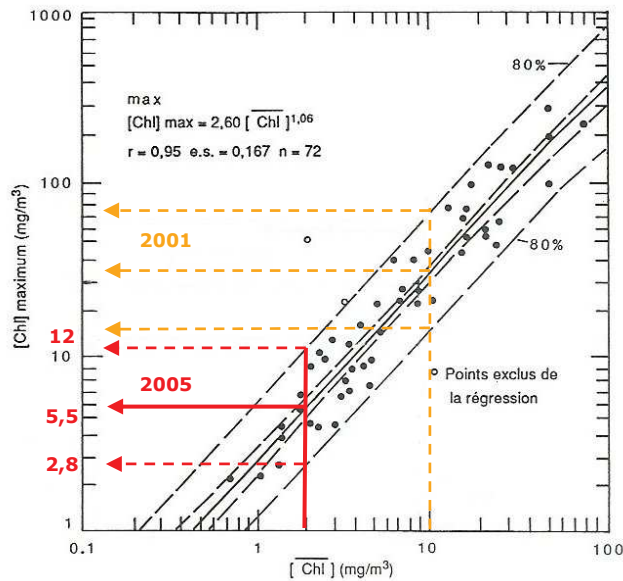
Degré de trophie	Valeurs seuils OCDE					BGPISE/Asconit 2005	
	Ultra-oligotrophe	Oligotrophe	Mésotrophe	Eutrophe	Hyper-eutrophe	Résultats	Degré de trophie
Phosphore total (µg/l)	< 4	< 10	10-35	35-100	> 100	< 40	Mésotrophe Eutrophe
CHL moyenne (µg/l)	< 1	< 2,5	2,5-8	8-25	> 25	2	Oligotrophe
CHL maximum (µg/l)	< 2,5	< 8	8-25	25-75	> 75	5,5	Oligotrophe
Secchi moyenne (m)	> 12	> 6	6-3	3-1,5	< 1,5	1,6	Eutrophe
Secchi minimum (m)	> 6	> 3	3-1,5	1,5-0,7	< 0,7	-	

CHL : chlorophylle a dans les eaux de surface
Secchi : transparence mesurée au disque de Secchi

Les mesures de chlorophylle a réalisées en avril 2005 indiquent une concentration en chlorophylle *a* de 2 µg/l. Selon le système fixe de classification de l'OCDE, cette valeur traduit, un **état oligotrophe** de la retenue de La Manzo (cf., Tableau 25).

La valeur de pic de chlorophylle estimée à partir de la droite de régression de l'OCDE s'élève à 5,5 µg/l (cf., Figure 22), traduisant aussi un état oligotrophe du plan d'eau. Selon les intervalles de confiance de 80% de la relation établie entre les concentrations moyennes et maximales de chlorophylle de l'OCDE, les valeurs maximales de chlorophylle projetées sur l'axe des ordonnées se situent entre 2,8 et 12 µg/l ; cette gamme de valeurs recouvre le seuil de la limite entre les états oligotrophe et mésotrophe (cf., Figure 22).

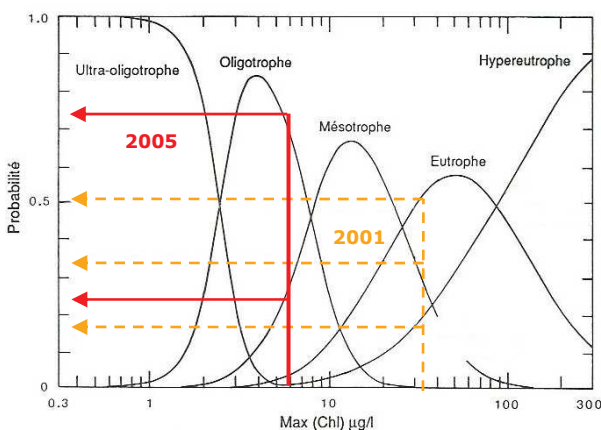
Figure 22. Valeur du pic de chlorophylle a pour la retenue de La Manzo selon la relation [concentration moyenne en chlorophylle-Pic de chlorophylle] de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : BGPIS/Asconit, 2005.



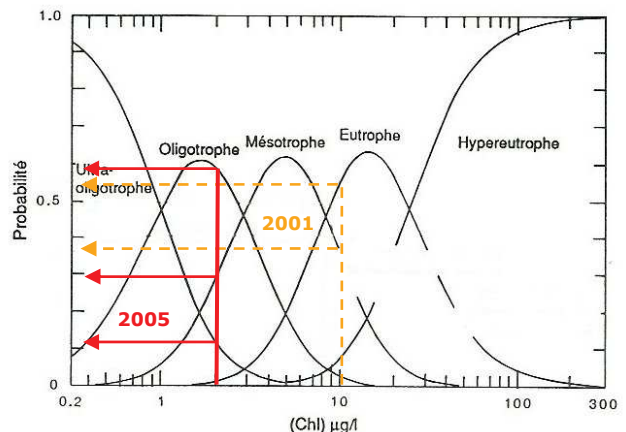
Selon le paramètre chlorophylle a moyen, l'état probable de trophie de la retenue de La Manzo en avril 2005 est l'oligotrophie (probabilité oligotrophe : 58% ; probabilité mésotrophe : 29% ; probabilité ultraoligotrophe : 10%) (cf., Figure 23).

Figure 23. 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 sources Manzo : BGPIS/Asconit, 2005.

En fonction du pic de chlorophylle (concentration maximale)



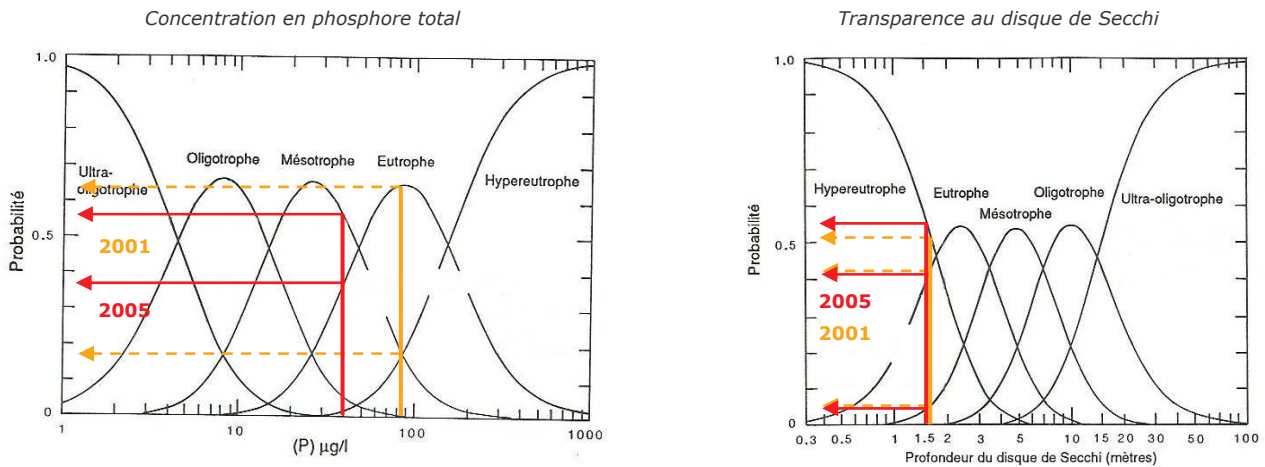
En fonction de la concentration moyenne en chlorophylle



Selon le système fixe de classification de l'OCDE, les valeurs de phosphore total traduisent un état **mésotrophe à tendance eutrophe** (probabilité eutrophe : 35% ; probabilité **mésotrophe** : 57% ; probabilité oligotrophe : 6%) (cf., Figure 24). Cependant, 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 où elle est estimée à 50-60 µg/l, plaçant ainsi la retenue de La Manzo dans la catégorie **mésotrophe**.

Les valeurs de la mesure de transparence projetées sur le graphe de la distribution des états trophiques, recouvrent le seuil de la limite entre les états hypereutrophe et eutrophe (probabilité **hypereutrophe** : 55% ; probabilité eutrophe : 40% ; probabilité mésotrophe : 5%) (cf., Figure 24).

Figure 24. Etat trophique probable en fonction de la concentration en phosphore total et la transparence pour la retenue de La Manzo, selon la distribution des états trophiques de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : BGPISE/Asconit, 2005.



Sur la base de ces paramètres, **en avril 2005**, la retenue de La Manzo est **mésotrophe**.

5.4. Conclusion du diagnostic

5.4.1. Fonctionnement de la retenue de La Manzo

La retenue de Saint-Pierre La Manzo est un réservoir d'eau essentiellement alimenté par les eaux de la station de pompage de la rivière Lézarde qui alimente une unité de potabilisation de l'eau et le périmètre irrigué du Sud Est de la Martinique (PISE). Les irrigants sont soit directement desservis par les eaux de la rivière, soit totalement ou en partie par celles de la retenue.

En période de carême, en particulier entre les mois de mars et mai, l'eau est prélevée prioritairement pour l'alimentation en eau potable et les volumes dirigés vers le PISE et la retenue sont faibles.

En Hivernage, le débit de la Lézarde permet d'assurer le remplissage de la retenue et les besoins en irrigation. Les volumes provenant directement de la rivière sont généralement suffisamment importants pour réduire les apports du réservoir.

D'après les premiers résultats concernant la qualité des eaux de la retenue de La Manzo, le plan d'eau présente une stratification des conditions physico-chimiques qui isolent une couche superficielle bien oxygénée où les équilibres chimiques semblent conservés tandis que la couche profonde montre des conditions réductrices au fond qui entraînent une modification des équilibres chimiques qui se traduit par le relargage d'éléments indésirables (Fer, Manganèse) depuis les sédiments vers la colonne d'eau, l'apparition d'ammonium ou la formation d'hydrogène sulfuré. Le relargage de fer est d'autant plus important que le sol de la cuvette est naturellement riche en cet élément.

Une première approche des conditions générales aux périodes de définition de la qualité des eaux semble mettre en évidence que le plan d'eau maintient des conditions de fond réductrices quelle que soit la saison et le renouvellement des eaux.

Les données restent encore insuffisantes pour se prononcer définitivement sur le fonctionnement de la retenue de La Manzo.

5.4.2. Trophie et usages potentiels de l'eau de la retenue de La Manzo

L'ensemble des résultats des deux expertises (2001, 2005) renseignés dans le système de classification de l'OCDE sont résumés dans le tableau suivant (Tableau 26).

Tableau 26. Etat trophique de la retenue de La Manzo, selon les paramètres du système de classification de l'OCDE (OCDE, 1982). Données sources Manzo : Lemoalle, 2001, BGPISE/Asconit, 2005.

Paramètres	Etats trophiques probables									
	Lemoalle 2001					BGPISE/Asconit 2005				
Etats trophiques	Ul.-Oligo	Oligo	Méso	Eutro	Hyper	Ul.-Oligo	Oligo	Méso	Eutro	Hyper
Concentration en Chlorophylle a			35%	58%	7%	10%	58%	29%		
Pic prédit de Chlorophylle a			28%	52%	20%	2%	74%	24%		
Concentration en Phosphore total			17%	65%	17%		6%	57%	35%	
Transparence (Secchi)			7%	42%	51%			5%	40%	55%

Ul.-Oligo : Ultra-oligotrophe
Oligo : Oligotrophe
Méso : Mésotrophe

Eutro : Eutrophe
Hyper : Hypereutrophe

Les résultats obtenus en avril 2005 sont contradictoires entre eux et avec les conclusions antérieures de mars 2001. Les quatre paramètres relevés en 2001 permettent de classer la retenue de La Manzo parmi les plans d'eau eutrophes, c'est-à-dire ayant des eaux chargées en nutriments et productrices. Cette conclusion est similaire en 2005 pour le paramètre transparence. En effet, les concentrations en chlorophylle *a* reflètent des conditions « oligotrophes », soit des eaux pauvres en nutriments, peu productrices, tandis que la transparence traduit un niveau de trophie plutôt « eutrophe » correspondant à une forte productivité des eaux. Les données de phosphore traduisent un état « mésotrophe » du plan d'eau au regard de la limite mésotrophe-eutrophe réévaluée pour les milieux tropicaux.

On peut donc considérer qu'en **avril 2005**, la retenue de La Manzo présentait un état trophique « **mésotrophe** », indiquant des eaux moyennement productrices.

La chlorophylle *a* est le paramètre utilisé pour l'évaluation de la biomasse algale phytoplanctonique. En 2005, les concentrations reflètent une faible biomasse des algues chlorophylliennes. Les observations au microscope des populations d'algues présentes dans la colonne d'eau en mars 2005 ont mis en évidence la présence prédominante de chlorophycées, organismes chlorophylliens ; la chlorophylle *a* constitue donc un bon indicateur de biomasse dans ce cas.

Le paramètre transparence n'est pas forcément représentatif du niveau trophique d'un plan d'eau. La présence de substances humiques et de colloïdes dans l'eau peut atténuer fortement sa transparence. Dans le cas présent, les analyses de 2005 ont révélé une importante charge en matières en suspension dans l'eau.

La présente analyse des données est une première évaluation du degré de trophie du plan d'eau. Les résultats devront être précisés par des investigations complémentaires. Elles sont nécessaires pour la définition du niveau de trophie de ce réservoir, d'autant que ce type d'évaluation est d'autant plus fiable qu'elle fait référence à des moyennes géométriques (système « ouvert » de classification de l'OCDE). Cela nécessite donc une accumulation d'un volume important d'informations.

En comparant l'état trophique probable de la retenue de La Manzo observé en avril 2005 aux conditions nécessaires pour les usages⁶, les utilisations possibles de l'eau de la retenue de La Manzo sont : l'irrigation, les loisirs, la baignade. L'eau ne pourrait être utilisée pour l'alimentation en eau potable qu'après une épuration complexe.

⁶ Usages prévus des eaux d'un lac ou réservoir, et degrés de trophie recommandés selon Bernhardt, 1981 : Reducing nutrient inflows. In : Rast, W. & J.J. Kerekes, Proceedings, International Workshop on the Control of Eutrophication, International Institute for Applied Systems Analysis, A-2361 Laxenburg, Austria, Oct.12-15, 1981.

6. Approche socio-économique

L'objectif du présent paragraphe est de mettre en évidence les impacts d'une altération de la qualité des eaux de distribution liée à l'eutrophisation au niveau socio-économique par une évaluation qualitative de ces impacts.

Pour se faire, sont décrits ci-après :

- Les usagers de l'eau de la retenue de La Manzo
- Les usages et modes d'utilisation de l'eau de la retenue,
- Les impacts et la perception de la qualité de l'eau

6.1. Un usage essentiellement agricole

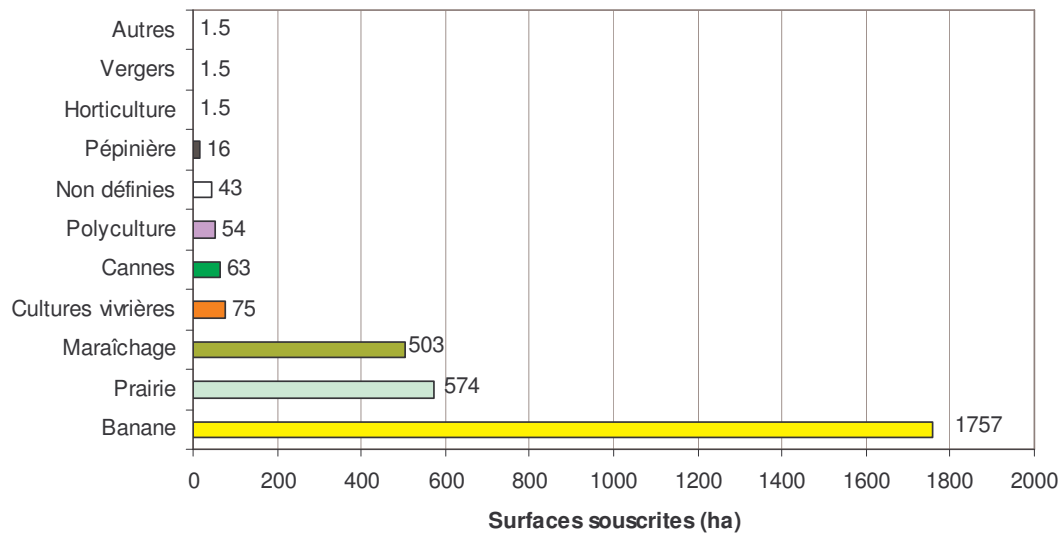
L'eau de la retenue de la Manzo est très majoritairement utilisée pour les besoins en irrigation des cultures situées sur le Périmètre d'Irrigation Sud Est de la Martinique (PISE). Les autres usages, industriels et domestiques, sont marginaux, ils représentent moins de 1% des volumes totaux distribués.

- **Le Périmètre Irrigué du Sud Est de la Martinique** s'étend sur 4 950 hectares. La superficie équipée est de 4 500 hectares et la surface souscrite en 1999 couvre une superficie de 3 092 hectares.
- Trois **types de cultures** prédominent. En nombre d'exploitations, la banane représente 36 % des exploitations, le maraîchage 30% et les prairies, 25%. La répartition culturelle des surfaces souscrites est décrite dans la figure 25.

Trois types de cultures prédominent. En nombre d'exploitations la banane représente 36 % des exploitations, le maraîchage 30% et les prairies, 25%. La répartition culturelle des surfaces souscrites est la suivante :

La banane est la culture souscrite majoritaire, elle représente près de 57 % des surfaces souscrites. La surface en prairie représente quant à elle 18,6 % de cette surface et enfin, le maraîchage près de 16 %.

Figure 25. Répartition des cultures par surface



- Toutes les activités agricoles ont un **besoin important et vital en eau**. Les besoins en terme quantitatifs sont liés à l'usage qu'il en est fait. Ces différents usages, en lien avec le type de production, sont présentés dans le tableau suivant :

Production agricole	Usages	Période pendant laquelle le besoin en eau est le plus important
Banane	- Irrigation	Période de carême
Canne	- Irrigation	
Maraîchage	- Irrigation	
Cultures vivrières	- Irrigation	
Horticulture	- Irrigation	
Polyculture	- Irrigation	
Banane	- Lavage des bouquets	Toute l'année
Polyculture et élevage – production laitière	- Nettoyage salles de traites	

Ainsi, le besoin en eau est vital pour toutes les productions et se concentre sur la période de carême.

Tableau 27. Estimation du taux d'irrigation des cultures sur le PISE

Culture	Taux d'irrigation	
	Carême	Hivernage
Banane	70%	30%
Maraîchage	50%	50%
Prairie	50%	25%
Autres	50%	25%
Moyenne	61%	32%

Source : Société du canal de Provence et d'Aménagement de la Région Provençale, novembre 2000

- Trois **types d'irrigation** sont utilisés par les usagers du PISE :
 - L'irrigation par aspersion sous frondaison,
 - L'irrigation par aspersion sur frondaison,
 - L'irrigation par goutte à goutte.

Seules les données issues de l'enquête socio-économique⁷, réalisée en 2000, dans le cadre de l' « Etude technique, économique et financière sur le périmètre sud-est de la Martinique », permet d'approcher la répartition des modes d'irrigation sur le PISE. Sur 422 usagers dénombrés en 1999 par le BG-PISE, 134 réponses ont été enregistrées, soit un taux de réponse de 32%.

Ainsi, il apparaît dans cette enquête, qu'une forte majorité des irrigants pratique l'aspersion. La répartition par technique d'irrigation est la suivante :

- 67,4 % pratiquent l'irrigation par aspersion,
- 14,7 % le canon,
- 10,3 % le goutte à goutte,
- 5,8 % l'aspersion et le canon,
- et 1,2 % la micro aspersion et le goutte à goutte.

Le mode d'irrigation est lié au type de culture, mais aussi à la date d'installation et aux sources de financement mobilisables pour la rénovation ou l'installation de nouveau matériel d'irrigation.

Les conduites en fonte représentent 97 % du linéaire total. Plusieurs rapports mentionnent l'état de corrosion de certains tuyaux en fonte. Le dossier C sur la « Gestion technique et commerciale » de « l'Etude technique, économique et financière sur le PISE » indique qu'au vu d'un vieillissement prématuré de certaines canalisations, il conviendrait de procéder à une étude plus systématique de l'état des tuyaux fonte dans certaines zones afin de définir un éventuel programme de renouvellement. La nature de ces conduites, et leur vieillissement accentuent le risque de corrosion entraînant une augmentation des teneurs en fer dans l'eau d'irrigation.

6.2. Impact socio-économique de la qualité de l'eau de la retenue

6.2.1. Sources d'informations et entretiens

L'impact socio-économique de la qualité des eaux a été évalué à travers une étude bibliographique des données existantes, notamment l'enquête socio-économique issue de l'« Etude technique, économique et financière sur le périmètre du SE de la Martinique (PISE) – Phase 1 : Diagnostic - Novembre 2000 », d'entretiens menés auprès des responsables des coopératives BANAMART, BANALLIANCE, COOPROLAM, CODEM, SCACOM et SOCOPMA, et d'une enquête auprès d'usagers du PISE.

▪ Enquête socio-économique 2000

L'enquête menée en 2000 révèle que dans l'ensemble, les usagers sont satisfaits des services du PISE. L'insatisfaction est plus manifeste aux extrémités d'antenne et de périmètre du fait d'une pression plus faible. Toutefois, 24 % des usagers interrogés expriment une insatisfaction ; parmi eux, **de nouveau 24% (6 % du total) mettent en cause la qualité des eaux**. Les autres causes d'insatisfaction sont la pression

⁷ Etude technique, économique et financière sur le périmètre irrigué du sud-est de la Martinique – Phase 1 : Diagnostic – Dossier E : enquêtes socio-économiques – Mars 2000 – Conseil Général de la Martinique – Direction de l'Agriculture et de la Forêt.

pour 52%, le débit pour 11%, les coupures pour 5 %, le prix de l'eau pour 2%, d'autres raisons non explicitées pour 6%.

▪ Entretien menés auprès des coopératives

Les coopératives BANAMART et BANALLIANCE regroupent les **producteurs de banane**, COOPROLAM collecte et gère la commercialisation du **lait**, CODEM et SCACOM regroupent les éleveurs bovins de **raças à viande**, ovins et caprins, et enfin SOCOPMA est chargée de la commercialisation des produits issus du **maraîchage**. Le tableau ci-après présente de manière synthétique l'activité de ces coopératives ainsi que certaines données en lien avec les usages de la retenue. Ces données nous ont été transmises par oral lors des entretiens.

Tableau 28. Description des coopératives regroupant les producteurs du PISE

	Type de production	Volumes de production	Nombre d'adhérents	% utilisateurs de l'eau de la Manzo*	Type d'irrigation*
BANAMART	Banane	250 000 tonnes	420	95%	50 % sous frondaison 20 % sur frondaison 30 % goutte à goutte
BANALLIANCE	Banane	80 000 tonnes	200	50%	70% sous frondaison 20% sur frondaison 10 % goutte à goutte
COOPROLAM	Lait	900 000 litres	20	majorité	
CODEM, SCACOM	Viande		195	majorité	
SOCOPMA	Maraîchage				50 % sur frondaison 50 % goutte à goutte

* : estimation

Les représentants des coopératives interrogés ont formulé très peu de remarques sur la qualité des eaux. Les quelques désagréments évoqués, sans insistance, sont :

- Des odeurs parfois nauséabondes, odeur comparable à de l'œuf pourri,
- Une couleur d'eau parfois marron après des épisodes pluvieux,
- Le colmatage du système de goutte à goutte par accumulation de matières issues du ruissellement (matières terreuses).

Enfin, aucun **impact sur la qualité même des productions**, tels que des tâches éventuelles sur les fruits et légumes, n'a été observé ou communiqué à ces personnes.

La qualité des productions, notamment des bananes, est un enjeu majeur pour assurer et pérenniser la commercialisation des produits et la satisfaction des clients. Ainsi, on peut supposer que si les productions, transitant par les coopératives, avaient subi des dégradations qualitatives ou quantitatives significatives suite à la dégradation de la qualité de l'eau, les coopératives les auraient rapidement observé, ou auraient été informées de la situation.

De manière générale, les entretiens menés montrent que, pour les coopératives, **la qualité de l'eau n'induit pas d'impacts majeurs sur les productions agricoles**. Elle n'apparaît pas comme une cause majeure d'insatisfaction des producteurs davantage préoccupés par les aspects quantitatifs.

▪ Enquête menée auprès des usagers du PISE

Un questionnaire a été transmis aux usagers du PISE adhérent aux principales coopératives de banane et à des agriculteurs pratiquant le maraîchage-vivrier.

31 questionnaires ont été retournés : 22 par des irrigants pratiquant essentiellement la culture de la banane et 9 pratiquant principalement le maraîchage. La surface agricole correspondant s'élève à 438 ha (381 ha de bananes, 57 ha de maraîchage).

Les modes d'irrigation par aspersion sur- et sous- frondaison sont pratiqués par l'ensemble des usagers. Seules 5 exploitations utilisent également le goutte à goutte, essentiellement pour le maraîchage (3). L'aspersion sur frondaison est le mode d'irrigation prédominant (27 usagers dont la moitié pratiquent aussi l'aspersion sous frondaison) ; il prédomine aussi bien dans la culture de la banane (18 usagers / 22) que dans le maraîchage (9 usagers / 9).

Les réactions des usagers concernant la qualité de l'eau ont été les suivantes :

✓ Pour l'ensemble des filières : (31 réponses)

Les résultats montrent que les avis des usagers concernant la qualité des eaux d'irrigation sont partagés de manière à peu près équitable : 45% des agriculteurs ayant répondu au questionnaire de l'enquête sont satisfaits, contre 55% d'insatisfaction. Les manifestations d'insatisfaction proviennent essentiellement des cultivateurs de bananes tandis que les maraîchers sont majoritairement satisfaits de la qualité de l'eau.

Les causes de cette insatisfaction sont liées aussi bien à la couleur qu'à l'odeur de l'eau. La gêne est surtout occasionnée est la présence de tâches sur les fruits, les feuilles et les troncs. Toutefois, la moitié des irrigants (15 sur 31) considèrent que cela ne constitue pas un désagrément ; parmi eux, 41% des cultivateurs de bananes et 67% des maraîchers ne se considèrent pas gênés.

La moitié des irrigants estiment que la qualité de l'eau d'irrigation influe sur leur production. Il s'agit pour l'essentiel de cultivateurs de bananes (41% des exploitations de bananes) qui pratiquent une irrigation sur frondaison ; les maraîchers, bien que pratiquant la même irrigation, sont seulement 33% à relever cet impact.

68% des usagers (21 sur 31) souhaitent une amélioration significative de la qualité de l'eau : 73% sont des cultivateurs de bananes, 55,5% sont des maraîchers. Parmi eux, 4 (exclusivement des exploitations de bananes) souhaiteraient également un progrès dans la distribution de l'eau (élévation de la quantité d'eau, augmentation de la pression surtout en bout de réseau).

✓ Pour la filière banane : (22 réponses)

Les réactions de la filière banane indiquent que la plupart des usagers ayant répondu au questionnaire de l'enquête sont **insatisfaits de la qualité des eaux d'irrigation** (68% des exploitations ayant répondu à l'enquête). Les causes de cette insatisfaction sont liées autant à la couleur qu'à l'odeur de l'eau. La gêne occasionnée est la présence de tâches sur les fruits, les feuilles et les troncs. Toutefois, 9 irrigants considèrent qu'ils ne subissent pas ces désagréments et que la qualité de l'eau n'influe pas sur leur production alors qu'ils pratiquent une irrigation sur frondaison.

16 usagers souhaitent une amélioration significative de la qualité de l'eau. 5 exploitations ont exprimé uniquement un besoin d'amélioration de la desserte (quantité, pression). 9 irrigants souhaitent une amélioration à la fois de la qualité de l'eau et la desserte.

✓ Pour la filière maraîchage : (9 réponses)

Les réactions des maraîchers indiquent que la plupart des usagers ayant répondu au questionnaire de l'enquête sont **satisfaits de la qualité des eaux d'irrigation** (67%). Les causes de l'insatisfaction des 33% restants sont surtout liées à la couleur de l'eau qui provoque des tâches sur les feuilles et les fruits. Paradoxalement, 4 irrigants (44% des maraîchers ayant répondu à l'enquête) considèrent que la qualité de l'eau influe sur leur production alors ces mêmes personnes manifestent une satisfaction de la qualité de l'eau d'irrigation.

5 usagers souhaitent une amélioration significative de la qualité de l'eau. 3 exploitations ont exprimé uniquement un besoin d'amélioration de la desserte (quantité, pression). Aucun irrigant n'a manifesté le souhait d'une amélioration à la fois de la qualité de l'eau et de la desserte.

▪ Entretien menés auprès d'agriculteurs

Des représentants des filières maraîchères et horticole ont été rencontrés.

Les maraîchers ne considèrent pas qu'ils soient gênés par la présence de tâches sur les cultures. La production n'est pas pénalisée. La principale cause d'insatisfaction est liée à l'insuffisance des volumes d'eau pour l'irrigation.

Le secteur le plus pénalisé est l'horticulture. La visite chez une hortultrice utilisant l'eau de la retenue et ayant subi des impacts sur ses fleurs a apporté de nouveaux éléments quant à la gêne et ses conséquences. Les plantes et fleurs sont recouvertes d'une pellicule bleutée, brillante, parfois additionnée de tâches terreuses. Pour maintenir la qualité du produit, les plantes doivent être nettoyées préalablement à leur distribution. Lorsque les plantations sont trop fragiles, le nettoyage est impossible et la marchandise est parfois renvoyée au producteur. Cela induit donc un impact sur la production. Compte tenu que le phénomène se produit essentiellement pendant la saison sèche, où la consommation est moindre, l'impact est moindre. Aucune évaluation chiffrée de l'impact sur la production n'a été réalisée.

Tous les producteurs soulignent la gêne liée aux odeurs se dégageant de l'eau d'irrigation. Il est d'ailleurs précisé que cette gêne est constatée à plusieurs reprises dans l'année, quelle que soit la saison.

▪ Retour du gestionnaire du BGPSE

Les éléments précédemment décrits concordent avec les remarques formulées par le gestionnaire du PISE. En effet, ce dernier affirme dans un rapport que :

- « L'eau distribuée présente parfois une forte odeur d'œuf pourri, notamment dans les hangars de lavage de banane »,
- « On observe des dépôts couleur rouille et noir sur les feuillages, fruits et légumes ».

L'odeur d'œuf pourri traduit le dégagement d'hydrogène sulfuré et les dépôts de couleur rouille et noirâtre sont la conséquence de l'oxydation des sels ferriques et de manganèse.

Ainsi, il semble que l'impact soit bien réel pour certains utilisateurs de l'eau de la retenue.

6.2.2. Interprétation et analyse

Les informations recueillies au cours des entretiens et de la collecte de données permettent aujourd'hui d'avancer des hypothèses quant à l'impact socio-économique de la dégradation de la qualité des eaux.

Le fait que ces impacts soient très faiblement ressentis par les coopératives pourrait s'expliquer par le faible volume de productions collectées impactées. Ainsi, noyées dans un volume important, les productions touchées seraient difficilement détectables. Le contrôle qualité des productions commercialisées de banane étant rigoureux, régulier et aléatoire, il semble peu probable qu'une réelle dégradation des productions, portant un préjudice commercial aux coopératives, ait échappé à ces dernières.

Cette hypothèse peut sembler erronée aux vues des résultats de l'enquête auprès des agriculteurs eux-mêmes qui mettent en évidence une gêne réelle. Les causes d'insatisfaction concernent l'odeur, la couleur ainsi que l'apparition de tâche sur les fruits.

Un certain nombre de producteurs, notamment les maraîchers, assurent eux même la vente de leurs productions. C'est un marché local qui ne nécessite pas une organisation et un intermédiaire à la commercialisation. Ces producteurs indépendants et n'appartenant à aucun groupement, ils échappent aux coopératives.

Un lien existe entre le système d'irrigation utilisé et l'apparition de tâches. C'est au contact de l'air que l'oxydation du fer et du manganèse se produit. Ainsi, l'irrigation pratiquée par aspersion favorise la formation de dépôts noirâtres et rouille par l'oxydation du fer et du manganèse au contact de l'air. A la différence de l'aspersion, le système de goutte à goutte évite le contact de l'eau avec les fruits et les feuilles.

Il semblerait que les exploitants subissant de réels impacts économiques soient majoritairement des horticulteurs utilisant un système d'irrigation par aspersion. Cette supposition a été confirmée par la visite et l'entretien chez une hortultrice. Le nettoyage des fleurs tachées n'est pas toujours techniquement possible, induisant périodiquement le retour de certains produits au lieu de production.

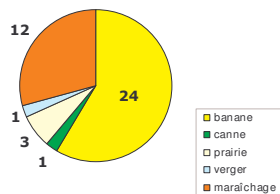
Résultats de l'enquête menée auprès des usagers du PISE

Résultats relatifs à l'ensemble des filières :

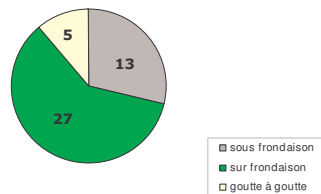
(31 fiches d'enquête réceptionnées)

Les cultures pratiquées et les modes d'irrigation pratiqués :

Les cultures pratiquées

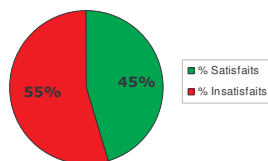


Les modes d'irrigation

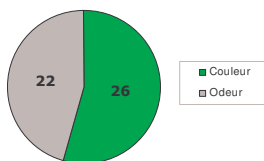


Les réactions des usagers concernant la qualité des eaux d'irrigation :

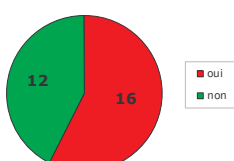
Satisfaction des usagers



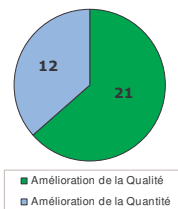
Causes d'insatisfaction



Influence de la qualité sur la production



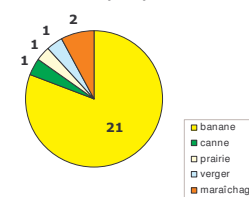
Attentes des usagers



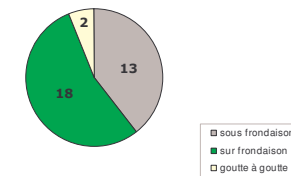
Résultats relatifs à la filière banane : (22 fiches d'enquête réceptionnées)

Les cultures pratiquées et les modes d'irrigation pratiqués :

Les cultures pratiquées

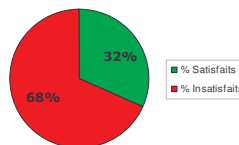


Les modes d'irrigation

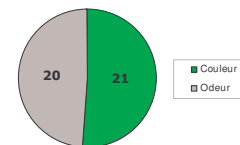


Les réactions des usagers concernant la qualité des eaux d'irrigation :

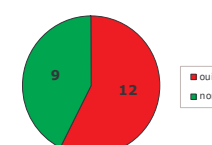
Satisfaction des usagers



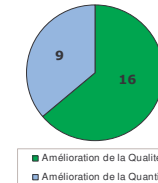
Causes d'insatisfaction



Influence de la qualité sur la production



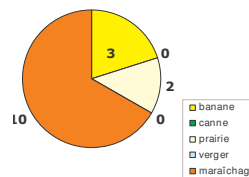
Attentes des usagers



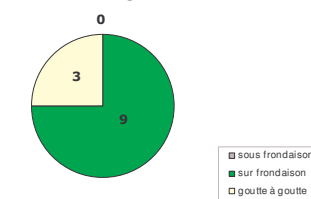
Résultats relatifs à la filière maraichage : (9 fiches d'enquête réceptionnées)

Les cultures pratiquées et les modes d'irrigation pratiqués :

Les cultures pratiquées

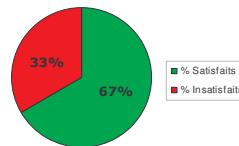


Les modes d'irrigation

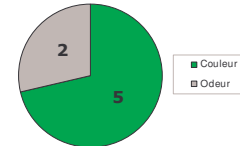


Les réactions des usagers concernant la qualité des eaux d'irrigation :

Satisfaction des usagers



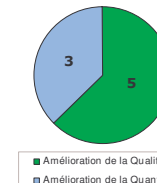
Causes d'insatisfaction



Influence de la qualité sur la production



Attentes des usagers



D'autres producteurs, notamment de bananes, expriment une gêne liée à la qualité des eaux. Cette gêne ne semble pas avoir de conséquence économique aux vues de la description et de la caractérisation de l'impact et des retours exprimés par les coopératives.

Certains maraîchers, bien que majoritairement satisfaits de la qualité de l'eau d'irrigation, considèrent qu'il y a un impact de la qualité sur leur production.

L'enjeu actuel et les souhaits des producteurs portent surtout sur la qualité de l'eau d'irrigation mais également sur la quantité d'eau. En effet, des motifs d'insatisfaction clairement exprimés concernent aussi la faiblesse des débits et les restrictions en eau en période de carême. L'enquête menée en 2000 avait déjà mis en évidence ce manque d'eau, cause première de l'insatisfaction des usagers de l'eau de la retenue.

6.3. Conclusion de l'approche socio-économique

Les entretiens et les enquêtes menés auprès des usagers du PISE ont mis en évidence le fait que l'impact socio-économique de la dégradation de la qualité des eaux de la retenue **concernerait une part non négligeable de producteurs**. Les avis sont toutefois mitigés, parfois contradictoires. Il semble néanmoins que **les exploitations susceptibles d'être le plus économiquement touchées soient les horticulteurs**. Certains producteurs, notamment de banane, expriment également une gêne qui ne semble toutefois pas se traduire par un impact économique réel.

Ainsi, en vue d'approfondir dans une phase ultérieure l'impact socio-économique, il serait intéressant de vérifier ces hypothèses par une enquête sur un échantillon représentatif de l'ensemble des exploitations du PISE. Ce travail pourrait être complété par des **entretiens réalisés auprès des exploitants réellement touchés par la dégradation de la qualité des eaux avec pour objectif d'évaluer l'impact économique réel sur les productions**. Ces exploitants pourraient être identifiés par :

- Le dépouillement de l'enquête 2000 sur le volet satisfaction de la qualité des eaux,
- l'identification des personnes qui se sont plaintes auprès du gestionnaire du BGPISSE.

7. Conclusion générale

Construite en 1979, la retenue de la Manzo sert à stocker l'eau destinée à l'irrigation depuis 1984. Elle est utilisée pour alimenter directement tout le Périmètre Irrigué du Sud Est de la Martinique (PISE). Elle est alimentée dans sa quasi totalité en dérivation sur l'adduction de la prise de la Lézarde.

Suite à l'apparition de signes d'altérations de la qualité de l'eau (prolifération d'algues observée de manière récurrente, avec plus ou moins d'intensité), et à des plaintes concernant la qualité de l'eau distribuée à certains usagers du PISE.

Les objectifs de la présente étude ont été d'assister le Conseil Général, Maître d'Ouvrage, dans sa démarche pour une meilleure compréhension du phénomène d'eutrophisation des eaux de la Manzo et la définition d'un programme d'amélioration de la qualité de l'eau. L'expertise s'est basée sur les données actuellement disponibles sur le bassin versant, le plan d'eau et les usagers. Des interventions complémentaires ont également été menées sur le terrain de manière à recueillir des données supplémentaires sur le milieu

Les paragraphes suivants synthétisent l'analyse des différentes thématiques détaillées précédemment, abordent l'intégration de la problématique dans le nouveau contexte de la mise en oeuvre de la politique européenne sur l'eau, et analysent la qualité de données sur lesquelles nous nous sommes appuyés pour cette étude. Le chapitre suivant fournira des préconisations découlant de cet état des lieux.

Le fonctionnement hydrobiologique de la retenue et le phénomène d'eutrophisation

L'eutrophisation est définie comme l'enrichissement d'une eau en nutriments (azote, phosphore et éléments minéraux). Dans les plans d'eau, ce phénomène est une évolution naturelle de l'écosystème. Cependant, ce processus peut être accéléré par les apports en nutriments liés aux activités humaines associés à d'autres facteurs (éclairage trop important, températures élevées, vitesses d'écoulement faibles, faible profondeur). L'eutrophisation entraîne des déséquilibres écologiques tels que la prolifération de la végétation aquatique et l'appauvrissement du milieu en oxygène.

L'analyse des résultats bruts recueillis a mis en évidence une présence régulière de conditions anoxiques au fond qui favoriseraient le relargage de Fer et de Manganèse depuis les sédiments vers la colonne d'eau. Il y a aurait une stratification du lac qui induit des conditions anoxiques au fond et favorise la remise en suspension des métaux mais aussi la production d'ammonium. L'anoxie du fond de la retenue, le relargage des sédiments, la production d'éléments réduits (métaux, hydrogène sulfuré, ammonium notamment) correspondent à des symptômes d'eutrophisation.

La prise d'eau située en fond de retenue récupère les eaux chargées en métaux avant de les distribuer aux agriculteurs du PISE. Au moment de la réoxygénation de ces eaux, les métaux s'oxydent et forment des taches brunes ou irisées sur les cultures ; de plus, des dégagements gazeux désagréables ont été observés très régulièrement.

L'évaluation du niveau de trophie du réservoir n'a pas montré les mêmes résultats en mars 2001 et en avril 2005. Les résultats de Lemoalle (2001) traduisent des conditions eutrophes avec un décalage vers un état mésotrophe ou hypereutrophe, soit une retenue plutôt productrices. A l'inverse, les analyses de chlorophylle effectuées en 2005 reflètent des conditions oligotrophes, c'est à dire des eaux faiblement productrices. Il n'est pas possible de se prononcer aujourd'hui sur le statut trophique de la retenue de La Manzo.

Les apports exogènes du bassin versant vers le plan d'eau ne semblent pas susceptibles de générer un enrichissement significatif des eaux. Les activités ne paraissent pas intervenir significativement dans la qualité de l'eau de la retenue.

La superposition de l'ensemble des conditions générales à plusieurs périodes d'analyses des eaux du réservoir a révélé que la retenue de La Manzo maintient probablement toute l'année une séparation claire entre des eaux de surface bien oxygénées non réductrices tandis que la couche profonde présente des conditions d'oxygénation très faibles, réductrices, qui favorisent le relargage de certains éléments indésirables dans la colonne d'eau et une modification des équilibres chimiques notés en surface. La circulation de l'eau au sein du réservoir ne semble pas suffisante pour qu'un brassage des eaux permette d'améliorer les conditions réductrices au fond du plan d'eau.

En conclusion, la caractéristique qui paraît avoir la plus grande influence sur le développement de la qualité de l'eau de la retenue, voir sur le processus d'eutrophisation, est le régime de stratification et de mixage de la masse d'eau.

La désoxygénation observée dans la retenue de La Manzo est un symptôme caractéristique d'un phénomène d'eutrophisation. Néanmoins, elle n'est pas systématiquement associée à une prolifération d'algues. De même, la faible transparence ne traduit pas forcément une eutrophisation. De plus, les données actuellement disponibles ne mettent pas en évidence d'enrichissement du milieu tel que défini par la définition de l'eutrophisation « l'enrichissement d'une eau en nutriments... ».

En conséquence, le terme d'eutrophisation doit être employé avec une certaine réserve dans le cas de la retenue de La Manzo, en attendant les informations suffisantes pour permettre de statuer sur le niveau de trophie de ce plan d'eau.

Nous garderons le terme d'« eutrophisation » dans le présent document. Il reste toutefois à définir si son emploi est pertinent ou abusif.

Les conséquences sur la définition du « Bon potentiel écologique » au sens de la Directive européenne Cadre sur l'Eau

Dans le cadre de la mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), l'état des lieux du district de la Martinique réalisé en 2004 a provisoirement classé la retenue de la Manzo parmi les « masses d'eau artificielles » (MEA), ie celles créées par l'homme, n'ayant aucune préexistence. De fait, elle n'a pas l'obligation d'atteindre le « bon état écologique » en 2015 mais le « bon potentiel écologique », le potentiel maximal étant le meilleur état qui puisse être obtenu compte tenu des altérations physiques inévitables.

La directive ne remet pas en cause les altérations qui ont été apportées à l'hydro-morphologie d'une masse d'eau si :

- Les travaux nécessaires pour atteindre le bon état écologique de la masse d'eau provoquent des incidences négatives importantes sur l'environnement et sur les activités (navigation, loisirs, stockage d'eau : AEP, **irrigation** et production d'électricité ; régularisation des débits, protection contre les inondations et drainage des sols, autres) ;
- Des activités poursuivant des objectifs bénéfiques qui sont à l'origine et qui dépendent de ces modifications hydro-morphologiques ne peuvent être exercées autrement (faisabilité technique, coûts disproportionnés) et dans des conditions environnementales meilleures.

Si la désignation en tant que « masse d'eau artificielle » est justifiée, ce classement ne dispense pas de mettre en œuvre toutes les mesures pratiques d'atténuation.

Suite à la réalisation de l'état des lieux, des analyses doivent permettre de justifier la désignation de la retenue de La Manzo comme « artificielle » au vu des impacts qu'entraînerait la restauration de la masse d'eau sur les activités et de la faisabilité technique ou des coûts disproportionnés des alternatives.

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.

Des informations complémentaires doivent, d'ici 2006, permettre de statuer sur ce risque qui conditionnera les mesures à engager pour atteindre les objectifs environnementaux de 2015.

Les conséquences du phénomène d'eutrophisation sur les usages

Les entretiens menés auprès des usagers du PISE ont mis en évidence le fait que l'impact socio-économique de la dégradation de la qualité des eaux de la retenue ne semble concerner qu'un faible nombre de producteurs. Les responsables des coopératives de banane, de lait et de viande n'ont exprimé aucune

insatisfaction liée à la qualité de l'eau. Par contre, certains producteurs observent parfois une dégradation de leurs productions, dégradation très certainement liée à l'utilisation de système d'irrigation par aspersion et qui se produit à n'importe quel moment de l'année. Ces hypothèses et l'impact réel sont à vérifier auprès des exploitants directement touchés.

Les conséquences attendues d'une altération de la qualité de l'eau pour les gestionnaires et les usagers peuvent être listées comme suit :

- L'eutrophisation peut compliquer la filière et l'exploitation des installations :
 - La mise en place de traitement spécifique d'élimination du fer et du manganèse,
 - Le développement de goût et d'odeur dans l'eau distribuée,
 - Le contrôle permanent de la distribution de l'eau brute,
 - Le risque d'apparition de toxines liées à un éventuel développement de Cyanobactéries,
 - Le risque d'apparition de germes dans les réseaux,
 - Le colmatage prématuré des filtres, induisant l'augmentation de la fréquence des lavages.
- L'eutrophisation peut induire un accroissement des frais d'investissement et de fonctionnement pour le gestionnaire des ouvrages et les usagers.

Audit des données

▪ **Le bassin versant de la retenue et Les usages**

Un certain nombre d'hypothèses ont été faites pour le calcul des apports en azote et phosphore provenant du bassin versant. Les choix réalisés quant aux méthodes de calcul ont été fortement orientés par la disponibilité des données.

Ci-après sont présentées de manière synthétique les données utilisées et celles faisant défaut dans l'estimation des apports en azote et phosphore.

Données utilisées pour l'évaluation des quantités issues de l'agriculture :

L'estimation des apports provenant de l'agriculture a été orientée sur les apports issus de la culture de banane déclarée, seule culture pour laquelle nous disposons de données complètes.

Les apports éventuels présentés ci-après n'ont pu être pris en compte :

- Les apports issus des cultures de maraîchage : faute de connaître les surfaces, les cultures associées, les pratiques de fertilisation et le taux de transfert au milieu, ces données n'ont pas pu être intégrées ;
- Les apports issus de la culture de canne : les expérimentations en Martinique sur parcelles de canne ne portant pas sur le taux de transfert, cette donnée est aujourd'hui inconnue ;
- Les apports issus des surfaces non déclarées : elles sont fréquentes en Martinique et très certainement présentes sur le bassin versant de la Manzo ;
- Les apports issus de l'agriculture traditionnelle : les apports issus de ces pratiques très variés, peuvent être considérés comme négligeables par rapport à l'agriculture de production sur certaines cultures (banane).

Données utilisées pour l'évaluation des quantités issues de l'assainissement :

Concernant l'assainissement, l'estimation des apports est basée sur le nombre de résidences présentes sur le bassin versant en 2001 sur la commune du François et 1996 sur la commune de Ducos. Deux hypothèses ont été formulées quant au taux de transfert au milieu : l'une haute considérant un abattement de 10% ; l'autre basse considérant un abattement de 50%. Pour comparaison, en métropole, on utilise couramment un taux de transfert de 50 % sur les pollutions issues de l'assainissement autonome.

Ces hypothèses hautes et basses, ont été réalisées faute de connaître les dispositifs d'assainissement et leurs états sur le bassin versant.

▪ **La retenue**

Un premier diagnostic de la retenue de La Manzo a été fait à partir de deux principales sources de données :

- Des résultats antérieurs : des analyses réalisées ponctuellement par le BGPISE (physico-chimie), gestionnaire du barrage, et par Lemoalle dans le cadre d'une expertise pour la définition des potentialités aquacoles du plan d'eau (physico-chimie, biologie) ;
- Des résultats d'analyses physico-chimiques et biologiques (phytoplancton) permettant une première approche plus complète de la qualité du milieu et de son niveau trophique.

Les paramètres évalués dans les analyses antérieures sont nombreux mais n'incluent pas l'ensemble des éléments utiles à la diagnose et à la définition du niveau trophique du plan d'eau :

- Les mesures *in situ* de température, d'oxygène et de transparence de l'eau ne sont pas incluses dans les archives du BGPISE. Seul Lemoalle y fait référence en mars 2001.
- Il n'existe pas d'investigations permettant de vérifier l'homogénéité des conditions physico-chimiques et/ou biologiques sur l'ensemble du plan d'eau.
- Aucune donnée n'est disponible sur les caractéristiques physico-chimiques des sédiments. De fait, il est impossible aujourd'hui de connaître l'influence de ce compartiment sur les conditions physico-chimiques générales du plan d'eau et déterminer le statut trophique selon les indices appropriés. En tant que réservoir de nutriments et intégrateur des conditions physico-chimiques antérieures, ce compartiment doit être systématiquement étudié lors d'une diagnose.
- Le phytoplancton, dont le développement excessif est la première manifestation d'un problème d'eutrophisation, a uniquement été étudié précédemment par Lemoalle, au cours du carême de 2001.

Le mode d'expression des résultats est parfois incompatible avec les grilles d'évaluation de référence. Ainsi, les premières mesures de phosphore total demandées par le BGPISE en 2004 sont exprimées pour une tranche de valeurs (< 0,05 mg/l) et ne sont exploitables pour une diagnose.

Les grilles de qualité et d'évaluation du statut trophique ont été renseignées à partir de données ponctuelles alors que le protocole demande d'intégrer des moyennes de plusieurs mesures. Notre approche n'a été qu'indicative, elle n'avait pas pour objectif de fournir une réponse précise compte tenu du manque de données disponibles. Celles-ci devront être multipliées pour fournir un résultat fiable.

Les contradictions relevées entre les résultats des analyses de 2005 et celles antérieures pour certains paramètres physico-chimiques et biologiques montrent la nécessité de réaliser des investigations complémentaires pour la définition précise de la qualité de l'eau et du statut trophique de la retenue de La Manzo. La précision de cette information est un préalable indispensable avant la définition d'un programme de gestion cohérent.

8. Préconisations

Suite à l'état des lieux, il est important aujourd'hui de mettre en place un programme de contrôle de l'altération de la qualité de l'eau et les informations indispensables à la mise en œuvre des objectifs qui auront été clairement définis.

Les informations existantes sur la retenue de La Manzo sont encore insuffisantes pour évaluer et gérer la situation. Les paragraphes à suivre fournissent des préconisations sur la démarche à poursuivre et les éléments à acquérir afin de mener des actions concrètes pour améliorer la qualité de l'eau de la retenue.

8.1. Contrôle de l'eutrophisation

Il est aujourd'hui prématuré de fournir des préconisations de mesures concrètes destinées à améliorer la qualité de l'eau sans une connaissance suffisante du fonctionnement de la retenue de barrage. Le présent paragraphe fournit des éléments d'orientations généraux qui aideront ensuite à orienter les gestionnaires sur des mesures susceptibles d'être mises en place au regard des objectifs qui auront été clairement identifiés.

- **Principes de la gestion de l'eutrophisation**

Les aspects scientifiques du processus d'eutrophisation ont été abordés dans le cadre de l'état des lieux. Son fonctionnement et son impact potentiel sur les propriétés chimiques, biologiques et physiques du réservoir restent encore à préciser dans le cadre d'un programme de surveillance. Le contrôle du phénomène sur la retenue de La Manzo revêt une importance particulière compte tenu des préoccupations liées à l'usage pour l'irrigation, des objectifs environnementaux inhérent à la mise en œuvre de la politique européenne sur les milieux aquatiques (directive cadre sur l'eau) ou, dans un cadre plus général, aux possibilités d'implantation de réservoirs d'eau brute dans le Sud Est de la Martinique où la ressource disponible pour l'alimentation est limitée par les conditions climatiques.

Pour atteindre ces objectifs, il est suggéré d'examiner successivement les différents points présentés dans la figure 26.

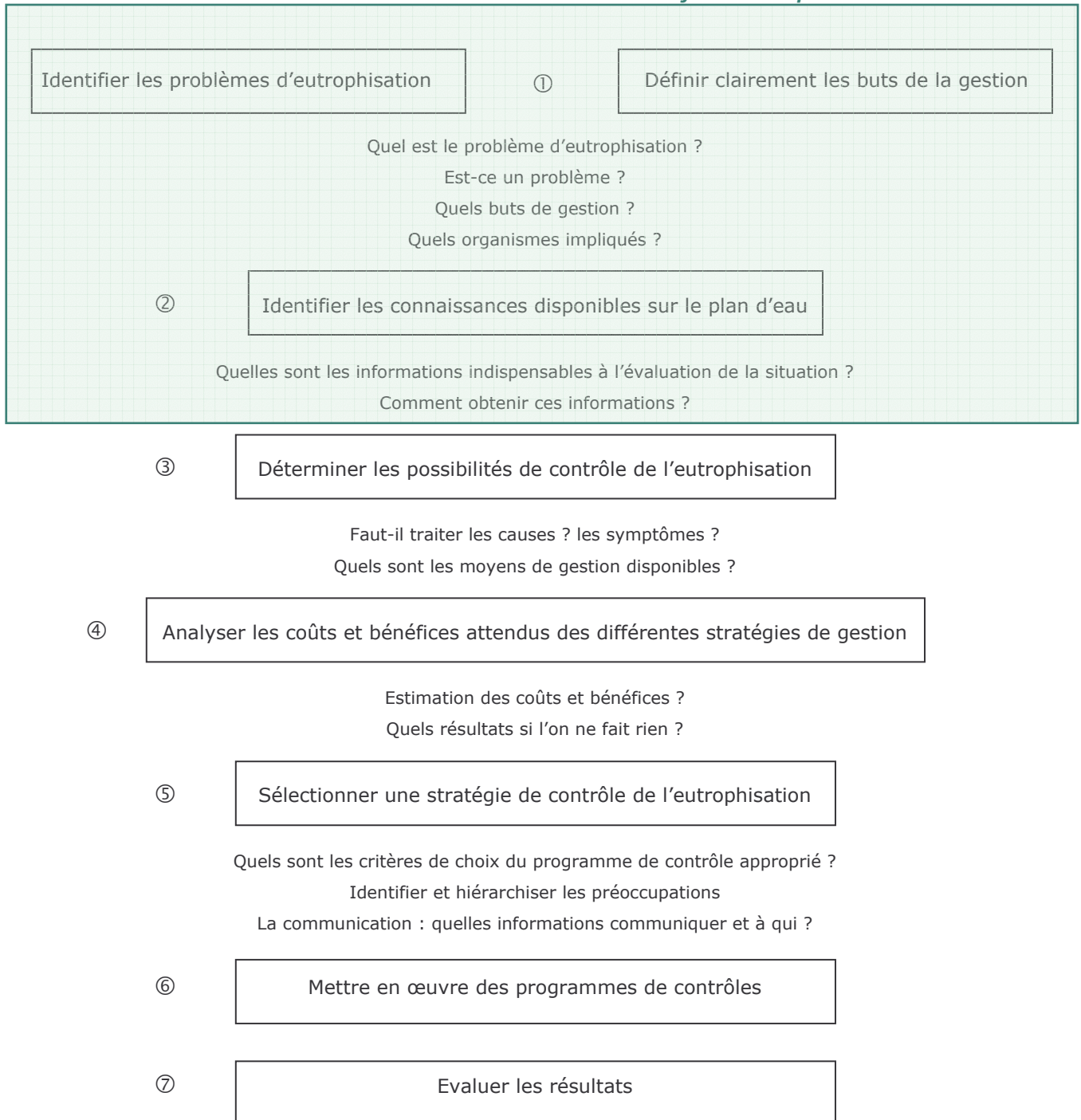
- **Les différentes possibilités de contrôle de l'eutrophisation**

La plupart des démarches accordent la priorité à des programmes visant à traiter les causes plutôt que les symptômes de l'eutrophisation. Les plus courants concernent la réduction des apports en nutriments provenant du bassin versant (création d'infrastructures de traitement, modification des pratiques d'épandage des fertilisants, ...). Dans certains cas, la meilleure solution est la combinaison des traitements des causes et des effets. La démarche doit correspondre au but recherché qui aura été préalablement clairement défini.

Dans le cas de la retenue de La Manzo, la première estimation des apports (qui reste à confirmer, à préciser) semble montrer que les apports du bassin versant sont peu élevés. L'altération de la qualité des eaux, effective au fond du bassin, semble plutôt attribuable aux conditions de circulation des eaux dans le plan d'eau. La priorité en matière de contrôle du phénomène serait alors, a priori, la maîtrise de la circulation des eaux. Compte tenu des résultats physico-chimiques peu significatifs obtenus suite à un renouvellement important de la masse d'eau (données d'octobre 2003), il reste toutefois à identifier les conditions de gestion du plan d'eau nécessaires à un bon renouvellement des eaux pour éviter l'installation de conditions réductrices au fond, **évaluer la portée d'un tel programme de contrôle sur le milieu mais aussi en terme de coût et de bénéfice.**

Figure 26. PRINCIPES DE LA GESTION DE L'EUTROPHISATION

Phases déjà réalisées pour la retenue de La Manzo



Dans le cas de la retenue de La Manzo, on ne peut ignorer les réalités environnementales, techniques et économiques. Il est important de noter que, dans le cadre de sa mise en œuvre de la Directive Cadre sur l'Eau, il est prévu que les masses identifiées provisoirement comme des masses d'eau artificielle (cas de la retenue de La Manzo) doivent être définitivement classées sur la base d'une analyse des impacts qu'entraînerait la restauration de la masse d'eau sur les activités et de la faisabilité technique ou des coûts disproportionnés des alternatives.

Le facteur social est également important. La retenue de La Manzo est destinée à un usage agricole ; le programme de gestion devrait prendre en compte l'impact sur la production agricole, notamment dans le cas des petites exploitations qui peuvent difficilement faire face à des nouveaux investissements (variations des

niveaux de production, changement d'espèces cultivées, de méthode de culture, ...). La notion de coût-rentabilité est également largement intégrée dans la nouvelle politique européenne de l'eau.

L'importance des différents facteurs (poids, priorités) doit être prise en compte dans le processus de décision d'un programme de contrôle.

▪ **Le traitement de l'eutrophisation**

Des solutions adaptées de traitement de l'altération des eaux ne peuvent être apportées dans l'état actuel des connaissances sur la retenue de La Manzo. La liste ci-après fournit quelques indications sur des actions qui pourraient être menées à priori pour combattre le phénomène ou ses conséquences sur l'usage irrigation. Des investigations ultérieures permettront de préciser cette liste.

- Augmentation artificielle des réserves de matière oxydantes dans l'hypolimnion
- Gestion du barrage basée sur l'évolution de la qualité de l'eau
- La destratification artificielle pour affaiblir la stratification thermique de la masse d'eau
- Les vidanges partielles en automne des couches profondes, riches en matières organiques et présentant un très fort déficit en oxygène dissous, quand les conditions hydrologiques le permettent
- Optimiser les périodes de pompage de l'eau vers La Manzo
- L'optimisation du niveau de la prise d'eau brute en sortie de retenue
- Mesures biologiques : introduction de poissons algivores consommateurs d'algues
- Contrôle des apports d'éléments nutritifs : réduction/élimination si un risque est avéré ; ou le contrôle rigoureux d'un développement éventuel des rejets

Il est primordial d'aboutir à une aération des couches d'eau profondes de la retenue de la Manzo de manière à réduire les concentrations en Fer et en Manganèse au fond du plan d'eau et éliminer le dégagement de H₂S, principales sources de nuisances pour les usagers de barrages.

▪ **La communication**

Une considération pratique importante est l'information de tous les partis intéressés. En effet, un lac ou un réservoir ne réagit pas toujours instantanément à des mesures de contrôle. De plus, il reste toujours une part d'incertitude quant au succès d'un programme. Il est donc important d'informer pour éviter tout risque de mauvaise interprétation sur les délais ou sur son succès.

8.2. Surveillance du bassin versant

Les préconisations décrites ci-après concernent la réalisation d'études complémentaires, le suivi et la mise à jour des données pour l'évaluation des apports du bassin versant. Elles visent aussi à améliorer la connaissance qualitative et quantitative des apports d'azote et phosphore et leurs influences sur les manifestations végétales observées sur la retenue la Manzo.

8.2.1. Apports du bassin versant

Parmi les sources d'apports et au vu des estimations réalisées, l'assainissement est la source d'azote et de phosphore la plus importante. Ainsi, si des études complémentaires venaient à être réalisées dans l'objectif de préciser ces apports, la fiabilisation de cette donnée apparaîtrait comme prioritaire.

▪ Apports liés à l'assainissement

L'estimation des apports issus de l'assainissement peut sembler être la priorité en matière de complément d'étude sur l'évaluation des apports au bassin versant étant donné son importance. Cette étude pourrait avoir pour objectif de connaître l'état global des dispositifs d'assainissement des résidences situées sur le bassin versant de La Manzo. Une enquête menée de manière similaire à celle réalisée sur la commune du François permettrait de qualifier les dispositifs d'assainissement autonome ainsi que d'évaluer leur efficacité en terme de traitement. Le choix des résidences enquêtées doit se porter préférentiellement sur l'ensemble du territoire du bassin avec une exhaustivité quant à la date d'installation des résidences et aux types d'habitats.

▪ Apports issus de l'activité agricole

Concernant les apports issus de l'agriculture, deux études complémentaires pourraient être menées : l'une sur l'agriculture de production et l'autre sur l'agriculture traditionnelle.

L'étude sur **l'agriculture de production** viserait dans un premier temps à qualifier et quantifier de manière précise les pratiques agricoles du secteur et dans un second temps à évaluer la marge d'actions, les propositions et leurs efficacités pour réduire les apports à la retenue. L'étude prendrait en compte les surfaces non déclarées, les cultures de maraîchages, les pratiques des exploitants sur le bassin versant... Pour se faire, il serait nécessaire de mener une enquête de terrain auprès des exploitants agricoles et en partenariat avec la chambre d'agriculture afin de réaliser un diagnostic précis du bassin versant.

Une autre étude sur **l'agriculture traditionnelle** pourrait être menée afin d'évaluer la part des apports issus de ces pratiques. Cette étude viserait, comme la précédente, à évaluer les pratiques en matière de fertilisation, les surfaces cultivées et les propositions et leur efficacité de réduction des apports. Le nombre de particuliers pratiquant ce type d'agriculture semblent assez important. L'étude pourrait consister à réaliser une enquête auprès d'un échantillon de particuliers représentatif du secteur par la localisation et la diversité des productions et des pratiques.

8.2.2. Mise en place d'un réseau de mesure

La mise en évidence très rigoureuse des liens entre les apports et les manifestations végétales pourrait être réalisée par une comparaison des valeurs annuelles et mensuelles :

- Des quantités d'azote et de phosphore issues du bassin versant,
- Des quantités d'azote et de phosphore de la retenue,
- Des manifestations végétales.

La connaissance de ces données précises nécessiterait la mise en place de suivi de mesure, dispositif néanmoins pas suffisant tant le phénomène est complexe. En effet, le phénomène de relargage de l'azote et du phosphore contenus dans les sédiments (apports endogènes) peut jouer un rôle important dans la mise à disposition des nutriments dans un réservoir.

8.2.3. Occupation du sol et zonage

Le POS de la commune du François est actuellement en cours de révision. De nouvelles règles générales et de servitudes seront définies dans le futur Plan Local d'Urbanisme qui sera validé courant 2005 et effectif au premier trimestre 2006. Il sera alors intéressant d'intégrer le zonage du bassin versant de La Manzo défini dans le futur PLU afin d'évaluer les perspectives et volontés locales quant au développement et à l'évolution de cette zone. Les orientations économiques et sociales en matière de développement des habitats, d'assainissement, de maintien de zones naturelles ou d'accroissement des surfaces cultivées auront une influence sur les apports en nutriments.

8.2.4. Etude socio-économique

L'étude socio-économique a permis de dresser un bilan général sur les conséquences de la dégradation de la qualité de l'eau de la retenue. L'identification des productions impactées et l'évaluation qualitative des conséquences de ces dégradations pourraient être complétées et approfondies par une enquête. Elle serait menée auprès des exploitants touchés et identifiés par :

- Le dépouillement de l'enquête 2000 sur le volet satisfaction de la qualité des eaux,
- L'identification des personnes qui se sont plaintes auprès du gestionnaire du BG-PISE.

8.2.5. Synthèse et leviers

Le tableau ci-après présente une synthèse des préconisations décrites précédemment. Il est organisé par thème, assimilable à des leviers d'actions pour l'approfondissement du phénomène ou la réduction des apports. L'efficacité de chaque levier est évaluée qualitativement au vu de l'importance de chacun dans le total des apports estimés et parvenant à la retenue.

Thèmes	Etudes complémentaires	Efficacité
Agriculture	- Agriculture de production : diagnostic et propositions d'actions, réalisation d'enquête	+
	- Agriculture traditionnelle : diagnostic et propositions d'actions, réalisation d'enquête	0
Assainissement	- Etude des dispositifs d'assainissement, leurs efficacités et propositions d'actions (enquête)	+++
Zonage et gestion des espaces (POS - PLU)	- Intégration du zonage du PLU du François	+
Lézarde		++
Etude socio-économique	- Evaluation des conséquences de la dégradation de la qualité des eaux auprès des exploitants touchés	

+++ : Efficacité forte
++ : Efficacité moyenne
+ : Efficacité faible
0 : Efficacité très faible

8.3. Surveillance du plan d'eau

La mise en place d'une surveillance du plan d'eau de La Manzo a pour principaux objectifs :

- De confirmer ou infirmer les premières conclusions données par l'état des lieux,

- Expliciter le fonctionnement de la retenue,
- De fournir un état de référence pour les progrès à venir,
- De développer la surveillance du plan d'eau,
- De fournir des données suffisantes pour appuyer la mise en place de mesures correctives. Celles-ci peuvent néanmoins intervenir avant que des réponses soient apportées à toutes les questions.

8.3.1. *Diagnose du plan d'eau*

Il est proposé de réaliser une surveillance de la retenue de La Manzo sur la base d'un protocole couramment employé au niveau national pour l'évaluation de l'état trophique des plans d'eau et la détection d'éventuels signes de déséquilibre, à partir de paramètres identifiés par le système d'évaluation de la qualité SEQ-Plan d'Eau, et sur la base d'une méthodologie d'intervention de type « diagnose rapide ».

Du fait du degré plus élevé d'imprévisibilité qui caractérise les réservoirs à eau chaude, la poursuite des investigations permettra d'acquérir une meilleure compréhension des mécanismes qui entrent en jeu et des facteurs qui provoquent les exceptions à la règle.

▪ **Principe de la méthode**

La diagnose rapide a été initiée en 1987 à la demande de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse qui désirait disposer d'une méthode de diagnostic allégée et peu coûteuse en vue d'établir un inventaire systématique de la qualité des plans d'eau du bassin RMC. Une actualisation a été réalisée ensuite pour optimiser à la fois le travail de prélèvement, d'analyse et d'exploitation des résultats, d'autant que la Directive-Cadre 2000/60/CE impose un nouveau cadre d'étude des plans d'eau au niveau européen. Le présent protocole fait donc suite à une réactualisation par le Cemagref en 2003.

La diagnose rapide s'applique aux plans d'eau naturels ou artificiels présentant un hypolimnion stratifié durablement en été ou dont la profondeur moyenne est supérieure à 3 m, à condition que l'emprise des macrophytes reste limitée (surface recouvrement des macrophytes < 10 % de la surface du plan d'eau). Dans le cas des retenues artificielles, la diagnose est réalisée sans l'indice Mollusques.

▪ **Descripteurs**

Pour répondre aux objectifs, plusieurs paramètres sont à prendre en compte : des paramètres physico-chimiques et biologiques. A noter, la mise à jour d'une grille de seuil des variables de l'eau adaptée pouvant permettre, au moins chaque année, d'indiquer l'état trophique du plan d'eau, repose au préalable sur la définition des niveaux d'eutrophisation. Cette définition ne peut s'effectuer qu'à partir d'une accumulation de données pour des variables physico-chimiques biologiques indicatrices couplées à celles du sédiment très intégratrices dans le temps.

Les descripteurs comprennent :

- La caractérisation de la qualité physico-chimique de l'eau : 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.
- 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.

Les paramètres à mesurer sont listés dans le tableau suivant :

Compartiment	Paramètres	Compartiment	
Eau	Paramètres <i>in situ</i> (température, pH, oxygène, conductivité)	Sédiments	Métaux (Cd-Hg-Cu-Cr-Ni-Pb-Zn)
	Nitrates		PCB, HAP
	Ammonium		Carbone organique particulaire (phase solide)
	Phosphore total		Phosphore total (phase solide)
	Orthophosphates		Azote total (phase solide)
	Nitrites		Granulométrie (phase solide)
	Pesticides		Teneur en eau (phase solide)
	MES		Orthophosphates (eau interstitielle)
	Chlorophylle a		Phosphore total (eau interstitielle)
	Phéopigments		Ammonium (eau interstitielle)
	Phytoplancton (inventaire)		Azote total (eau interstitielle)
	Silice		Fer (eau interstitielle)
			Manganèse (eau interstitielle)

▪ Mise en oeuvre de la méthode

Points de prélèvements :

La diagnose rapide nécessite au moins 1 station de prélèvements physico-chimiques qui sera située à la verticale de la plus grande profondeur, et pour les retenues artificielles, en dehors de la zone d'influence du barrage. Leur nombre est à déterminer en fonction des objectifs de l'étude.

Compte tenu du manque de connaissances du plan d'eau de La Manzo, il est proposé de réaliser dans un premier temps une caractérisation sur 2 stations éloignées de manière à vérifier l'homogénéité spatiale des conditions physico-chimiques. Dans le cadre d'un suivi en routine, et après vérification de l'homogénéité des conditions spatiales, 1 seul point pourra être sélectionné.

Les prélèvements dédiés aux sédiments sont effectués en 5 points dans les milieux naturels et en 3 points dans les retenues artificielles.

Périodes de prélèvements :

Le protocole prévoit le suivi d'un plan d'eau sur 4 campagnes effectuées au cours du même cycle annuel saisonnier. Dans le cas de la retenue de La Manzo, compte tenu du manque de connaissance sur les variations au cours de l'année, des variations saisonnières et de marnage du plan d'eau, il est proposé :

- 2 campagnes en période de carême : au début et en fin de saison,
- 2 campagnes en période d'hivernage : au début et en fin de saison.

Le but est d'observer l'évolution des conditions physico-chimiques et biologiques (phytoplancton) au cours des variations de température et d'oxygène dans la colonne d'eau (stratification(s) ? épaisseur des couches ? période(s) de mélange des eaux ?).

Le calage de chaque période d'intervention peut être estimé sur la base d'un suivi mensuel des conditions physico-chimiques *in situ* dans la colonne d'eau (profils de température et d'oxygène en plusieurs points de la retenue) au cours d'un cycle annuel complet). Il est très utile, préalablement à une diagnose rapide, de posséder des informations ayant trait au cycle thermique saisonnier du plan d'eau.

Il est préconisé par la méthode que les mesures et analyses de physico-chimie soient effectuées lors de chaque campagne de terrain tandis que les pigments chlorophylliens et le phytoplancton ne sont pas systématiquement mesurés. Cette fréquence s'appuie sur des saisons marquées de zone tempérée et une connaissance du fonctionnement général de ces plans d'eau.

Pour la retenue de La Manzo, il est suggéré de s'attacher dans un premier temps à récolter le maximum d'informations utiles à la compréhension du fonctionnement du plan d'eau ; on propose donc de réaliser des analyses pour tous les paramètres et à chacune des quatre périodes pré-citées.

▪ Protocoles de prélèvements

Physico-chimie de l'eau :

Les prélèvements, les conditions de stockage et d'analyse des échantillons doivent respecter les règles de l'assurance qualité (normes).

Quatre prélèvements sont à effectuer dans la colonne d'eau à chaque période :

- 1 prélèvement « intégré » dans la zone euphotique,
- 1 prélèvement en surface,
- 1 prélèvement au fond,
- 1 prélèvement intermédiaire.

Physico-chimie des sédiments :

Les prélèvements de sédiment pour l'analyse physico-chimique sont réalisés une seule fois, normalement au cours de la dernière campagne de terrain, au minimum au point de plus grande profondeur.

Phytoplancton :

Le plancton destiné à l'analyse des espèces est prélevé au moyen d'un filet selon :

- 1 vertical partant de la zone profonde jusqu'à la surface,
- 1 horizontal tiré sur une centaine de mètres, sous la surface de l'eau.

Les prélèvements d'eau destinés au dosage de la chlorophylle *a* et des phéopigments seront effectués en même temps que l'échantillonnage du phytoplancton, sous la forme d'un prélèvement d'eau « intégré ».

8.3.2. Interprétation des résultats

Les **résultats bruts** sont interprétés est fonction des connaissances bibliographiques, de l'expérience de chacun et de grilles d'interprétation.

A partir des résultats bruts, quelques **paramètres** peuvent être **calculés** selon le besoin, comme compléments d'interprétation. Par exemple, on admet généralement que les quotients N/P, N/SiO₂, Si/P permettent de discerner quel est l'élément limitant la croissance algale et par-là, les types d'algues qui s'installeront préférentiellement. Dans le sédiment, le rapport C/N témoigne à la fois de l'origine et de l'âge de la matière organique accumulée.

L'interprétation de la diagnose rapide s'appuie sur plusieurs types d'**indices** construits pour s'échelonner en fonction de la dégradation de la qualité du milieu suivant une échelle de 0 à 100 : les indices spécifiques, les indices fonctionnels. Ils sont de nature physico-chimique ou biologique : l'indice ~~Pigments chlorophylliens~~, l'indice ~~Transparence~~, l'indice ~~P total hiver~~, l'indice ~~P total du sédiment~~, l'indice ~~Perte au feu du sédiment~~, etc. Les relevés biologiques permettent le calcul de l'ITP, indice planctonique. Les indices Oligochètes et Mollusques ne sont pas proposés pour l'instant.

Les indices étant calculés, l'interprétation se poursuit donc, pas à pas, en effectuant une comparaison intra puis inter-compartiments fonctionnels

Les grilles du Système d'Evaluation de la Qualité « **SEQ-Plan d'Eau** » permettent d'évaluer le niveau trophique et l'état écologique des plans 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.

Annexes

Annexe 1. – Liste des organismes contactés dans le cadre de l'étude

Annexe 2. – Coupes géologiques (BRGM)

Annexe 3. – Rapports d'analyses physico-chimiques – Avril 2005 (LDA, Martinique ; LDE 31)