

Laboratoire Microorganismes: Génome et Environnement

Environnement

UMR CNRS 6023 - 63177 Aubière cedex Coordinateurs : J. Dévaux - D. Debroas Avec la participation de C. Lepere - C.Portelli

ETUDE DE LA QUALITE DES EAUX DU LAC DE LA CREGUT

Rapport final

| I. | Introduc A. | ction | |
|------|--------------------|--|----------|
| | A. 1 | | |
| | _ | | |
| | 2 D | Les observations de terrain. | |
| | В. | | |
| ** | C. | Objectifs de l'étude | |
| II. | Matérie A. | l et méthodes | |
| | 1 | Mesures de flux. | 9 |
| | 2 | Lac de La Crégut | 9 |
| | 3 | Etude de l'origine et de l'importance de l'envasement du lac | 10 |
| | 4 | Bathymétrie | 10 |
| | B. | Emplacement des stations d'échantillonnage | 11 |
| | C. | Paramètres abiotiques | 12 |
| | D. | Echantillonnage des organismes planctoniques | 14 |
| III. | | assins versants | |
| | A. | | |
| | 1 | | |
| | 2 | Tr | |
| | B. | 24 040000 1410400 40 1010400 | |
| | 1 | . Lo lao da Taot et boli oasolii yelsant | |
| | 2 | L'Eau Verte, la Tarentaine et leurs basins | 18 |
| | C. | Synthèse des résultats sur les bassins versants | 22 |
| IV. | Quali A. | té des eaux et flux de matière Pluviométrie et hydrologie | |
| | В. | phosphore | 26 |
| | C. | Azote | 27 |
| | D. | Rapport Azote/Phosphore | 31 |
| | E. | Les matières en suspension | 32 |
| | F. | Mesures réalisées dans des conditions de pluviométrie considérée | es comme |
| e | xceptionn | elles | 34 |
| | G. | Bilan des flux de matière | 35 |
| V. | Qualité A. | des éaux dans le lac de la Crégut Température et oxygène | |
| | 11. | 10mportural of Oxygono | |

| | В. | Eléments nutritifs et développement phytoplanctonique et | 38 |
|-------------|-----------|---|-----------|
| | C. | Transparence des eaux et MES | 42 |
| VI. | Bathy | métrie | 44 |
| | A. | Données environnementales | 46 |
| | B. | Méthode de lever | 46 |
| | C. | Matériel utilisé | 47 |
| | D. | Traitement des données | 47 |
| | E. | Conclusions | 48 |
| VII. | Concl | usion | 50 |
| | A. | Qualité des eaux | |
| | B. | Niveau d'eutrophisation du lac de la Crégut | 52 |
| | C. | Envasement du lac | 54 |
| VIII. | Pro A. | Mise en place d'un programme sur 3 ans - Réalisation d'une étude | |
| sur | les bass | sins versants | 57 |
| | B. | Opérations de curage | 58 |
| | C. | Mise en pace d'un contournement des lacs du tact et de la Crégut | 58 |
| IX. | Biblio | graphie | 59 |
| X. A | ANNEX | $oxed{\mathbf{E}}\mathbf{S}$: | |
| | A. | Evolution temporelle de la composition qualitative et semi quantita | ative des |
| peu | plemen | ts phyto et zooplanctoniques d'avril à début septembre 2006 | 60 |
| | B. | Aménagement hydroélectrique de la haute Tarentaine | 73 |
| | C. | Schéma synthétique des études réalisées | 74 |

I. <u>INTRODUCTION</u>

A. Présentation du site « Tact-La Crégut »

Situé à 865 m d'altitude, dans le département du Cantal à 4,5 km de Saint Genest Champespe, le lac de La Crégut s'étend sur une superficie de 36 ha pour une profondeur maximale de 26,5 mètres. C'est le plus grand lac naturel du Cantal d'origine glacière, non envahi par une tourbière.

Le lac de la Crégut est utilisé dans le complexe hydroélectrique de la haute Tarentaine depuis 1970. EDF a procédé à d'importants travaux sur un bassin versant de 8920 ha, notamment en dérivant les eaux provenant de la rivière la Tarentaine et de son affluent l'Eau Verte. Une partie du débit du cours d'eau de la Tarentaine est détournée vers le cours d'eau de l'eau Verte par une conduite forcée. Une partie du cours d'eau de l'Eau Verte est ensuite aussi détournée par une conduite forcée dans le Lac du Tact, ancienne tourbière ennoyée dont le Bassin Versant « naturel » n'est estimé qu'a 180 ha. Une partie du lac du Tact est ensuite évacuée dans le lac de la Crégut par une nouvelle conduite forcée (Annexe B). Le bassin versant de la Crégut étant estimé à 210 ha. Dès 1939, Olivier avait suspecté l'existence de sources sous lacustres dont le débit a été estimé a 40 l/s par EDF lors d'une étude menée en novembre 2003.

Suite à ces aménagements hydrauliques réalisés par EDF, il apparaît, depuis quelques années une modification très importante de la qualité des eaux du lac de la Crégut :

- envasement très rapide.
- signes évidents d'eutrophisation.

1. Le lac du tact

Le lac du Tact se situe sur une ancienne tourbière ennoyée qui présente une profondeur maximale de 2 à 3 m. En 1994, les fonds étaient meubles et instables avec des sédiments pouvant affleurer en surface de la retenue. La moitié du volume du lac est occupé par des sédiments récents recouvrant la tourbe. Le lac du Tact joue un rôle de piège à sédiments, à nutriments et à métaux lourds. Les sédiments renferment une réserve potentielle en phosphore importante qui peut être libérée sous certaines conditions physicochimiques.

Les eaux du Tact sont de relativement bonne qualité; les paramètres déclassant sont les composés azotés, l'ammonium, l'oxygène, la DBO5, le phosphore et la Chlorophylle *a* (principalement en été). Le Tact joue un rôle épurateur des eaux provenant des bassins versants de l'Eau Verte, de la Tarentaine et du Tact. Ce rôle de décanteur trouve ses limites actuellement avec des concentrations en phosphore élevées et des phénomènes de relargage à partir des sédiments (faible profondeur et diminution de l'oxygène dissous vers le fond). Les fortes valeurs de pH et de chlorophylle témoignent d'une forte production algale dans le Tact.

Ce rôle épurateur est limité lorsque les apports sont supérieurs à la capacité épuratoire de la retenue, lorsque les pluies sont fortes, et, en été lors du relargage de certains éléments à partir des sédiments (phosphore notamment). La campagne d'analyse physicochimique sur l'Eau Verte, la Tarentaine et le Tact de juin 98 à septembre 99 révèle un phénomène d'eutrophisation avec une anaérobiose au fond et des apparitions de composés toxiques comme l'ammoniac, l'hydrogène sulfuré, le chrome (naturel), le magnésium et des composés ferreux.

2. Le lac de la Crégut

a) Au niveau des sédiments

Le lac de la Crégut présente une profondeur maximale de 26 m. Les sédiments sont instables au fond du lac et leur nature reste à préciser (vases fluides ou débris végétaux), la hauteur de ces sédiments a peu varié entre 1994 et 1995 (même hauteur de vase mais avec une densité de sédiment éventuellement plus forte). Des analyses polliniques en 1995 révèlent que depuis la mise en dérivation de l'eau Verte dans la Crégut, les apports proviennent essentiellement des espèces allochtones (sapin et pin) non représentatives du bassin versant du lac de la Crégut. L'accumulation de sédiments diminue entre la conduite d'alimentation et le centre du lac jusqu'à devenir nulle au centre du lac. En fait, seule une accumulation récente de sédiment sableux (grossiers) a été révélée en entrée du lac de la Crégut avec des sédiments fluides d'une épaisseur variable de 0,5 à 1 m de profondeur. L'origine de ces matériaux grossiers est mal connue, il s'agit d'un phénomène accidentel et ponctuel : soit lié aux travaux de réalisation de la prise Tac/Crégut, soit lié à une érosion des berges, soit lié à des matériaux

rapportés. Il est signalé par ailleurs l'existence d'une zone où l'argile glaciaire est absente probablement due au soutirage naturel ou à un apport d'eau à travers la moraine empêchant le dépôt de sédiment. Les transports solides dans le lac de la Crégut évoluent lors d'épisodes de crues. La pointe de MES passe avant la pointe de débit. Ce phénomène est probablement du à la remise en suspension des sédiments déposés en amont des prises de la Tarentaine, de l'Eau Verte et du Tact, au début de leur submersion, avant que le débit maximal arrive.

Une analyse algologique des sédiments du lac de la Crégut révèle que le lac est passé d'un stade méso-oligotrophe à un stade oligotrophe avec la mise en place du barrage du Tact (nommé par ailleurs prébarrage). Aujourd'hui, il évolue vers un stade eutrophe rapide. Le stade méso-oligotrophe était du aux modifications de l'occupation du sol (reboisements) qui ont généré un pompage d'éléments eutrophisant qui étaient dissous dans les eaux de percolation. Le stade oligotrophe était dû à la mise en service du barrage du Tact en 1970 qui constitue un piège à éléments nutritifs (ex : phosphore) et ce prébarrage fonctionne comme un décanteur avant l'arrivée des eaux dans la Crégut.

Le stade eutrophe rapide est dû à la saturation du lac du Tact en sédiments. Il devient alors une source de production de la matière organique et d'éléments nutritifs par relargage, Ceci est dû à l'augmentation de la température en été, à la diminution de l'oxygène dissous, à la faible profondeur de la retenue engendrant une rapide saturation en azote et en phosphore de l'eau interstitielle et de son sédiment.

D'après EDF une partie des sédiments déposés sur la zone amont du lac de la Crégut peuvent provenir de l'effondrement des berges. C'est pourquoi, lors des derniers travaux de novembre 2003, EDF a mis en place des enrochements afin d'arrêter ce creusement des berges. Par ailleurs, EDF a signalé qu'il y avait eu un déboisement ou défrichage d'une partie de la rive droite du lac de la Crégut, il y a 4 ou 5 ans qui aurait pu provoquer une accélération des apports en sédiments.

b) Au niveau de la qualité de l'eau

La qualité des eaux du lac de la Crégut présente des problèmes de phosphore, d'ammonium et de chlorophylle provenant des apports du Tact (N et P) et du bassin versant propre (N) surtout en été. A priori la matière organique est allochtone. L'étude de 1997 dans le lac de la Crégut révèle que le disque de Secchi disparait à 2 m de profondeur. Ce constat

peut signifier que le lac est eutrophe. Le lac du Tact, prébarrage, fonctionne comme un réacteur biologique en éliminant le phosphore ou autres nutriments en fonction de la productivité biologique. La diminution de la vitesse d'écoulement génère un dépôt phosphore qui est piégé par les sédiments et fixé par la biomasse algale tant que la teneur en oxygène est suffisante.

Des analyses complémentaires ont été réalisées le 17 novembre 2003 au niveau du lac de la Crégut lors de l'arrêt des apports par le lac du Tact (travaux sur le Tact) afin d'évaluer l'effet de l'isolement du lac de la Crégut. La qualité de l'eau de la Crégut est relativement bonne mais elle présente des paramètres déclassant : les nitrates, l'ammonium dans la partie médiane de la Crégut et les phosphates en zone amont du lac. Par ailleurs les concentrations des paramètres mesurés varient selon la profondeur des prélèvements. Il est noté que la qualité des eaux du lac de la Crégut semble néanmoins s'être améliorée depuis 2000 ; un échantillonnage peut être plus complet permettrait de confirmer ce résultat (nombre, espace, durée). Des apports de sédiments allochtones grossiers sont suspectés en zone amont du lac ainsi qu'un dysfonctionnement du recyclage de la matière organique au sein du système. L'existence de sources souterraines peut être confirmée par l'augmentation de la teneur en oxygène et de la température dans la partie médiane du lac.

B. Les observations de terrain

Au niveau des bassins de rétention des eaux de la Tarentaine et de l'Eau Verte, les eaux apparaissent brunes en raison d'une forte teneur en acides humiques, ce qui est normal en fonction des terrains traversés, mais limpides. Ceci ne préjuge bien évidemment en rien de leur composition chimique. Toutefois, à l'entrée du Tact, le béton du radier présente une couleur marron qui traduit le développement de Diatomées (aucun prélèvement n'a été effectué mais la couleur est très caractéristique) ce qui est tout à fait normal. A l'aval du radier le lit du cours d'eau n'apparaît pas colmaté par des sédiments fins ce qui indique que le plan d'eau artificiel créé à la confluence de l'Eau Verte et de la conduite forcée de la Tarentaine exerce efficacement son rôle de décanteur.

Le « lac » du Tact est une tourbière de faible profondeur. En sortie de cet écosystème, c'est à dire à l'entrée de la conduite forcée alimentant le lac de la Crégut, les eaux apparaissent extrêmement turbides, très chargées en Matières en Suspension (MES). A l'entrée du lac de la

Crégut, le radier bétonné présente un tout autre aspect que celui observé à l'entrée du Tact. Il est entièrement colonisé par des végétaux macroscopiques (mousses ou Algues ?) dont la présence laisse présager une importante teneurs en azote et Phosphore des eaux affluentes. En bordure de lac, l'observation permet de penser que deux phénomènes sont impliqués dans la dégradation de la qualité des eaux.

- Un envasement rapide, comme en témoigne l'épaisseur de sédiments fluides, donc récents. Il est peu probable qu'il s'agisse d'une sédimentation d'organismes produits dans le lac mais plutôt de MES en provenance du Tact. Cette origine devra être précisée.
 - Une eutrophisation avancée comme en témoigne :
- o La présence de Chlorophycées (algues vertes) filamenteuses sur tous les cailloux de la zone littorale. Le développement de ces organismes est l'indicateur d'apports importants en azote et Phosphore aux eaux du lac.
- o La présence en grand nombre de Crustacés Isopodes du Genre Asellus et de larves de Diptères Chironomidae à fourreaux sous et sur les cailloux. Leur présence indique une charge importante des eaux en matière organique particulaire.
- o L'existence de cette charge en matière organique particulaire semble confirmée par la présence, non observée lors de la visite mais mentionnée par plusieurs riverains, de Mollusques Lamellibranches (Moules) du Genre Anodonta. Ces organismes filtreurs ne peuvent se développer qu'en présence d'une importante concentration en matériel organique particulaire en suspension dans l'eau.

Le lac du Tact a eu un rôle d'épurateur (fixation d'azote et de phosphore) et de décanteur (piégeage de matières en suspension) pendant un certain temps. Cependant les visites sur site révèlent qu'il semble aujourd'hui saturé. Il semble restituer tout ce qu'il reçoit et il semble remettre en suspension du matériel particulaire par la « méthanisation » de ses eaux profondes. Ceci entraîne une remontée de plaques entières de sédiments qui s'évacuent au lac de la Crègut car elles ne sont pas toutes retenues par le barrage flottant de type dronne mis en place par EDF à la sortie du Tact.

C. Objectifs de l'étude.

De nombreuses études ont donc été menées par EDF sur ce complexe, malheureusement par « fractions ». Juin 1998 à Septembre 1999 sur le barrage de la Tarentaine, le barrage de l'Eau verte, la tourbière du Tact, Juillet à novembre 2000 sur le

barrage de l'Eau Verte et la tourbière du Tact, Août 2000- Octobre 2000 sur la lac de La Crégut. Donc, aucun bilan annuel, avec de plus, des paramètres mesurés qui ne sont pas toujours les mêmes.

Il paraissait donc indispensable de faire une étude globale du complexe Tact-la Crégut avec des mesures portant sur les principaux paramètres pouvant expliquer la situation actuelle et de proposer des solutions curatives. Ce programme est d'autant plus important que le lac de la Crégut, situé sur le territoire du Contrat de rivière Haute Dordogne, est pris en compte dans le programme d'actions du contrat pour une gestion intégrée des cours d'eau à l'échelle du bassin versant de la haute Dordogne. D'autre part, la Directive Cadre Européenne sur l'eau inscrit le bassin versant de la Tarentaine et le l'Eau Verte dans trois masse d'eau différentes concernées par les captages utilisés pour l'alimentation en eau potable. Enfin le lac de la Crégut est situé en amont de la du lac de Lastioulles utilisé pour la baignade et les activités nautiques. La DCE fixe comme objectif l'atteinte du bon état écologique de ces masses d'eau pour 2015.

Nos objectifs tels que définis dans le «Contrat de Prestation de Service » signé par les différents partenaires (Université Blaise Pascal, CNRS et le CCSA) sont :

- 1- De mettre en évidence une éventuelle sédimentation très rapide dans le lac.
- 2- De déterminer l'origine allochtone ou autochtone de l'envasement du lac de La Crégut.
- 3- D'identifier l'origine des éléments nutritifs (azote, phosphore...) ayant éventuellement conduit a une eutrophisation du lac.
- 4- De proposer, en fonction des informations obtenues, des moyens curatifs aux problèmes posés.

II. MATERIEL ET METHODES

A. Méthodologie

Le programme consiste à mesurer pendant 12 mois les paramètres permettant de comprendre les causes de l'envasement et de l'eutrophisation du lac de La Crégut à partir de mesures faites en entrée du Tact et en entrée et sortie du lac de La Crégut et sur le lac de La Crégut.

1. Mesures de flux.

Ces analyses ont été effectuées chaque semaine, à partir de prélèvements réalisés par des échantillonneurs automatiques par cumul de deux échantillons journaliers.

Les flux en Matières en suspension (MES) Matière Organique (MO), Azote sous ses différentes « formes » (NTK, N-NO₃-,N-NO₂-,N-NH₄+), Phosphore total, P-PO₄ ³⁻ et Silice ont été déterminés.

2. Lac de La Crégut

a) Stratégie d'échantillonnage

Dix sept campagnes de prélèvements ont été réalisées au niveau du point le plus profond et à 7 niveaux : 0, 1, 2, 4, 7, 10 mètres et Fond-1 mètre. Ces campagnes se sont déroulées selon le calendrier suivant : 1 en mars, 2 en avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre, 1 en novembre et décembre. Les prélèvements de mars-avril et d'octobre-novembre nous ont permis d'apprécier l'importance des brassages printanier et automnal dans la remontée des nutriments stockés en zone profonde durant la période estivale.

b) Analyses physicochimiques

Sur chacun des échantillons récoltés, les analyses sont les mêmes que celles proposées en amont et aval. La transparence de l'eau a été mesurée par la profondeur de disparition du disque de SECCHI. Des profils verticaux de température et de teneurs en oxygène ont été réalisés de mètre en mètre lors de chaque campagne.

c) Analyses biologiques

Sur chacun des échantillons, les teneurs en pigments phytoplanctoniques ont été mesurées. La composition spécifique du phytoplancton et du zooplancton a été déterminée à partir de traits verticaux de filet à plancton 20 m-surface. Une cotation d'abondance a permis une approche semi-quantitative de la composition spécifique des peuplements.

3. Etude de l'origine et de l'importance de l'envasement du lac

La sédimentation a été étudiée à partir du matériel particulaire récolté dans trois « trappes à sédiment » disposées à 1 m du fond en trois points situés dans l'axe longitudinal du lac. Ces trappes ont été relevées tous les 15 jours. Par rapport au contrat de prestation, nous n'avons pas effectué le carottage aux trois points une fois dans l'année en raison du dysfonctionnement de notre matériel. Cependant comme les mêmes interprétations pourront être réalisées à partir des mesures déjà acquises, les objectifs de l'étude ne sont ainsi pas remis en cause. Une étude non biaisée sur le relargage du Phosphore par les sédiments aurait demandé la mobilisation d'une matériel bien plus sophistiqué.

4. Bathymétrie

Une carte bathymétrique du lac de la Crégut a été réalisée et les résultats ont été comparés avec ceux obtenus par EDF en 1994 et 1995. Cette opération a été menée avec « l'Association pour la Gestion et l'Utilisation de l'Echosondeur » (AGUE) dotée d'un bateau équipé d'un GPS et d'un échosondeur de dernière génération (Simrad EY 500).

(Le texte qui précède correspond en partie à l'annexe scientifique du « Contrat de Prestation de Service » signée par les différents partenaires (Université Blaise Pascal, le CNRS et le CCSA). Les partie du rapport (e.g. Etude des Bassins versants) qui ne font pas partie du contrat de prestation sont données uniquement à titre informatif.

B. Emplacement des stations d'échantillonnage

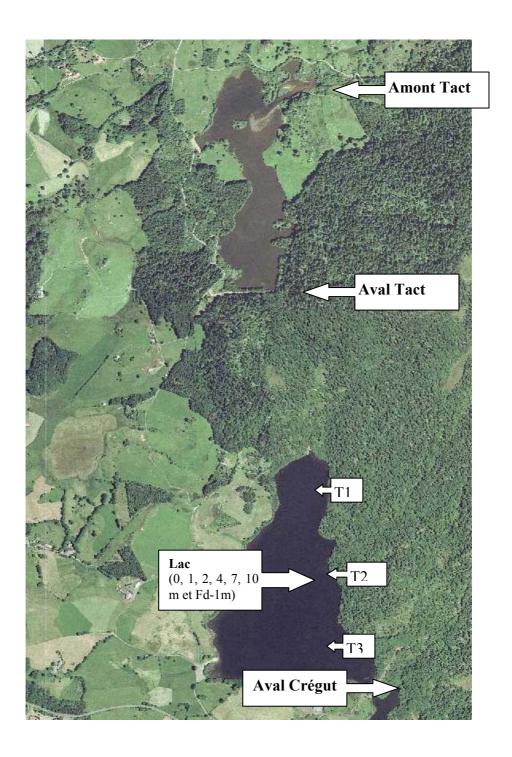


Fig. 1 : Répartition des différents points d'échantillonnage

Trois stations permettent de déterminer la qualité des eaux et les flux (Fig. 1). Les

deux premières stations se situent dans le Tact au niveau des deux conduites forcées en amont

(Station « Amont du Tact ») et en aval (Station « Aval du Tact »). La troisième est située à la

sortie de lac de la Crégut. La qualité des eaux du lac de la Crégut a été analysée à une station

située au point le plus profond du site à 7 profondeurs (0, 1, 2, 4, 7, 10 m et 1 m au dessus du

sédiment : Fd – 1 m). Les stations T1, T2 et T3 correspondent à l'emplacement des trappes à

sédiment.

Principales abréviations utilisées :

N-NH4: ammonium

N-NO2: nitrites

N-NO3: nitrates

NK: azote Kjeldahl

Nt : azote total

P-Ptot: phosphore total

P-PO4: orthophosphates

MES: matières en suspension

MO: matière organique

C. Paramètres abiotiques

a) Température, oxygène dissous, pH

La température, la teneur en oxygène dissous (mg.l⁻¹ et %) et le pH ont été mesurés à

l'aide d'une sonde multiparamètre. La précision donnée par le constructeur est la suivante :

Température : ± 0.4 °C

Oxygène dissous : ± 0.03 mg.l⁻¹

pH: ± 0.04 unité pH

12

b) Matières en suspension

La quantité de matières en suspension a été mesurée par filtration d'eausur membrane filtrante de type Whatman GF/C (fibre de verre) et dessiccation au four à 105°C pendant 24 h. La quantité de matières en suspension est estimée par la différence du poids du filtre après la dessiccation et le poids du filtre avant filtration de l'eau à analyser.

c) Silice

(Kit MERCK Spectroquant Si)

La silice forme un complexe d'acides silico et phosphomolybdiques de couleur jaune par réaction avec l'ion molybdate. Une addition d'acide citrique détruit sélectivement le complexe phosphaté. Un dosage spectrophotométrique du bleu de silico-molybdène formé par la réduction partielle du molybdène est effectué à la longueur d'onde de 650 nm.

d) Azote

Azote ammoniacal N-NH₄⁺ (NF T 90-015):

Le dosage de cet ion repose sur la formation en milieu alcalin d'un composé type indophénol par réaction des ions ammonium avec du phénol et de l'hypochlorite, en présence de nitroprussiate comme catalyseur. La coloration obtenue est mesurée, au spectrophotomètre, à la longueur d'onde de 630 nm.

Azote nitreux N-NO₂ (NF T 90-013):

Le principe de ce dosage consiste en une diazotation de l'amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites à pH acide en présence de dichlorure de N-(naphtyl-1) diamino-1,2 éthane. Le complexe rose formé par la réaction est mesuré, au spectrophotomètre, à la longueur d'onde de 540 nm.

Azote nitrique N-NO₃ (Kit HACH Nitraver 5 Nitrate):

Le dosage repose sur la réduction des nitrates en nitrites au contact du cadmium métallique. La réaction des nitrites avec l'acide sulfanilique donne un sel de diazonium qui, en présence d'acide gentistique, forme un complexe coloré ambré. Celui-ci est mesuré, au spectrophotomètre à la longueur d'onde 400 nm.

Azote Kjeldhal (NF T 90-110):

Le dosage consiste en une minéralisation des matières organiques en milieu acide et en présence de catalyseur, suivie d'une évaporation en milieu alcalin de l'azote ammoniacal obtenu. Celui-ci est dosé par la méthode au bleu d'indophénol précédemment.

e) Phosphore

Orthophosphates PO₄³⁻ (Kit HACH Phosver 3 Phosphate):

Le dosage repose sur la formation d'un complexe phosphomolybdique avec le molybdate et d'une réduction par l'acide ascorbique donnant une coloration bleue. La coloration obtenue est mesurée, au spectrophotomètre, à la longueur d'onde de 890 nm.

Phosphore total:

Le dosage consiste en une minéralisation à chaud en présence d'acide sulfurique et de potassium persulfate et du dosage des Orthophosphates par la méthode précédemment citée.

Afin de donner de synthétiser toutes ces données, nous avons choisi d'utiliser la grille de classification SEQeau des cours d'eau qui permet de visualiser rapidement la qualité des eaux en 5 catégories (Très bonne, Bonne, Passable, Mauvaise et Très mauvaise). Cette grille n'a de valeur que pour les eaux courantes, cette classification ne peut être utilisée pour estimer les risques d'eutrophisation d'un plan d'eau.

D. Echantillonnage des organismes planctoniques

Les échantillons sont récolté à l'aide d'un filet de type Juday et fixés à l'aide d'une solution formaldéhyde - lugol. L'identification et la cotation d'abondance sont réalisées par microscopie optique.

Caractéristique des cellules autotrophes, la chlorophylle a (μ g/l) est fréquemment utilisée comme paramètre d'estimation de la biomasse phytoplanctonique. Les analyses sont réalisées par spectrophotométrie sur des extraits acétoniques selon le protocole décrit par Lorenzen (1967).

III. <u>LES BASSINS VERSANTS</u>

A. Le bassin versant du lac de la Crégut

1. <u>Le bassin versant naturel</u>

Il s'agit du bassin versant « propre » au lac. Le bassin versant du lac de la Crégut accuse une superficie de 210 hectares. Il s'agit donc d'un petit bassin versant dont le couvert végétal est essentiellement forestier, en effet plus des deux tiers du bassin versant sont occupés par le bois des Gardes. Le reste du bassin versant est recouvert par des prairies herbeuses pouvant servir de pâturage.

2. <u>Les apports du bassin versant naturel</u>

Ils sont très limités du fait de sa petite taille. Les apports de matière organique peuvent provenir de la décomposition des végétaux, ils peuvent aussi être d'origine agricole (épandages...)

B. Le bassin versant artificiel

Il s'agit des cours d'eau et bassins versants qui sont reliés au lac de la Crégut par l'intermédiaire de conduites artificielles.

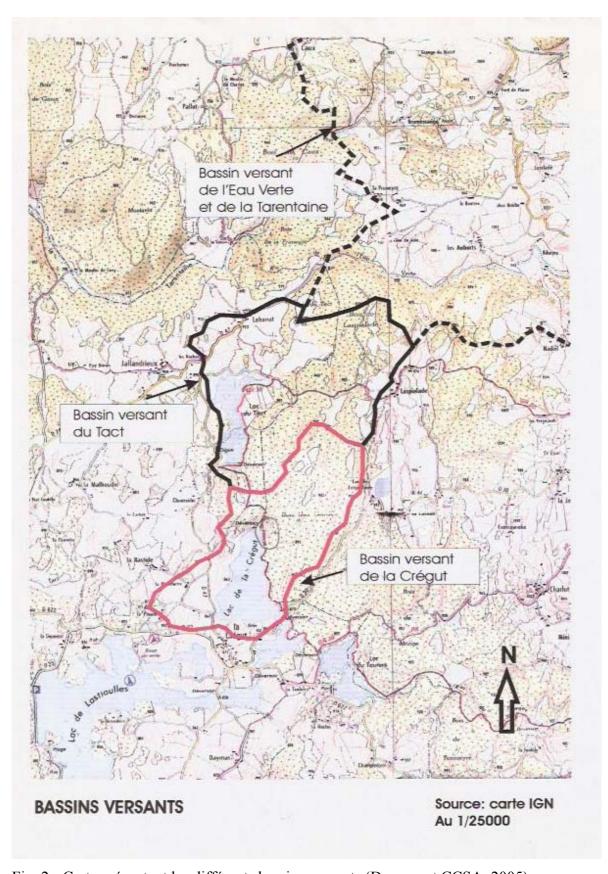


Fig. 2 : Carte présentant les différents bassins versants (Document CCSA, 2005).

1. Le lac du Tact et son bassin versant

a) Le lac du Tact

Le lac-tourbière du tact se situe sur une ancienne tourbière ennoyée qui présente une profondeur maximale de 2 à 3 mètres et qui a joué pendant longtemps le rôle de décanteur. La moitié du volume du lac est occupé par des sédiments récents recouvrant la tourbe, leur épaisseur varie de 20 centimètres à 2 mètres. Il existe deux zones de sédimentation préférentielle au sein du lac (Données EDF). Des sédiments grossiers en amont du lac et des sédiments plus fins en aval, au niveau de la prise d'eau du lac de la Crégut, de plus un phénomène de remise en suspension de ces sédiments est constaté à proximité de cette prise d'eau.

Le lac du Tact joue le rôle de piège à sédiments notamment vis-à-vis des matières en suspension (MES). Les sédiments déposés devant les différentes prises d'eau (EauVerte, Tarentaine et Crégut) sont remobilisés lors de forts débits et sont transférés en aval. Ces sédiments renferment une réserve potentielle en phosphore importante qui peut-être relarguée sous certaines conditions physicochimiques et donc retrouvée en aval du lac. En milieu oxydant le phosphore se fixe sur les éléments libres et précipite alors qu'en milieu réducteur (anoxique), il est libéré et diffuse vers l'interface.

Le rapport « Etude du lac de la Crégut » rédigé par EDF suite à des séries de mesures effectuées sur le lac du Tact (de juin 1998 à septembre 1999 et de juillet à novembre 2000) révèle que ses eaux sont de relativement bonne qualité mais les paramètres déclassant sont les composés azotés (ammonium, nitrites, nitrates), l'oxygène, la DBO5 (demande biochimique en oxygène à 5jours), le phosphore et la chlorophylle a. Pour certains paramètres (l'azote, phosphore, métaux lourds) le lac du Tact joue un rôle épurateur des eaux provenant de son bassin versant ainsi que des bassins versants de l'Eau Verte de la Tarentaine. Ce même rapport révèle que ce rôle trouve actuellement ses limites avec des concentrations en phosphore élevées et des phénomènes de relargage à partir des sédiments. Or, les données de cette étude mettent en évidence que les teneurs en oxygène ne sont pas compatibles avec un phénomène de relargage (valeur seuil 3 mg/ml d'oxygène). Le phosphore présent ne fait vraisemblablement que transiter par le Tact.

b) Le bassin versant du lac du Tact

Le bassin versant du lac du Tact s'étend sur 1800 ha. Plus de la moitié du bassin versant est recouverte par les bois du Tact et de Lasparlade. Le reste du bassin versant est recouvert par des prairies herbeuses pouvant servir de pâturage. Le seul hameau présent sur le bassin versant lac est celui de Labanut constitué de huit bâtiments.

c) Les apports du bassin versant du lac du Tact

Ils sont comme dans le cas du bassin versant du lac de la Crégut très limités du fait de sa petite taille et peuvent être d'origine végétal (matière organique provenant de la décomposition des végétaux) ou encore agricole.

2. <u>L'Eau Verte, la Tarentaine et leurs b</u>asins

a) L'Eau Verte

Le ruisseau de l'Eau Verte prend naissance au pied du Puy de Paillaret au sud des Monts du Sancy avec le ruisseau de Neuffonds. Il s'écoule ensuite du Nord-Est au Sud-Ouest en traversant la partie Sud-Ouest du département du Puy de Dôme et la partie Nord-Ouest du département du cantal. De l'amont vers l'aval, l'Eau Verte s'écoule à proximité des hameaux des communes de Besse-et-Saint-Anastaise, Picherande, St Genès-Champespe et Saint-Donat (Epidor, 1997 : « Le bassin versant de la Rhue, état et tendance observés en 1997 »).

Selon le rapport rédigé par EDF suite à des séries de mesures effectuées sur l'Eau Verte (de juin 1998 à septembre 1999 et de juillet à novembre 2000), les eaux de l'Eau Verte présentent une qualité variant de la classe 1A à 1B selon les mois. Les paramètres déclassant sont les composés azotés, l'oxygène, ainsi que le phosphore. L'accumulation de sédiments au niveau du barrage de l'Eau Verte (endroit où les eaux sont détournées vers le lac du Tact) est relativement importante : un curage de 700 m³ a eu lieu en avril 1997 et de 400 m³ en août 2001 pour une capacité totale de 6000 m³.

b) La Tarentaine

La rivière la Tarentaine, de première catégorie piscicole, prend sa source au pied du Puy Ferrand au sud des Monts du Sancy. Elle s'écoule du Nord-Est au Sud Ouest en traversant la partie Sud-Ouest du département du Puy de Dôme et la partie Nord-Ouest du département du cantal. De l'amont vers l'aval, la Tarentaine s'écoule à proximité de hameaux des communes de Chastreix, Picherande et Saint-Donat (Direction régionale de l'environnement Auvergne, octobre 1997 : « Etude hydrographique du bassin de la Rhue »).

Toujours selon le document de la communauté de communes Sumène Artense suite à des séries de mesures effectuées sur la Tarentaine (de juin 1998 à septembre 1999), les eaux de la Tarentaine sont de bonne qualité (classe 1B) mais les paramètres déclassant sont les composés azotés, l'oxygène et le phosphore. L'accumulation de sédiments au niveau du barrage de Brumessage (endroit où a lieu la déviation des eaux vers l'Eau Verte), dont la capacité de la retenue est de 70000 m³, est importante. Un curage de 6500 m³ a eu lieu en avril 1997 et un autre d'environ 3000 à 4000 m³ a eu lieu en août 2001. Aucun curage n'a été effectué entre 1970 et 1997.

c) Les bassins versants de l'Eau Verte et de la Tarentaine

De sa source jusqu'au barrage de l'Eau Verte, le bassin versant de l'Eau Verte a une superficie de 4320 ha. Ce territoire est rural et constitué alternativement de prairies de fauche et de pâturages, ainsi que de zones boisées. On peut signaler l'existence de la station d'épuration de Picherande sur ce bassin versant.

De sa source jusqu'au barrage de Brumessange, le bassin versant de la Tarentaine représente 4620 ha. Comme dans le cas du bassin versant de l'Eau Verte, le bassin versant de la Tarentaine est un espace rural recouvert en majorité par des prairies de fauche, pâturages et de zones boisées.

Contrairement aux bassins versants du lac de la Crégut et du lac du Tact, ces deux bassins versants comptent sur leur espace plusieurs hameaux appartenant à 6 communes principales : le Chambon-sur-Lac, Besse-et-Saint-Anastaise, Chastreix, Picherande, Saint-Donat et St-Genes-Champespe. Cependant on peut constater que les communes du Chambon-sur-Lac et de Besse-et-Saint-Anastaise ne sont que très peu impliquées dans le bassin versant

des deux rivières, elles ne seront donc pas prises en compte dans le regroupement de données sur les différents apports de ces bassins versants. De plus les configurations des parcours des deux rivières sont relativement semblables. L'Eau Verte et la Tarentaine sont très proches l'une de l'autre et quasiment parallèles, et elles traversent plus ou moins les même communes. Cela nous permet de regrouper les données concernant ces deux bassins versants et de considérer qu'il s'agit du même bassin versant commun au deux rivières.

d) Les apports du bassin versant de l'Eau Verte et de la Tarentaine

Pour faire le bilan des apports du bassin versant de l'eau Verte et de la Tarentaine, nous avons considéré 4 communes : Chastreix, St-Genès-Champespe, Picherande, et Saint-Donat (les deux dernières faisant partie conjointement du bassin versant de l'Eau Verte et de la Tarentaine). Les apports sont séparés en deux types : les apports d'origine domestique, et les apports d'origine agricole. Du fait de la ruralité de l'espace d'étude, les apports d'origine industrielle sont inexistants sur celui ci.

- Activités d'origine domestiques :

| Code postal | Communes | Superficie (ha) | Nombre total de foyer sur la commune | Nombre de foyers raccordés à une STEP | Equivalent habitant raccordés à une STEP | Nombre de foyers avec assainissement non collectif | Equivalent habitant avec assainissement non collectif |
|----------------|-------------------------------|-----------------|--|---|--|---|---|
| 63098 | CHASTREIX | 4510 | 344 | 42 | 510 | 302 | 906 |
| 63279 | PICHERANDE | 4430 | 410 | 170 | 150 | 240 | 720 |
| 63336 | SAINT- DONAT | 3330 | 200 | 50 | 234 | 150 | 450 |
| 63346 | SAINT- GENES- CHAMPESPE | 3230 | 212 | 78 | 1020 | 134 | 402 |
| | Total | 15500 | 1166 | 340 | 1914 | 826 | 2478 |

Tab. 1 : Les apports d'origine domestiques sur les communes du bassin versant (Données : Epidor)

Nous constatons dans un premier temps que la densité de population dans cette région est relativement faible, en effet il y a environ 3500 habitant répartis sur l'ensemble des quatre communes soit sur environ 15500 ha. Sur les foyers recensés environ 29% sont raccordés à une station d'épuration et seule la STEP de Picherande se situe dans le bassin versant étudié (plus précisément dans celui de l'Eau Verte). Nous pouvons aussi citer l'existence de trois campings (deux sur la commune de Picherande et un sur celle de Saint Donat) qui peuvent être sujet à des rejets plus importants, notamment en période estivale. Cependant il convient de relativiser ces chiffres car ils concernent les communes entières, or elles ne font pas partie dans leur intégralité du bassin versant de l'Eau Verte et de la Tarentaine.

- Activités d'origine agricole :

| Code postal | Communes | Superficie agricole utilisée en 2000 (ha) | Superficie fourragère principale en 2000 (ha) | Superficie toujours en herbe en 2000 (ha) | Maïs fourrage et ensilage en 2000 (ha) | Terres labourables en 2000 (ha) | Céréales en 2000 (ha) |
|----------------|-------------------------------|--|---|---|--|--|-----------------------------|
| 63098 | CHASTREIX | 2630 | 2634 | 2634 | 0 | 0 | 0 |
| 63279 | PICHERANDE | 2910 | 2914 | 2914 | 0 | 0 | 0 |
| 63336 | SAINT- DONAT | 2450 | 2448 | 2448 | 0 | 0 | 0 |
| 63346 | SAINT- GENES- CHAMPESPE | 1780 | 1778 | 1778 | 0 | 0 | 0 |
| | Total | 9770 | 9774 | 9774 | 0 | 0 | 0 |

Tab. 2 : Utilisation de la surface agricole (Données : Epidor)

L'activité essentielle dans la région est d'origine pastorale, en effet la totalité de la superficie agricole utilisée reste en herbe et est donc destinée au pâturage de différents troupeaux. Nous pouvons voir que l'élevage de bovins domine largement dans le secteur, il s'agit d'élevage extensif. De plus 45% des exploitations agricoles réparties sur les quatre communes considérées s'étalent sur moins de 50 hectares. A l'instar des chiffres concernant les activités domestiques, il est important de relativiser ces chiffres qui ne se limitent pas strictement à l'espace délimité par le bassin versant.

| Code postal | Communes | Total bovins en 2000 | Total caprins en 2000 | Total équidés en 2000 | Total ovins en 2000 | Total porcins en 2000 | Total volailles en 2000 | Exploitations de 50 ha et plus en 2000 | Toutes exploitations en 2000 |
|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------------|--|------------------------------|
| 63098 | CHASTREIX | 3491 | 0 | 25 | / | 68 | 220 | 20 | 48 |
| 63279 | PICHERANDE | 3322 | 42 | 32 | / | 31 | 478 | 23 | 49 |
| 63336 | SAINT- DONAT | 2717 | / | 25 | 100 | 16 | 335 | 23 | 54 |
| 63346 | SAINT- GENES- CHAMPESPE | 1812 | 0 | 63 | 0 | / | 144 | 13 | 25 |
| | Total | 11342 | 42 | 145 | 100 | 115 | 1177 | 79 | 176 |

Tab. 3 : Importance des exploitations et troupeaux (Données : Epidor)

C. Synthèse des résultats sur les bassins versants

Cette synthèse a pour objectif de donner une idée de l'importance relative des différents apports à le retenue du Tact, qui seront, pour partie déversés dans le lac de la Crégut via les bassins versants de la Tarentaine et de l'Eau Verte. Les bassins versants naturels du Tact et de la Crégut sont très restreints et non soumis à une activité humaine importante. Si la qualité des eaux des rivières La Tarentaine et l'Eau Verte est qualifiée de bonne à partir des études réalisées par EDF de juin 1998 à septembre 1999, puis de juillet à novembre 2000, les facteurs déclassant, selon les normes SEQeau, sont toujours (entre autres) les concentrations en composés azotés et en phosphore. Nous avons donc tenté de comprendre l'origine de ces deux éléments sur les bassins versants considérés.

Les données recueillies auprès de la Chambre d'Agriculture (données 2000) font état du nombre de bovins, caprins, ovins, équidés, porcins et volailles recensés sur les bassins versants de la Tarentaine et de l'Eau Verte. Il est donc possible d'estimer les apports en Azote (N) et Phosphore (P) liés aux déjections de ces animaux.

A partir des données de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne, nous pouvons estimer les apports à partir des données suivantes :

1 bovin = 1 UGB (Unité Gros Bétail)

1 caprin, ovin = 0.15 UGB

1 équidé = 1 UGB

1 porcin = 0.3 UGB

1 volaille= 0,0035 UGB

Sachant qu'une UGB = 44g de P/j et 200g de N/j, il est possible de calculer, à partir de nos données, les rejets de N et P liés à l'élevage.

Ce calcul est toutefois très approximatif et n'a qu'une valeur indicative. En effet, si nous ne considérons que le cheptel bovin, le plus important, l'équivalent UGB varie selon qu'il s'agit d'un bovin de moins de 6 mois, d'une vache en engraissage, d'une vache allaitante.

En considérant donc les équivalents mentionnés ci dessus et en cumulant les apports de l'ensemble des animaux d'élevage recensés en 2000, nous parvenons à un apport global de :

2309,32 kgN/j soit 842 901,8 kgN/an

508,04 kgP/j soit 185 434,6 kgP/an

Etant admis par les Agences de l'Eau que 20% de l'Azote et 5% du Phosphore sont susceptibles d'atteindre les cours d'eau (en supposant que les normes d'épandage soient respectées) cela conduit à estimer les apports liés à l'élevage sur les bassins versants de la Tarentraine et de l'Eau Verte à :

168,6 tonnesN/an

9,27 tonnesP/an

Or, nos mesures, réalisées à l'entrée du Tact, donc après la confluence des eaux des deux cours d'eau, nous conduisent aux apports annuels suivants (Tab. 6)

154,2 tonnesN/an

3 tonnesP/an

Avec toute la prudence nécessaire, nous pouvons dire que les apports théoriques estimés et les apports réels mesurés en entrée du Tact sont du même ordre de grandeur. Ceci confirme donc les hypothèses émises lors des études réalisées par EDF sur les deux cours d'eau qui mentionnaient un « bruit de fond » en Azote. Ce « bruit de fond » est d'autant plus intéressant qu'il concerne, pour une part non négligeable, les teneurs en N-NH4+ qui ne peuvent provenir que de déjections humaines et/ou animales. Partant du fait établi que la population humaine sur les Bassins Versants considérés est de 3500 habitants soit 3,2 fois moins que de bovins et que ces habitants possèdent un assainissement (plus ou moins

performant mais ayant le mérite d'exister) de leurs eaux usées, il est « raisonnable » de penser que c'est l'élevage qui est l'origine principale des apports en N et P.

IV. QUALITE DES EAUX ET FLUX DE MATIERE

A. Pluviométrie et hydrologie

Suite aux différentes réunions, les flux hydriques ont été vérifiés par EDF et sont maintenant cohérents même si les abaques indiquent que pour certaines échelles le flux ne peut être déterminé avec certitude. Le problème le plus important concerne la détermination des débits en sortie du lac de la Crégut puisque l'utilisation de l'abaque donne un écart de débits cumulés de 41% par rapport à l'entrée. La débit cumulé en entrée de la Crégut est de 203.12 m³/s et de 118,14 m³/s à la sortie de ce lac. Cet écart est moins important (13%) si on prend les débits mesurés à Lastioulles en prenant en compte l'apport du bassin versant de la Crégut au débit total soit 67%. En l'absence de données fiables de flux hydriques à la sortie de lac de la Crégut, c'est ce calcul que nous avons retenu pour présenter les évolutions temporelles dans la suite du rapport. Le bilan annuel des flux de matière prendra en compte les deux modes de calcul. Comme nous le verrons, sur une moyenne annuelle, on peut considérer que ces flux sont peu différents alors qu'une analyse plus fine met en évidence des différences entre les deux modes de calcul (Fig. 4).

24

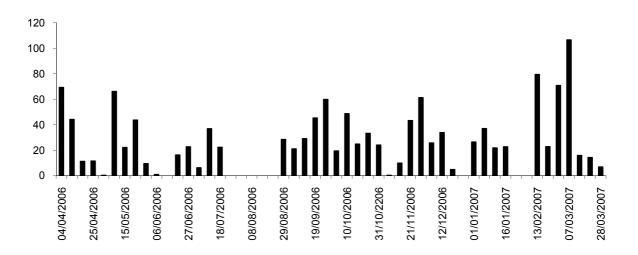


Fig. 3 : Données de pluviométrie (en mm) mesurées à la station météo de Lastioulles. Ces données correspondent à la quantité d'eau réceptionnée pendant 1 semaine.

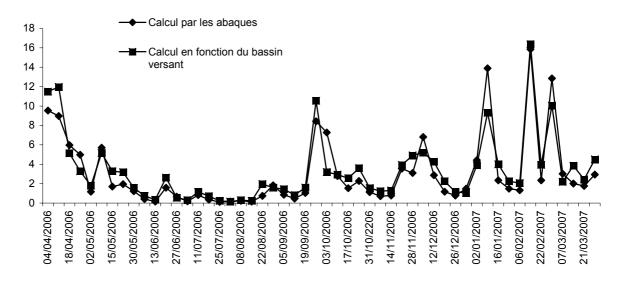


Fig. 4 : Evolution spatio-temporelle des flux hydriques (m³/s)

Les flux hydriques sont quasiment identiques aux trois stations et sont, sans surprise, très faibles pendant le période estivale. On peut constater qu'il existe une bonne relation (corrélation de 0,56 hautement significative) entre la pluviométrie et l'hydrologie à l'exception de la période estivale (20/06 au 18/07) qui ne se traduit pas par une augmentation des flux hydriques très nette. Il est possible qu'à cette période les sols aient assimilé la plus grande partie des précipitations.

B. phosphore

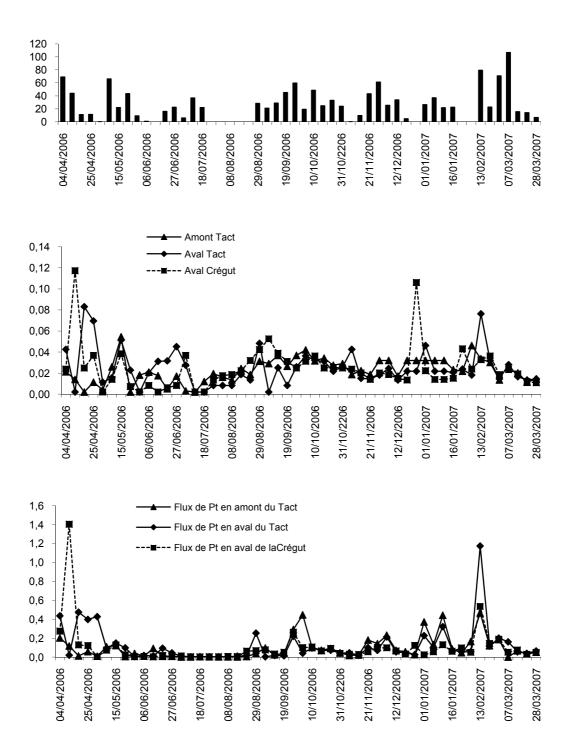


Fig. 5 : Evolution spatio-temporelle des concentrations en phosphore total (mgP/l) (haut) et du flux en phosphore total (mgP/s) (bas). Les valeurs seuil pour le classement SEQeau pour le Pt sont 0,05 -0,2 - 0,5 -1 (respectivement Très bonne qualité, Bonne, Passable, Mauvaise, Très mauvaise).

L'évolution des concentrations en phosphore total en aval du Tact est un paramètre particulièrement important puisqu'il détermine, en tant qu'élément limitant, la croissance des algues et donc les risques d'eutrophisation du site (Fig. 5). On peut distinguer deux phases dans cette évolution. La première du début de l'étude jusqu'à la mi-juillet et la seconde à partir du mois de juillet où on peut remarquer que ces concentrations sont relativement homogènes. On peut aussi distinguer des différences entre les différentes stations de prélèvement. Les valeurs sont plus importantes en aval du Tact. On remarque plusieurs pics déclassant en aval du lac de la Crégut (avril 2006 et décembre 2006) et en aval du Tact (avril, mai 2006 et juillet 2007) qui disqualifient le milieu aquatique. Les concentrations ne sont pas corrélées aux flux hydriques montrant qu'il n'existe pas de relation linéaire entre ces deux paramètres.

Les flux de matière reportés sur le graphiques présentant les flux de correspondent au produit entre les concentrations présentées ci-dessus et les flux hydriques. Les concentrations étant généralement peu différentes d'une station à l'autre ; les flux seront de fait fortement dépendant de l'hydrologie. Deux pics caractérisent les apports de phosphore total : en avril 2006 en aval de la Crégut et le 13/02/07 en aval du Tact. Ces deux pics correspondent aux fortes concentrations en phosphore liées à des flux hydriques importants à ces dates.

C. Azote

Les différentes mesures effectuées sur le site permettent de calculer les concentrations en azote total (somme des différentes formes d'azote) aux différents points d'échantillonnage. On peut remarquer que globalement celles-ci se différencient peu d'un point à l'autre d'échantillonnage à l'exception de la période du 20/06 au 4/07 où les valeurs mesurées à l'aval du Tact sont plus élevées que celles enregistrées aux autres sites et à la fin du mois d'octobre où elles sont plus faibles. On distingue alors une diminution des concentrations en azote total en aval du Tact (Fig. 6).

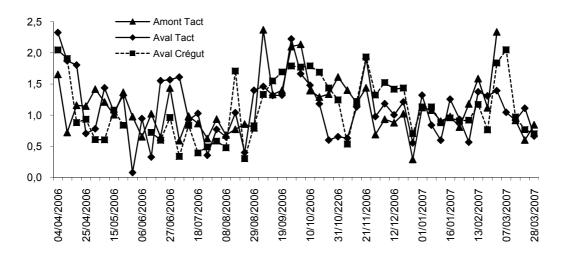


Fig. 6 : concentrations en N total (mgN/l)

Il existe de très bonnes corrélations les concentrations en Nt et les flux hydriques ce qui traduit l'effet significatif le lessivage des sols sur cet élément.

Par la suite nous présenterons les concentrations et les flux de deux éléments de l'azote : l'ammonium et les nitrates qui interviennent dans le classement du SEQeau.

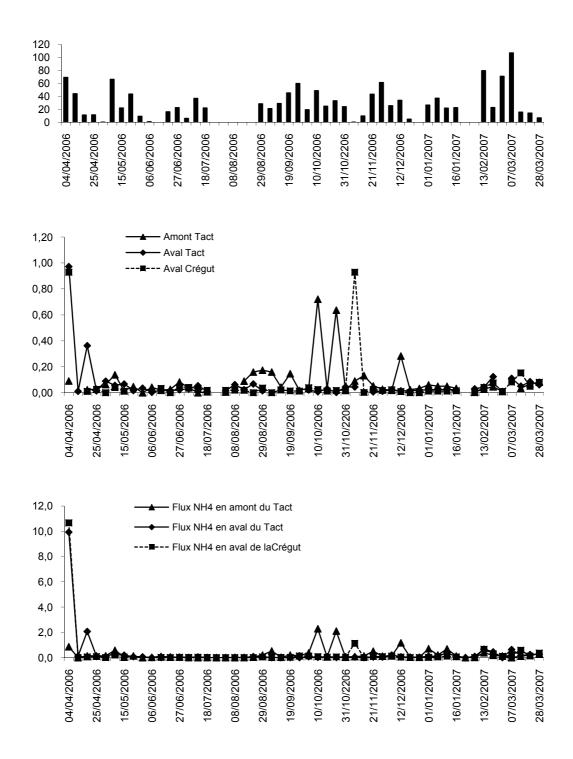


Fig. 7 : Evolution spatio-temporelle (de haut en bas) de la pluviométrie, des concentrations en N-NH4 (mgN/l) (haut)et du flux en N-NH4 (mgN/s) (bas). Les valeurs seuil pour le classement SEQeau pour le N-NH4 sont 0,08 0,39 1,56 3,89 (respectivement Très bonne qualité, Bonne, Passable, Mauvaise, Très mauvaise).

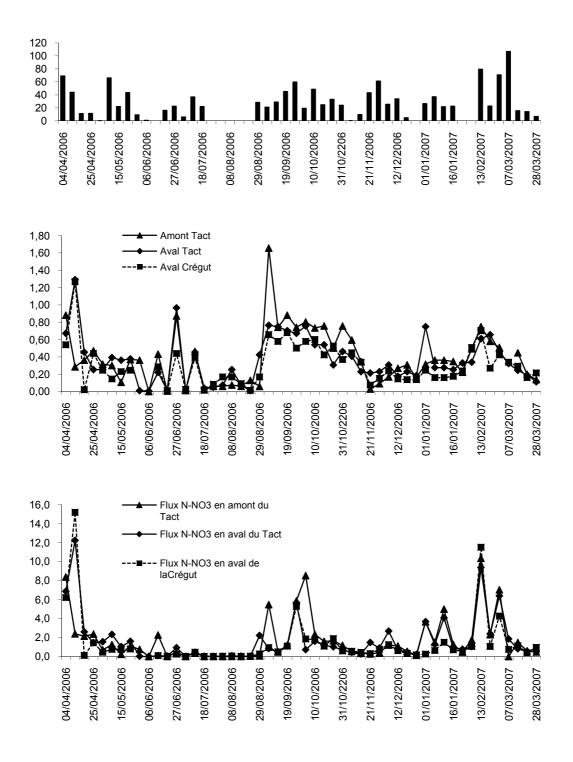


Fig. 8 : Evolution spatio-temporelle (de haut en bas) de la pluviométrie, des concentrations en N-NO3 (mgN/l) (haut)et du flux en N-NO3 (mgN/s) (bas). Les valeurs seuil pour le classement SEQeau pour le N-NO3 sont 0,45 - 2,26 - 5,65 -11,29 (respectivement Très bonne qualité, Bonne, Passable, Mauvaise, Très mauvaise).

Les évolutions des concentrations en N-NH4 sont caractérisées par 4 pics marqués dont les concentrations sont supérieurs à 0,39 mgN/l et qui peuvent être liés aux épisodes pluvieux d'avril et d'octobre (Fig. 7). A ces périodes l'eau peut être considérée comme étant de mauvaise qualité. L'évolution des concentrations en nitrates sont liées étroitement aux évolutions de la pluviométrie et donc nous pouvons faire l'hypothèse que les évolutions de ces concentrations sont fortement liées au lessivage des sols (Fig. 8). Les nitrates seuls permettent de classer les eaux en très bonne ou bonne qualité tout au long de l'étude.

D. Rapport Azote/Phosphore

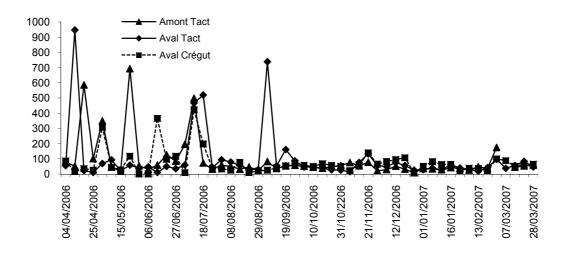


Fig. 9: Evolution spatio-temporelle du rapport N/P

Le rapport N/P est en moyenne de 92,5 à l'amont de Tact ; de 98,7 à l'aval du Tact et de 74,2 à l'aval de la Crégut. Ce rapport est normalement compris entre 20 et 40 en milieu naturel non anthropisé (Fig. 9). On peut donc suspecter un enrichissement du milieu en azote comme l'ont déjà mis en évidence les différentes études d'EDF. Cet enrichissement en azote ne peut être que la conséquence des pratiques agricoles.

E. Les matières en suspension

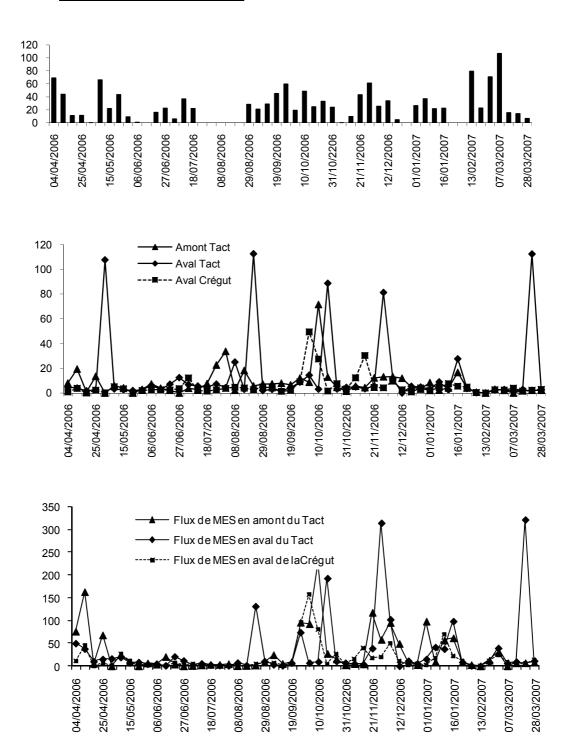


Fig. 10 : Evolution spatio-temporelle (de haut en bas) de la pluviométrie, des concentrations en MES (mg/l) et du flux en MES (mg/s). Les valeurs seuil pour le classement SEQeau pour les MES sont 5, 25, 38, 50 (mg/l) (respectivement Très bonne qualité, Bonne, Passable, Mauvaise, Très mauvaise).

Les valeurs de MES mesurées se distinguent par des pics ponctuels mais très importants qui affectent essentiellement les eaux en aval du Tact c'est à dire à l'entrée du lac de la Crégut (Fig. 10). C'est essentiellement ce paramètre et les concentrations en matière organique qui différencient les 3 stations de prélèvement (Tab. 4). Les flux de MES sont particulièrement importants à 3 périodes distinctes : mi-septembre-mi-octobre, mi-novembre-mi-décembre et début décembre-mi-janvier. Ces périodes correspondent aux plus forts flux hydriques mesurés.

| | N-NH4 | N-NO2 | N-NO3 | N-NK | Nt | P-Ptot | P-PO4 | Silice | MES | MO |
|---------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| | (mgN/L | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgP/L) | (mgP/L) | (mg/L) | (mg/L) | (mg/L) |
| Amont du Tact | 0,08 | 0,01 | 0,39 | 0,74 | 1,13 | 0,02 | 0,01 | 4,51 | 8,11 | 1,41 |
| Aval du Tact | 0,06 | 0,01 | 0,36 | 0,75 | 1,11 | 0,02 | 0,01 | 4,21 | 14,73 | 3,25 |
| Aval Crégut | 0,06 | 0,01 | 0,31 | 0,79 | 1,11 | 0,02 | 0,01 | 4,12 | 5,41 | 1,12 |

Tab. 4 : Concentrations moyennes en azote, phosphore, silice et MES aux différentes stations de prélèvements

F. <u>Mesures réalisées dans des conditions de pluviométrie considérées comme exceptionnelles</u>

| | | | 18/08/2006 | 19/08/2006 | | | | |
|----------------|---------|---------------|--------------|-------------|--------------|----------------|---------------|--|
| concentrations | | Amont du Tact | Aval du Tact | Aval Crégut | Amont du Tac | t Aval du Tact | t Aval Crégut | |
| N-NH4 | (mgN/L) | 0,03 | 0,02 | 0,01 | 0,17 | 0,02 | 0,04 | |
| N-NO2 | (mgN/L) | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,03 | |
| N-NO3 | (mgN/L) | 0,06 | 0,75 | 0,25 | 0,07 | 0,66 | 0,17 | |
| P-Ptot | (mgP/L) | 0,03 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | |
| P-PO4 | (mgP/L) | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | |
| Silice | (mg/L) | 5,54 | 8,39 | 4,61 | 0,87 | 7,33 | 6,34 | |
| MES | (mg/L) | 19,29 | 22,20 | 5,56 | 35,63 | 17,33 | 23,20 | |

| - | | | 01/01/2007 | |
|----------------|---------|---------------|--------------|-------------|
| concentrations | i | Amont du Tact | Aval du Tact | Aval Crégut |
| N-NH4 | (mgN/L) | 0,06 | 0,02 | 0,01 |
| N-NO2 | (mgN/L) | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| N-NO3 | (mgN/L) | 0,32 | 0,75 | 0,25 |
| P-Ptot | (mgP/L) | 0,03 | 0,05 | 0,02 |
| P-PO4 | (mgP/L) | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| Silice | (mg/L) | 2,06 | 2,84 | 2,37 |
| MES | (mg/L) | 8,44 | 9,65 | 4,56 |

Tab. 5 : Données de physico-chimie obtenues dans des conditions de forte pluviométrie

Nous avons réalisé des prélèvements ponctuels dans des conditions de pluviométrie considérées comme exceptionnelles par « l'association de sauvegarde du lac de la Crégut » (Tab. 5). Pour les dates du 18/8/2006 et 19/08/2006, les données de pluviométrie n'ont pas été enregistrées par la station météo (notation dans le fichier « données perdues, problème »). Le 1/1/2007 correspond à une période qui d'après les mesures ne correspond pas aux plus fortes pluies. Il est clair que dans les résultats présentés ci-dessus qu'un pic d'un élément mesuré peut être dans un cas associé à de fortes pluies et dans un autre à une faible pluviométrie. En raison du caractère ponctuel, il nous est clairement impossible d'interpréter ce type d'analyses. Il est préférable de raisonner en terme de moyenne ou de corrélation qui sont des

traitements qui permettent de dégager des tendances pour le période d'étude et d'éviter toutes formes de spéculation.

G. Bilan des flux de matière

| | N-NH4 | N-NO2 | N-NO3 | N-NK | N-Nt | P-Ptot | P-PO4 | Silice | MES |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | (kgN/j) | (kgN/j) | (kgN/j) | (kgN/j) | (kgN/j) | (kgP/j) | (kgP/j) | (kg/j) | (kg/j) |
| Amont du Tact | 15,93 | 3,32 | 151,61 | 280,61 | 422,34 | 8,23 | 3,47 | 1317,87 | 2565,94 |
| Aval du Tact | 28,58 | 1,33 | 145,44 | 275,03 | 420,46 | 10,49 | 2,94 | 1125,45 | 2934,08 |
| A | | | | | | | | | |
| Aval Crégut | 26,18 | 2,96 | 117,82 | 262,18 | 378,26 | 8,58 | 3,12 | 1062,48 | 1446,95 |
| Aval Crégut/Amont | | | | | | | | | |
| Tact(%) | -64,3 | 10,9 | 22,3 | 6,6 | 10,4 | -4,2 | 10,3 | 19,4 | 43,6 |
| Aval Crégut/Aval Tact (%) | 8,4 | -122,1 | 19,0 | 4,7 | 10,0 | 18,2 | -5,9 | 5,6 | 50,7 |
| В | | | | | | | | | |
| Aval Crégut | 21,78 | 2,87 | 106,22 | 245,78 | 350,84 | 7,49 | 2,61 | 931,58 | 1675,93 |
| Aval Crégut/Amont | | | | | | | | | |
| Tact(%) | -36,7 | 13,6 | 29,9 | 12,4 | 16,9 | 9,0 | 25,0 | 29,3 | 34,7 |
| Aval Crégut/Aval Tact (%) | 23,8 | -115,3 | 27,0 | 10,6 | 16,6 | 28,6 | 11,4 | 17,2 | 42,9 |

Tab. 6 : Flux moyens d'azote, phosphore, silice et de MES aux différentes stations de prélèvement et pourcentage du flux stocké ou déstocké en italique. A) flux calculé à partir des données de Lastioulles B) le flux calculé à partir de l'abaque

Le tableau 6 présente les bilans de flux de matière moyennés en fonction des deux modes de calculs possibles; en prenant en compte A) le flux hydrique calculé à partir des données de Lastioulles, B) le flux donné par l'abaque. On peut remarquer que globalement ces données sont relativement semblables. On note toutefois une divergence sur un paramètre essentiel dans l'étude de l'eutrophisation, le P total. Si on étudie le rapport Aval Crégut/Amont, on remarque en effet un stockage par la méthode B uniquement. Cependant si l'on ne prend en compte que le calcul aval Crégut par rapport à l'aval du Tact, les conclusions sont identiques pour les deux modes de calcul en ce qui concerne les paramètres fondamentaux : N total, P total, Silice et MES. Pour quasiment tous les paramètres mesurés, on peut remarquer que sur la période d'étude les flux à la sortie du lac de la Crégut sont inférieurs aux flux mesurés à l'aval du Tact. Il existe donc un stockage de matière dans la

Crégut. Le stockage le plus important a été enregistré pour les MES : il varie entre 42.9 % et 50,7 suivant le mode de calcul (Tab. 6). D'autre on peut remarquer que les valeurs en MES et P-Ptot sont plus élevées en sortie du Tact qu'en amont ; il est donc possible que le rôle décanteur du Tact soit arrivé à son terme. On peut remarquer aussi un stockage de Phosphore et Silice qui ont un rôle dans la dynamique du phytoplancton et plus précisément des diatomées.

V. QUALITE DES EAUX DANS LE LAC DE LA CREGUT

A. Température et oxygène

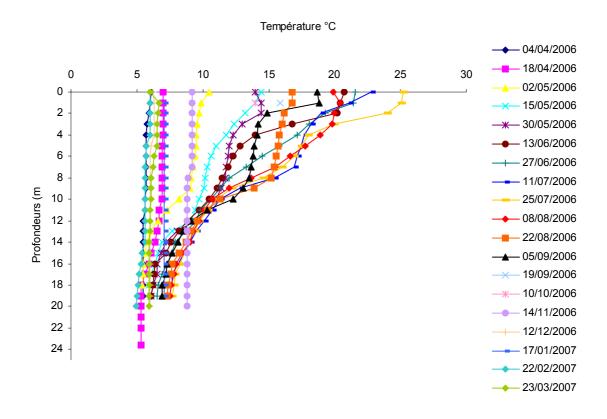


Fig. 11 : Evolution spatio-temporelle de la température dans le lac de la Crégut

L'évolution de la température met en évidence un phénomène bien connu, la stratification thermique. Celle-ci débute en mai et se caractérise par une diminution de la température avec la profondeur ainsi qu'un gradient important entre 6 et 10 m marquant la formation de la thermocline (Fig. 11). La colonne d'eau est à nouveau en homothermie début octobre 2006.

L'oxygénation est globalement identique de 0 à 20 m pendant la période d'homothermie. Cependant, on peut observer qu'une anoxie partielle est observée près du sédiment et à quelques dates pendant la période de stratification thermique (Fig. 12). Plus précisément, on observe une désoxygénation partielle de la colonne d'eau dès la fin du mois de juillet et tout au long du mois d'août. La colonne se réoxygène progressivement : le 10 octobre 2006 la colonne d'eau est encore partiellement en anoxie pour des profondeurs inférieures à 14 m et une oxygénation totale est observée lors du prélèvement de novembre. Ce manque d'oxygène témoigne d'une dégradation importante de matières organiques par les bactéries

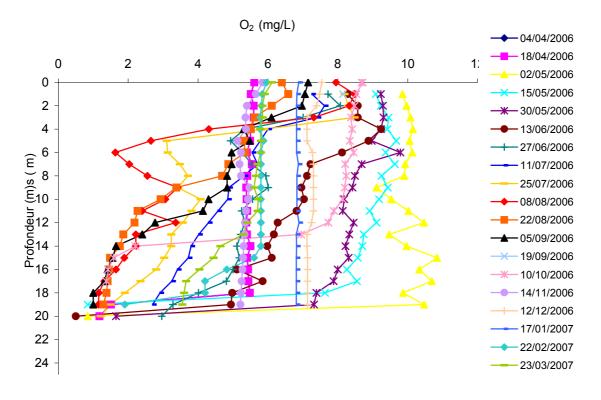


Fig. 12 : Evolution spatio-temporelle des concentrations en oxygène dissous dans le lac de la Crégut

L'observation simultanée des profils verticaux de température, de teneurs en oxygène et en Chlorophylle a et des profondeurs de disparition du disque de Secchi est particulièrement instructive. Mises a part les périodes de brassage des eaux, les teneurs en oxygène sont inférieures à la saturation ce qui signifie que les eaux du lac sont très « chargées » en matière organique et que l'activité bactérienne consomme plus d'oxygène que la photosynthèse n'en produit. C'est lié au fait que le niveau de compensation photique est au dessus de la base de la thermocline. Les particules en sédimentation sont donc en grande partie dégradées à ce niveau ce qui n'est plus à dégrader en profondeur. Ceci est parfaitement vérifiable en observant les données obtenues entre le 27/06 et le 8/08 2006. Sur les 4 mesures de concentrations en oxygène effectuées durant cette période on note un déficit entre 5 et 6 mètres, les concentration augmentant par la suite avec la profondeur. Le phénomène, décrit pour la première fois par CZECZUGA (1959) est relativement rare. Nous l'avons retrouvé au Gour de Tazenat et dans la retenue de la Sep lors de ses deux premières années de mise en eau. Dans ces deux cas il s'agissait de cellules phytoplanctoniques en voie de sédimentation comme en témoignaient les teneurs en Chlorophylle a. Or, tel n'est pas le cas à La Crégut où, au contraire, les concentrations en Chlorophylle sont parmi les plus faibles mesurées durant 12 mois. Il s'agit donc de particules organiques, en particulier de sphaignes, qui ne peuvent provenir que de la tourbière du Tact. Déjà largement décomposées dans cette tourbière en fin de « vie », ce sont très vraisemblablement des bactéries cellulolytiques qui sont à l'origine du déficit en oxygène a la base de la thermocline.

Le pH varie très peu dans la colonne d'eau, il est en moyenne de 7,0 et ne dénote donc pas d'une production primaire intense qui se traduirait par une augmentation du pH des eaux.

B. Eléments nutritifs et développement phytoplanctonique et

La biomasse algale se révèle être peu élevée pendant toute le période d'étude. L'étude qualitative effectuée au cours de l'année montre que celle-ci est composée essentiellement de diatomées caractéristiques de milieux peu anthropisés (description détaillée en annexe A). Nous n'avons pas observé de Cyanobactéries dont le développement est caractéristique de

milieux eutrophes. Cependant, par la nature de la prestation demandée, les conclusions ne peuvent être définitives. En effet, la période d'étude peut être considérée comme exceptionnelle en raison des conditions météorologiques peu favorables au développement algal. Les études à long terme que nous avons pu effectuer mettent en évidence de fortes variations inter annuelles de la biomasse algale et de sa composition. A titre d'exemple on peut citer le réservoir de Villerest qui est définitivement classé en milieu hypereutrophe mais qui exceptionnellement en 1997 s'est caractérisé par un développement algal atypique qui aurait permis de la classer en mésotrophe si un seule étude annuelle avait été entreprise.

On peut noter une augmentation des concentrations en chlorophylle a à partir de la fin juillet qui atteignent un maximum à 2 m début septembre (14,9 μ g/l). Cette augmentation est évidemment liée à la température et certainement à l'augmentation du P total dans l'épilimnion du lac (Fig. 14).

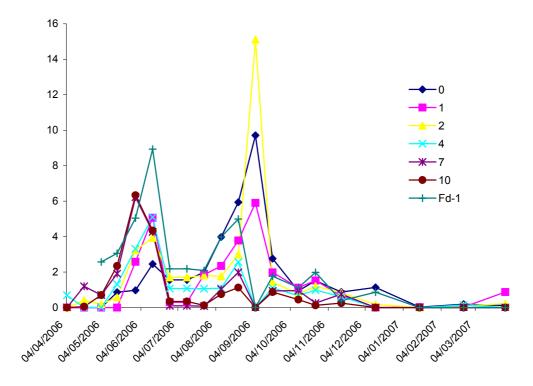


Fig. 13 : Evolution spatio-temporelle de la concentration en Chlorophylle a ($\mu g/l$) dans le lac de la Crégut.

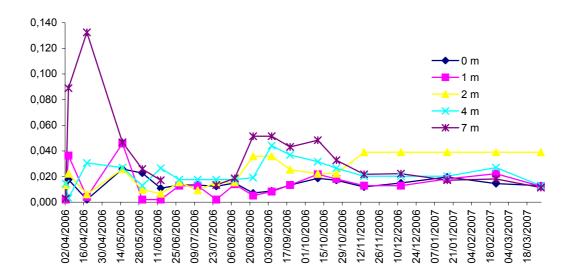


Fig. 14 : Evolution spatio-temporelle de la concentration en P total (mg/l) de la surface à 7 m dans le lac de la Crégut.

| | N-NH4 | N-NO2 | N-NO3 | N-NK | N-Nt | P-Ptot | P-PO4 | SiO2 | MES MO |
|----------|--------|---------|---------|---------|-----------|----------|----------|--------|----------------|
| | (mgN/L |)(mgN/L |)(mgN/L |)(mgN/I | L)(mgN/I) | L)(mgP/L | L)(mg/L) | (mgP/I | L)(mg/L)(mg/L) |
| 0 m | 0,061 | 0,006 | 1,170 | 0,559 | 1,730 | 0,014 | 0,005 | 3,815 | 8,845 1,506 |
| 1 m | 0,031 | 0,010 | 0,338 | 0,679 | 1,038 | 0,014 | 0,006 | 3,018 | 4,338 1,198 |
| 2 m | 0,055 | 0,012 | 0,363 | 0,646 | 1,009 | 0,024 | 0,005 | 3,192 | 4,031 1,558 |
| 4 m | 0,050 | 0,008 | 0,343 | 0,624 | 0,966 | 0,022 | 0,007 | 3,648 | 8,632 1,380 |
| 7 m | 0,073 | 0,007 | 0,429 | 0,666 | 1,095 | 0,037 | 0,008 | 4,205 | 4,405 2,107 |
| 10 m | 0,101 | 0,006 | 0,400 | 0,634 | 1,034 | 0,023 | 0,021 | 4,081 | 5,249 1,275 |
| Fd - 1 r | n0,158 | 0,005 | 0,539 | 0,667 | 1,206 | 0,065 | 0,012 | 4,003 | 45,2021,105 |

Tab. 7 : Concentrations en éléments nutritifs et en MES dans le lac de la Crégut.

Afin d'étudier les éventuels relargages de phosphore par le sédiment, la figure n°15 présente les évolutions des concentrations en Phosphore associées à l'évolution en oxygène à la profondeur la plus proche du sédiment.

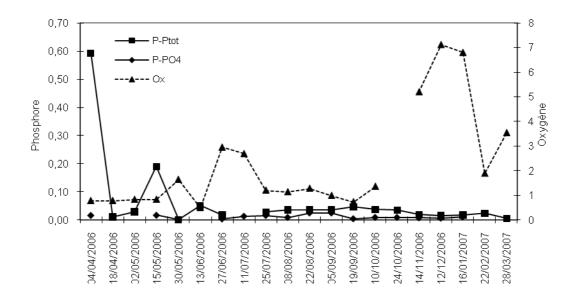


Fig. 15 : Evolution spatio-temporelle des concentration en Phosphore (mg/l) et des teneurs en oxygène au fond du lac (mg/l)

A l'exception d'un pic en phosphore total au début de l'étude dont le caractère ponctuel ne peut être expliqué nous ne notons pas d'évolution notable des concentrations en phosphore en fonction de l'oxygénation. Une étude non biaisée sur le relargage du Phosphore par les sédiments auraient demandé la mobilisation d'une matériel bien plus sophistiqué : les cloches à sédiment qui permettent de piéger les nutriments potentiellement libérés par les sédiments.

C. Transparence des eaux et MES

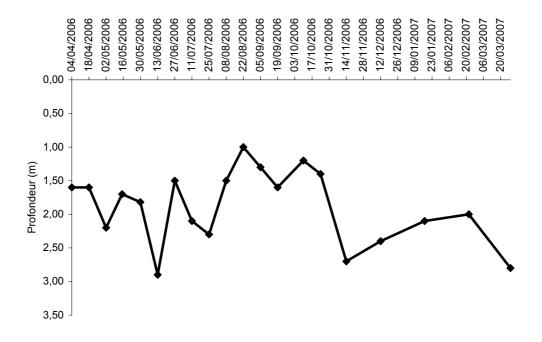


Fig 16 : Evolution temporelle de la transparence des eaux (disque de Secchi)

La transparence des eaux, qui dépend des matières en suspension, est très faible. La plus faible transparence correspond à la période où le développement algal est le plus important. Cependant, la biomasse algale, pouvant être considérée comme faible cette année d'étude, ne peut être tenue comme responsable de la faible transparence des eaux de cet écosystème qui est en moyenne de 1,9 m (Fig. 16). Il est à noter que cette transparence atteignait des valeurs plus élevées lors d'études antérieures (4,3 m) (Olivier, 1939).

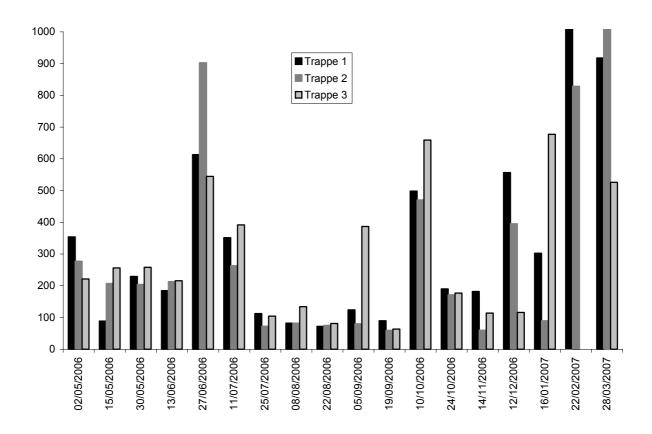


Fig. 17 : Evolution temporelle des concentrations en MES (mg/l) dans les trappes à sédiments (La trappe 1 est située en amont, la deuxième au milieu et la troisième en aval du lac de la Crégut)

Les trappes à sédiments permettent de caractériser le stockage de MES mis en évidence par le bilan de flux (Fig. 17). On peut distinguer pour la période d'étude plusieurs phases de sédimentation. La première, du début de l'étude jusqu'au 11 juillet. Une phase estivale jusqu'à la mi-septembre suivie d'une augmentation du flux de MES vers les sédiments à partir du mois d'octobre. Ces différentes phases peuvent être en partie directement reliées aux flux de MES (Fig. 10). Il n'existe pas forcément une proportionnalité entre les flux de sédimentation dans les trappes et les flux de MES à l'entrée du lac. Par exemple, le 27/06/06 correspond à une flux de sédimentation maximal alors que cette date ne correspond pas à un flux de MES maximal mais semble alors plutôt liée au flux hydrique. Ces aspects peuvent être liés aux mouvement d'eaux au sein du lac et à l'emplacement des trappes. Dans tous les cas on peut conclure qu'il existe une sédimentation en relation avec le stockage de MES mis en évidence par le bilan matière (Tab. 7). A partir de ces données on

peut tenter d'estimer la quantité de MES qui sédimente en une année dans le lac de la Crégut en considérant, entre autre, que la sédimentation est égale sur toute la surface du fond du lac. Nous déterminons une sédimentation de 551 tonnes qui n'est bien entendu qu'un ordre de grandeur.

VI. <u>BATHYMETRIE</u>

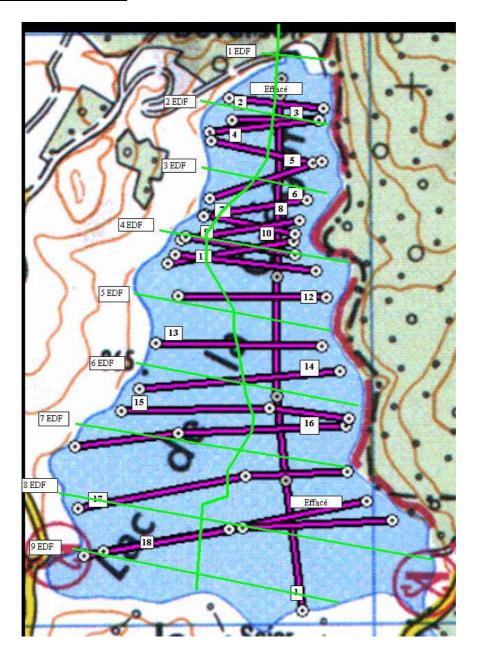
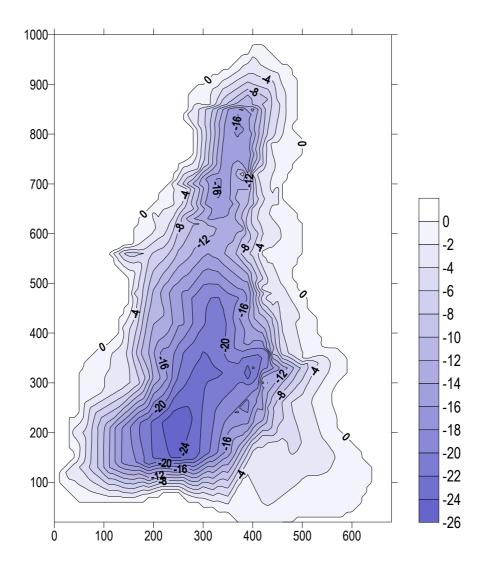


Fig. 18 : Comparaison des transects effectués lors de cette étude (en violet) avec ceux réalisés par l'EDF (en vert) en 1994-1995

Ce sondage a été réalisé le 13 Octobre 2006, il a pour but d'estimer l'évolution de son éventuel envasement depuis les bathymétries réalisées par EDF en 1994 et 1995. Les profils n'ont pas été réalisés selon les mêmes transects qu'EDF (Fig. 18), le positionnement a été réalisé par un GPS normal et non un D GPS (Le travail a été réalisé par la Fédération de pêche du Puy de Dôme).



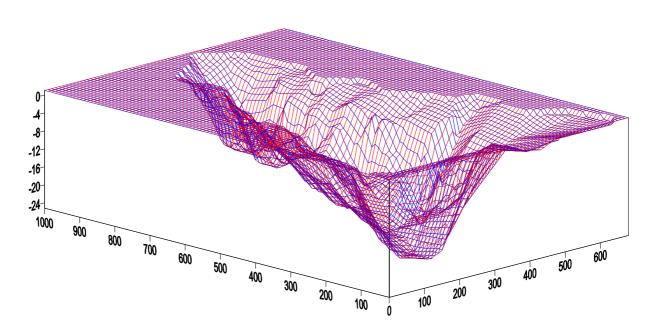


Fig. 19 : Carte bathymétrique du lac de la Crégut.

Fig. 20 : Carte bathymétrique du lac de la Crégut.

A. Données environnementales

Les sondages ont été réalisés par un temps sec et ensoleillé, toutefois un vent de NW, insuffisant pour provoquer un fort clapot, a constitué un handicap pour la maîtrise des caps.

Le niveau du lac a été lu lors de la mise à l'eau sur l'échelle limnigraphique située à l'exutoire et indiquait un niveau de + 53 cm par rapport au 0 de l'échelle.

B. Méthode de lever

Nous avons réalisé 18 transects, un selon la plus grande longueur et 17 transects en largeur. Le positionnement a été réalisé par GPS en début et en fin de transect et également au cours de la navigation, le site relativement dégagé a permis une précision du positionnement inférieure ou égale à 5 m. En début de chaque transect le cap est relevé et tenu tout le long de

celui-ci. Toutefois même si cette erreur est faible pour un transect, la combinaison de plusieurs levés afin de réaliser une bathymétrie 2D ou 3D souffrira de cette imprécision.

La navigation se fait à vitesse constante (6 km/h), celle-ci est contrôlée par le pilote au moyen d'un compteur. L'enregistrement du transect ne commençait que lorsque la vitesse était stabilisée. Enfin le temps de chaque enregistrement a été relevé.

C. Matériel utilisé.

Ce levé a été effectué par un sondeur SIMRAD EY 500 avec une fréquence de 120 kHz. EDF a travaillé à la longueur d'onde de 210 kHz qui ne donne aucun différence notable avec la longueur d'onde à laquelle notre échosondage a été réalisé. Le transducteur appelé « Split Beam » ou à faisceau partagé possède une utilité pour la détection piscicole mais pas d'intérêt particulier pour une bathymétrie, son angle est de 7°.

La sensibilité a été réglée pour que la surface de sédiment renvoie un écho suffisant, la fréquence utilisée permet une détection assez fine dès les premières couches de sédiment. Cependant, la fréquence utilisée ne permet pas de détecter un éventuel voile de boue. Chaque sondage a été enregistré sur un ordinateur qui sert à régler le sondeur, à enregistrer les levés et à les rejouer.

La sensibilité du matériel utilisé est de l'ordre du centimètre avec une précision de 10 cm, les conditions météorologiques et le clapot généré rajoute une erreur de l'ordre de 10 cm.

D. Traitement des données

Pour chaque transect, le temps, la longueur parcourue et le nombre d'impulsions ont été enregistrés et comparés pour vérifier leur cohérence.

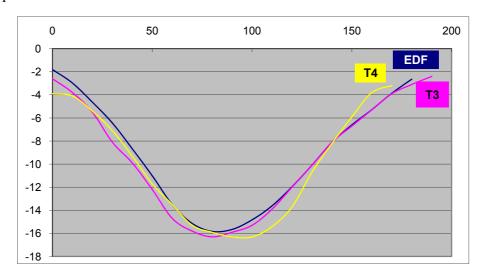
Lors de l'enregistrement la fonction profondeur ayant été activée il était possible de rejouer le transect et d'afficher les profondeurs instantanées. Nous avons toutefois choisi un autre traitement. Chaque transect a été affiché, découpé en zones équidistante de 10 m, le fond a été traité et redessiné afin de limiter les artéfacts (écho secondaires, pertes de fond) et la profondeur de chacune de ces mailles a été enregistrée.

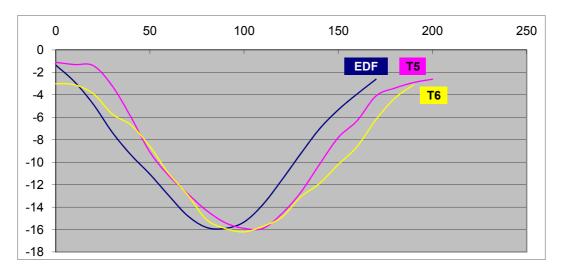
Nous avons ensuite comparé les transects réalisé par EDF en 1994 avec ceux que nous avons réalisés. Comme les trajectoires n'étaient pas similaires nous avons comparé chaque levé de 1994 avec les levés entourant ce transect.

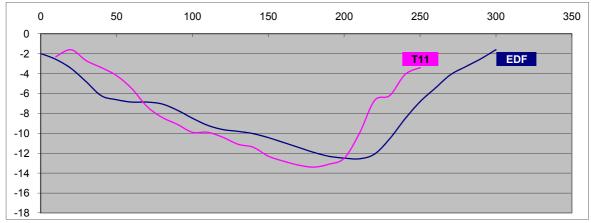
E. Conclusions

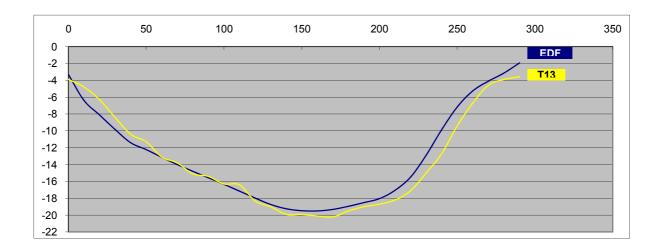
La comparaison des transects ne permet pas de conclure en une sédimentation forte des secteurs sondés depuis 1994. Toutefois le transect le plus amont qui correspond à l'entrée du Tact dans la Crégut et qui correspond au profil n°1 d'EDF, n'a pas pu être réalisé, notre bateau ayant un tirant d'eau trop important. Seul ce secteur pourrait être le lieu d'une sédimentation accrue aucun autre profil ne montrant de différences réellement significatives et supérieures à la marge d'erreur.

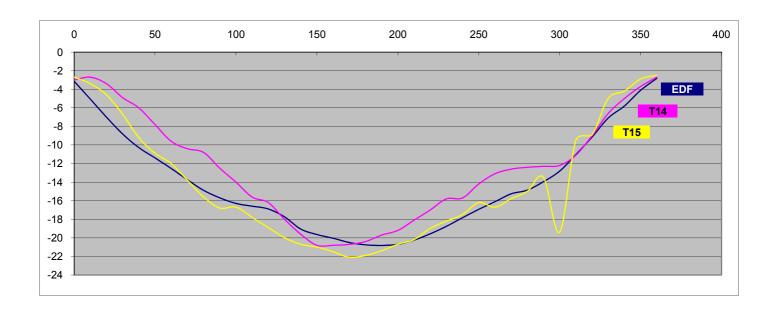
Les différentes figures qui suivent permettent de comparer la bathymétrie réalisées par EDF à celles présentées dans cette étude.











VII. CONCLUSION

Cette étude avait pour objectif de :

- 1- Caractériser des phénomènes d'envasement et d'eutrophisation du lac de la Crégut
- 2- Identifier des origines de ces phénomènes
- 3- Proposer des solutions curatives
- 4- Après une année d'étude, ce qui n'est qu'une année et ne peut donc prétendre expliquer tous les phénomènes passés et à venir sur ce lac. Il faut ainsi garder en mémoire que cette année d'étude se caractérise par un été particulièrement froid qui a pu limiter le développement phytoplanctonique dans le lac. Il nous est possible d'émettre un certain nombre de conclusions et de proposer des solutions aux problèmes posés dès 1992 par l'Association de Sauvegarde du lac, relayée par la Communauté de Communes Sumène-Artense et EPIDor.

A. Qualité des eaux

| | N-NH4 | N-NO2 | N-NO3 | N-NK | P-Ptot | P-PO4 | MES | Qualité générale |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------------|
| | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgP/L) | (mgP/L) | (mg/L) | |
| Amont du Tact | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Aval du Tact | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Aval Crégut | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |

Tab. 8 : Evolution de la qualité de l'eau selon la grille SEQ-Eau déterminé à partir des moyennes annuelles (Bleu : très bonne qualité – vert : bonne qualité – Jaune : Passable – Orange :Mauvaise – Rouge : Très Mauvaise).

| | N-NH4 | N-NO2 | N-NO3 | N-NK | P-Ptot | P-PO4 | MES | Qualité générale |
|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------------|
| | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgN/L) | (mgP/L) | (mgP/L) | (mg/L) | |
| Amont du Tact | 0,72 | 0,13 | 1,66 | 1,83 | 0,06 | 0,03 | 71,52 | |
| Aval du Tact | 0,97 | 0,04 | 1,29 | 1,70 | 0,08 | 0,08 | 112,50 | |
| Aval Crégut | 0,93 | 0,05 | 1,27 | 1,86 | 0,12 | 0,07 | 49,42 | |

Tab. 9 : Evolution de la qualité de l'eau selon la grille SEQ-Eau déterminé à partir de la valeur la plus forte pour chaque paramètre

Les données moyennes annuelles (Tab. 8) tendraient à montrer que globalement l'eau est de « bonne qualité » à l'amont du lac suivant le critère SEQ-Eau. Cependant, ces mêmes critères appliqués aux prélèvements hebdomadaires mettent en évidence que l'eau peut être de très mauvaise qualité à certaines dates de prélèvement (Tab. 9). Ces dégradations temporaires peuvent aussi être visualisées sur les différentes graphique présentés. Les MES sont un paramètre déclassant de la qualité des eaux à toutes les stations et particulièrement à l'amont et à l'aval du Tact. On peut noter une amélioration sensible de la qualité des eaux à l'aval de la Crégut en raison d'une diminution des concentrations en MES à la sortie de la Crégut suite au stockage de ces dernières dans le lac. La classification SEQeau des cours d'eau qui permet de visualiser rapidement la qualité des eaux en 5 catégories cependant celle-ci n'a de valeur que pour les eaux courantes, cette classification ne peut être utilisée pour estimer les risques d'eutrophisation d'un plan d'eau alimenté par ces eaux.

B. Niveau d'eutrophisation du lac de la Crégut

L'eutrophisation est un phénomène naturel provoqué par l'enrichissement progressif des eaux en éléments nutritifs, essentiellement Azote et surtout Phosphore provenant du lessivage des sols du bassin versant et d'un recyclage interne. Ce processus qui conduit au comblement du plan d'eau est extrêmement lent et nécessite des milliers d'années en conditions naturelles. Depuis sa formation, il y a environ 15000 ans, l'aménagement par EDF des bassins versants de la Tarentaine et de l'Eau Verte a très sensiblement augmenté la surface du bassin versant du Tact, donc de la Crégut (4620 ha pour la Tarentaine et 4320 ha pour l'Eau Verte soit 8940 ha au total). Les eaux récoltées traversent le Tact avant de se déverser dans la Crégut. Les conséquences de cet aménagement apparaissent très importantes.

Lors de la visite du site réalisée le 30 Juin 2004, nous avions pu constater une très forte turbidité des eaux du lac. Celle-ci pouvait être interprétée comme traduisant la présence d'une importante biomasse phytoplanctonique donc d'une eutrophisation du plan d'eau. Cette hypothèse semblait être confirmée par la présence d'algues vertes filamenteuses sur les cailloux en rive droite du lac. De même, la présence signalée, mais non observée par nos soins, de moules d'eau douce du Genre Anodonta. La présence de ce mollusque filtreur est un très bon indicateur d'une forte concentration des eaux en matière organique particulaire.

Les résultats obtenus après une année d'étude ne confirment pas l'hypothèse d'une rapide eutrophisation du lac de la Crégut :

- Le développement phytoplanctonique, manifestation la plus visible de l'eutrophie, est extrêmement limité lors de cette année d'étude. Les concentrations en chlorophylle *a*, paramètre classiquement utilisé pour estimer la biomasse phytoplanctonique, sont extrêmement faibles. La moyenne annuelle est de 1,55 mg/m³ en ne considérant que les 4 premiers mètres de la colonne d'eau (épaisseur supposée de la zone trophogène) et de 1,49 mg/m³ sur l'ensemble de la colonne d'eau. Des valeurs aussi faibles ne permettent pas d'attribuer aux cellules phytoplanconiques l'importante turbidité des eaux mesurée par la profondeur de disparition du disque de Secchi. Celle ci varie de 1 à 2,9 mètres pour une moyenne annuelle de 1,85 mètres ce qui est très faible.
- La composition spécifique des peuplements phytoplanctoniques se succédant tout au long de l'année n'a rien de celle généralement rencontrée dans un lac eutrophe.

Aucune Cyanobactérie n'a été observée. Les espèces dominantes sont des Bacillariophycées (= Diatomées) extrêmement « classiques » pour un lac situé à cette latitude et cette altitude. (Le phytoplancton rencontré ici est très comparable à celui que nous avions observé au Gour de Tazenat dans les années 1970).

En ne raisonnant que sur les teneurs en chlorophylle a et la composition spécifique des peuplements phytoplanctoniques, le lac de la Crégut pourrait être qualifié d'oligo-mésotrophe.

Pour préciser le niveau trophique du lac, nous avons appliqué aux données recueillies les deux « Modèles » développés par VOLLENWEIDER.

Modèle 1 (VOLLENWEIDER, 1965)

Ce modèle permet d'associer une probabilité aux divers niveaux trophiques attribuables à un lac en fonction de la teneur moyenne annuelle de ses eaux en Phosphore total. Appliqué au lac de la Crégut ce modèle conduit à une probabilité de 0,66 pour un statut trophique mésotrophe, de 0,19 pour un état eutrophe et de 0,16 pour un stade oligotrophe. Ceci va tout a fait dans le sens des indications données par l'OCDE (1999). Cet organisme attribue un statut trophique mésotrophe aux lacs dont la concentration moyenne annuelle en phosphore total est comprise entre 10 et 35 mg/m³. Avec une valeur moyenne annuelle de 28 mg/m³ le lac de la Crégut se situe bien dans cette classe.

Modèle 2 (VOLLENWEIDER, 1976)

Le modèle précédent présente l'inconvénient de ne considérer que les concentrations en Phosphore dans les eaux du lac. Or il est rapidement apparu que ces teneurs ne prennent en compte que le Phosphore non utilisé par les algues. Le second modèle, plus connu sous le nom de modèle OCDE car développé par VOLLENWEIDER pour le compte de cet organisme, permet d'estimer la concentration moyenne annuelle en Chlorophylle a à partir des concentrations moyennes annuelles en Phosphore total dans l'eau du (ou des) affluent(s) et du temps de séjour des eaux dans le lac. Ce temps de séjour, TW, exprimé en année(s), peut être calculé à partir de relations simples (MEYBECK,1995).

$$TW = V / \sum Ei$$
 ou $V / \sum Si$

Où V=Volume du lac, ∑Ei=flux hydrique entrant, ∑Si=flux hydrique sortant

A partir de la bathymétrie réalisée lors de notre étude le volume du lac a été estimé, grâce au logiciel SURFER, à 2 760 329 m³ .

Le calcul de TW réalisé à partir du flux hydrique entrant aboutit à un temps de séjour des eaux dans le lac de 8,17 jours. A partir du flux hydrique sortant, ces temps de séjours sont respectivement de 9,42 jours (hypothèse A) et de 14,05 jours (hypothèse B).

L'application du modèle de VOLLENWEIDER conduit à estimer la teneur moyenne annuelle en Chlorophylle *a* à 4,96 mg/m3 en prenant en compte le flux hydrique entrant. En utilisant le flux hydrique sortant ces concentrations moyennes en Chlorophylle *a* sont respectivement de 4,92 mg/m³ (hypothèse A) et de 4,82 mg/m³ (hypothèse B). Ces valeurs, très comparables, sont très éloignées de la valeur mesurée lors de notre étude à savoir 1,49 mg/m³.

Les concentrations en nutriments essentiels (Azote, Phosphore, Silice) mesurées lors de l'étude ne pouvant être jugées comme limitantes pour le développement phytoplanctonique, l'hypothèse la plus vraisemblable est bien que c'est l'importante turbidité des eaux, induite par la teneur en MES qui, en limitant très fortement la pénétration de l'énergie lumineuse, perturbe totalement le développement phytoplanctonique. Ceci a fatalement des conséquences majeures sur le fonctionnement de l'ensemble du réseau alimentaire de l'écosystème la Crégut.

En conclusion nous pouvons affirmer, à partir de notre étude limitée dans le temps, que le lac de la Crégut ne présente aucune caractéristique d'un lac eutrophe mais d'un écosystème dont le fonctionnement est totalement perturbé en raison de la turbidité de ses eaux liée aux fortes teneurs en MES d'origine allochtone.

C. Envasement du lac.

Juger de l'envasement du lac est beaucoup plus complexe que de juger de son niveau trophique. Nous ne disposons bien évidemment pas de données en continu de la bathymétrie mais d'une seule mesure. Nous ne pouvons donc raisonner que sur des valeurs moyennes annuelles de flux en MES entrant et sortant.

Il est toutefois possible d'estimer un certain nombre de paramètres dont les valeurs apparaissent relativement concordantes.

- Le flux de MES entrant dans le lac de la Crégut (sortie du Tact) peut être estimé à 1091 tonnes/an. Ce résultat semble relativement fiable dans la mesure où le flux hydrique est mesuré avec une précision satisfaisante.

-Tel n'est pas le cas du flux hydrique de sortie. Nous reprendrons donc les hypothèses A et B développées tout au long de ce rapport.

*Dans l'hypothèse A, le flux de MES sortant est estimé à 528 tonnes/an. Ceci conduit à en déduire un stockage de 542 tonnes de MES dans le lac durant l'année.

*Dans l'hypothèse B, le flux de MES sortant est estimé à 525 tonnes/an Le stockage dans le lac serait donc de 459 tonnes de MES dans le lac durant l'année.

-Tous nos calculs ont été réalisés à partir du volume d'eau du lac et de la surface du fond établis par application du logiciel SURFER aux données recueillies lors de notre échosondage. Ces valeurs ne sont donc valables que pour la cote du lac observé ce jour là. En admettant le flux de sédimentation homogène sur toute la surface du fond du lac il apparaît que ce flux serait de :

- *1,5 kg/m²/an dans l'hypothèse A.
- *1,3 kg/m²/an dans l'hypothèse B.

-Les calculs réalisés à partir des MES récoltées dans nos trappes à sédiment nous conduisent à estimer celle-ci à 551 tonnes/an soit 1,6 kg/m²/an.

En raison des obligatoires approximations (surface du fond du lac, supposition d'une sédimentation homogène sur toute la surface du fond du lac, extrapolation à toute cette surface des données obtenues à partir de trois trappes a sédiment dont la surface de collecte n'est que de 78,54 cm²/trappe) nous pouvons admettre que les deux types d'approche du flux de sédimentation fournissent des résultats tout a fait concordants. Ce sont donc environ 500 tonnes de sédiment qui ont été retenues dans le lac durant la période de notre étude soit environ 1,40 kg/m²/an.

Si ces valeurs peuvent, *a priori*, sembler importantes, elles sont fréquemment observées dans les lacs eutrophes ; dans ce cas, c'est très majoritairement la très importante nécromasse phytoplanctonique qui constitue l'essentiel du flux de sédimentation. Or un tel taux de sédimentation se traduit, une fois les matériaux compactés par une épaisseur de sédiment de l'ordre de 2 à 3 mm (données obtenues sur la lac d'Aydat). En admettant que le flux de sédimentation que nous avons estimé ait été le même depuis la mise en place de l'ensemble de l'aménagement hydraulique, c'est-à-dire depuis 1970, ce qui ne semble pas être le cas, le Tact ayant vraisemblablement exercé un rôle de décanteur durant de nombreuses années, l'épaisseur de sédiment compacté serait de l'ordre de 70 à 110 mm. Sachant que la sensibilité d'un échosondeur est de l'ordre de ± 100 mm auxquels il faut rajouter les

incertitudes liées au clapot lors des mesures, il paraît tout à fait objectif de constater qu'il nous est impossible de mettre en évidence la moindre différence significative entre les résultats de notre bathymétrie et ceux obtenus par EDF en 1994 et 1995. En aucun cas, les différences méthodologiques ne peuvent avoir une répercussion sur les résultats. Cependant, il faut prendre en compte l'absence de curage entre 1970 et 1995 alors que des curages ont été réalisés avant nos mesures.

S'il est indéniable que de très « inesthétiques » dépôts de sédiment sont parfaitement visibles dans les zones littorales peu profondes relativement protégées du flux hydrique principal traversant le lac, (les temps de séjour des eaux les plus réalistes, de l'ordre de 8 à 9 jours témoignent de l'importance de la vitesse de déplacement de la masse d'eau), il ne nous est pas possible de conclure à un envasement rapide du lac de la Crégut sur ces données limitées dans le temps. Les MES étaient essentiellement composés de débris végétaux issus vraisemblablement du Tact.

VIII. PROPOSITIONS D'ACTIONS A MENER.

Conclure que le lac de la Crégut ne s'est pas eutrophisé ni envasé rapidement depuis l'aménagement hydraulique de la Tarentaine et de l'Eau Verte ne signifie en aucun cas que cet écosystème n'a pas subi ou ne vas pas subir de très profondes modifications. Comme nous l'avons démontré sans ambiguïté, le développement phytoplanctonique est uniquement limité dans ce lac par la turbidité des eaux. Les concentrations en phosphore permettent de classer les eaux comme étant de bonne qualité. Cependant, la concentration moyenne annuelle en cet élément dans les eaux du lac, 28 mg/m³, dépasse le seuil de 25 mg/m³ considéré par l'OCDE comme excessif dans les eaux lacustres et pourrait permettre un important développement phytoplanctonique. Il paraît légitime de rendre au lac ses eaux de couleur « thé clair », car naturellement riches en acides humiques, mais translucides. La couleur actuelle, les dépôts de sédiment sur les rives, n'incitent pas le promeneur à admirer la beauté du site ni à en parcourir les berges.

A. <u>Mise en place d'un programme sur 3 ans - Réalisation d'une étude</u> compléte sur les bassins versants

Les propositions sont basées à partir de mesures portant sur une seule année d'études. Or, jusqu'à présent les propositions d'actions que nous avons pu proposer l'ont été à partir de séries temporelles d'au moins trois années (Etudes du réservoir de Villerest et de la Sep). Nous avons ainsi pu proposer une gestion des vannes du réservoir de Villerest sur la base de mesures qui ont permis une modélisation complet du fonctionnement de l'écosystème. Ainsi, il semble illusoire, dans le cadre de cette étude, de faire des propositions sur la gestion des ouvrages situés en amont de la Crégut et dont le fonctionnement n'était pas pris en compte par les mesures réalisées.

Dans un premier temps, il semble indispensable de réaliser une étude pluriannuelle (3 ans) sur le lac de la Crégut afin d'étudier son fonctionnement dans des conditions contrastées tant au niveau des conditions météorologiques que des apports du bassin versant. Il faut encore insister sur le fait que les conditions météorologiques peuvent être considérées comme exceptionnelles lors de cette étude. Le coût annuel de celle-ci serait équivalente à celle proposée lors de cette prestation.

Nous avons précédemment évoqué l'impact, apparemment majeur, de l'élevage dans les apports en Azote et Phosphore en entrée du Tact. Il paraît donc indispensable d'agir sur les bassins versants de la Tarentaine et de l'Eau Verte afin de réduire ces apports. L'objectif de cette étude était uniquement de comprendre le fonctionnement du lac de la Crégut. Dans ce contexte, nous avons fait les mesures uniquement en amont et en aval du lac pour déterminer les flux de matière. Ce mesures font apparaître une dégradation de la qualité des eaux sans toutefois pouvoir préciser, en amont du Tact, les causes de cette altération. Il est ainsi indispensable, avant de pouvoir proposer des actions à mener, d'étudier le bassin versant afin d'identifier de façon précise les sources de pollution. En l'absence de telles données, les actions proposées ne peuvent être que basées sur les données recueillies au cours de cette étude. Une étude approfondie et actualisée des bassins versants mériterait d'être menée selon la méthodologie préconisée par EPIDOR dans son document daté de Mars 2004. Une action visant a réduire de manière drastique les apports en Azote et Phosphore dans la retenue du Tact ne saurait qu'avoir des effets bénéfiques sur l'eutrophisation de la Cregut.

Les problèmes actuels proviennent du fait que le lac de la Crégut se substitue de plus en plus à la tourbière du Tact dans le rôle d'épurateur et de décanteur des eaux en provenance de la Tarentaine et de l'Eau Verte ce qui ne nous paraît pas devoir être son rôle.

Partant du constat que la plus grande part des nuisances apportées au lac de la Crégut proviennent de l'aménagement hydraulique ayant profondément modifié son bassin versant, c'est sur ce point que doivent porter les mesures de restauration.

Etant admis qu'il est inconcevable de détruire ces aménagements, les eaux de la Tarentaine et de l'Eau Verte représentant les 2/3 du flux hydrique alimentant la retenue de Lastioulles et sont donc indispensables pour EDF, deux propositions peuvent être formulées.

B. Opérations de curage

La première proposition serait de rendre à la tourbière du Tact son rôle d'épurateur-décanteur. Quelles que soient les actions menées sur le bassin versant, elles ne résoudraient sans doute pas le problème des matières en suspension, problème majeur sur le lac de la Cregut. Sur ce point nous ne pouvons que recommander un curage régulier des retenues de la Tarentaine et de l'Eau Verte. Parallèlement il faudrait rendre à la tourbière du Tact son rôle d'épurateur-décanteur. Ceci implique un curage très important de cette tourbière ennoyée tel que décrit par l'étude EDF de 2000. Le coût de l'opération avait, a l'époque, été estimé, suivant le type de curage, mécanique ou « suçeuse » entre 3500 kF et 5700 kF HT, le prix de l'évacuation des boues étant de 40 à 50 F par m³, pour un volume de sédiment à éliminer de 72 000 m³.

C. Mise en pace d'un contournement des lacs du tact et de la Crégut

Une solution possible est de ne plus utiliser l'axe Tact-la Crégut pour transférer les eaux de la Tarentaine et de l'Eau Verte dans Lastioulles, étant donné que d'après l'étude EDF 2000 il sera impossible d'empêcher le transfert de MES inférieur à 0,4 mm dans le lac de la Crégut mais le faire via une conduite forcée enterrée partant du barrage de l'Eau Verte. EDF conserverait son apport d'eau et la Crégut retrouverait son bassin versant naturel. La

restauration du lac ne serait pas immédiate mais d'autant plus rapide que la mise en place de ce dispositif sera réalisée dans les délais les plus brefs.

IX. BIBLIOGRAPHIE

Czeczuga (1959). Bull. Acad. Pol. Sci., ser. sci. Biol., 7 (6). p. 227-230.

OECD's indicative limit for phosphorus defining nutrient classes of water, European Environmental Agency, 1999. Nutrients in European Ecosystems, 156 p.

Vollenweider RA, Goldman CR (1965) Primary Productivity in Aquatic Environments Univ. of Calif, Press, Berkeley and Los Angeles.

X. ANNEXES:

A. Evolution temporelle de la composition qualitative et semi quantitative des peuplements phyto et zooplanctoniques d'avril à début septembre 2006

Les prélèvements ont été réalisés bimensuellement au niveau du point le plus profond du lac. Ils correspondent au matériel particulaire récolté par un trait vertical Fond – 1 m - surface réalisé à l'aide d'un filet à plancton, type Juday, dont la toile présente un vide maille de 65 μm. Pour chaque échantillon, trois préparations microscopiques ont été examinées. Dans ce rapport, nous ne mentionnerons pas la liste exhaustive des espèces rencontrées mais simplement les plus abondantes ou ayant un intérêt essentiel pour interpréter l'évolution du peuplement planctonique global durant ces 5 mois d'étude.

Avril
$$(4/04 - 18/04)$$
.

Phytoplancton : Durant ce mois, le matériel particulaire récolté est très riche en particules détritiques minérales et organiques au milieu desquelles il est difficile d'observer le phytoplancton. Celui ci n'est pratiquement représenté que par une seule espèce ; la Diatomée *Aulacausiera italica* (+++) , algue typique de l'ensemble de nos lac en cette saison.

Zooplancton : Pratiquement inexistant (Un seul individu du Crustacé Cladocère Bosmina longirostris a été observé!)

Mai (
$$2/05 - 15/05 - 30/05$$
)

Le 2 mai, la quantité de matériel détritique demeure importante.

Phytoplancton : La Diatomée *Aulacosiera italica* est tourjours dominante (+++) mais accompagnée par une autre Diatomée : *Asterionella formosa* (++) .

Zooplancton : Abondant, le zooplancton est très largement dominé par le Crustacé Cladocère *Daphnia longispina* (+++) dont les femelles (parthénogénétiques) portent un grand nombre d'œufs. Ceci indique que cette espèce rencontre des conditions nutritionnelles

favorables. Quelques stades juvéniles (Copépodites, C3, C4) de Cyclopoides sont également présents (+).

- Le 15 mai, si la quantité de particules détritiques diminue, les préparations microscopiques ne sont pas plus faciles à analyser car envahies par du pollen de Conifères.
- Phytoplancton : La Diatomée *Aulacosiera italica* (+++) est toujours dominante, accopmpagnée par *Asterionella formosa* (++) et, nouvelle venue, *Synedra acus*. (+).
- Zooplancton: Le peuplement zooplanctonique est totalement différent de celui observé dans le prélèvement précédent. *Daphnia longispina* qui constituait la quasi totalité du peuplement est devenue rare (P). Elle est remplacée par un autre Cladocère de beaucoup plus petite taille, Bosmina longirostris (+++), consommatrice de Bactéries et de microparticules organiques. Le Cyclopidae n'ont nous n'avions observé que des stades juvéniles se montrent enfin sous sa forme adulte. Il s'agit de *Cyclops strenuus*, espèce carnivore, dont la population est abondante (++). Il débute sans doute sa première phase de reproduction comme en témoigne la présence de nombreuses larves nauplius. A noter, à titre de curiosité, l'apparition, en très faible quantité (P) d'un Cladocère de grande taille (1,9 à 2 mm), relativement rare dans notre région *Holopedium gibberum*, typique des eaux oligotrophes à faiblement eutrophes. (la seule population régionale importante est rencontrée dans le lac Chauvet).
- Le 30 mai le peuplement planctonique apparaît comme totalement différent de ceux précédemment observés.
- Phytoplancton : Si nous observons toujours de nombreuses cellules *d'Aulacosiera italica*, elles apparaissent en très mauvais état physiologique de même pour *Asterionella formosa*. Seule *Synedra acus* semble en voie de développement.
- Zooplancton : Il n'est représenté que par quelques individus du Cladocère *Bosmina longirostris* et du Copépod*e Cyclops strenuus*.

Juin (13/06, 27/06)

Le 13 juin le peuplement planctonique apparaît très peu abondant.

Phytoplancton : Bien qu'abondantes, les cellules des Diatomées *Aulacosiera italica* et *Asterionella formosa* présentent des chloroplastes très dégradés. C'est *Synedra acus* qui devient l'espèce dominante (+++) et en phase de croissance.

Zooplancton: Très peu d'individus, essentiellement des Rotifères, *Polyarthra vulgaris* consommateurs de bactéries et de microparticules organiques et de rares larves nauplius de Copépodes dont le régime alimentaire est très voisin de celui des Rotifères précités.

Le 27 juin, le peuplement planctonique change totalement de composition spécifique.

Phytoplancton : La Diatomée *Synedra acus* demeure l'espèce dominante (+++). Pour la première fois apparaissent en quantité non négligeable deux espèces de Chlorophycées. La Chlororococcale *Sphaerocystis schroeteri* (++) et la Volvocale *Eudorina elegans*. (+).

Zooplancton: Le peuplement zooplanctonique, abondant, est très diversifié avec des Crustacés:

Cladocères dont deux espèces dominantes : *Daphnia longispina* (+++) portant de nombreux œufs parthénogénétiques et *Bosmina longirostris* également en phase de reproduction (++), *Diaphanosoma brachyurum* (+), espèce thermophile se nourrissant essentiellement de bactéries et de détritus organiques fins. *Holopedium gibberum*, bien que non abondant est toujours présent.

Copépodes : Trois espèces carnivores cohabitent. *Cyclops abyssorum prealpinus* est le plus abondant (+++) ; *Cyclops strenuus* est bien représenté ++). Apparaît une nouvelle espèce, *Mesocyclops leuckarti*, rare mais déjà signalée dans le lac de la Crégut.

Rotifères: Trois espèces de consommateurs de microparticules ont été rencontrées. Keratella cochlearis (++), Polyarthra vulgaris (+++) et Conochilus volvox.(+). Une espèce carnivore, Asplanchna priodonta, consommatrice des espèces précitées apparaît.

Juillet (11/07, 25/07)

Le 11 juillet un nouveau changement apparaît dans la composition du peuplement planctonique essentiellement en ce qui concerne le zooplancton.

Phytoplancton: Relativement peu abondant, le phytoplancton est très largement dominé par la Diatomée *Synedra acus* (+++). La Chlorophycée *Sphaerocystis schroeteri* est toujours présente (+) alors qu'apparaît une Dinophycée, *Peridinium willei* (ou *cinctum*, les deux espèces étant très difficiles a distinguer ,leurs faibles effectifs ne permettant pas de réaliser les montages microscopiques nécessaires. Ceci n'a que peu d'importance, leurs tailles et formes étant identiques).

Zooplancton : Le peuplement est beaucoup moins diversifié que le 27/06. Trois espèces apparaissent dominantes :

Les Cladocères Daphnia longispina (+++), Ceriodaphnia quadrangula (++), accompagnées par Diaphanosoma brachyurum. (P)

Le Copépode *Cyclops strenuus* (++)qui poursuit sa seconde phase de reproduction comme en témoigne la présence de nombreuses larves nauplius et de premiers stades copépodites.

Les Rotifères ne sont représentés que par quelques individus des espèces *Polyarthra vulgaris* et *Keratella cochlearis*.

Ce prélèvement est d'un très grand intérêt. On y rencontre en effet de nombreuses exuvies de larves d'un Diptère du Genre Chaoborus. Or, cette larve est, dans ses deniers stades un redoutable prédateur de zooplancton. Ceci permet d'expliquer le développement, apparemment très particulier du zooplancton dans le lac de La Crégut où l'importance « quantitative » mais surtout la succession des espèces ne suit aucun schéma classique. Photophobe, cette larve ce maintien très près du fond durant la journée et n'est donc pas récoltée par les traits de filet réalisés durant nos prélèvement effectués de jour. Il était donc impossible d'en suspecter l'existence dans le lac en l'absence de prélèvements de nuit. C'est la nuit que cette larve remonte dans les couches d'eau superficielles grâce à ses vésicules hydrostatiques qu'elle est capable de remplir de gaz ou de les vider pour redescendre. Or, c'est justement la nuit que le zooplancton remonte en surface pour se nourrir d'algues, se cantonnant en profondeur durant la journée pour échapper a la prédation des poissons qui, rappelons le, chassent « a vue ». Comme les poissons ces larves chassent « a vue » et repèrent leurs proies en fonction du contraste. C'est la raison pour laquelle elles sélectionnent en priorité les crustacés de grande taille et principalement les femelles ovigères dont les œufs noirs sont de remarquables points de repère. C'est indéniablement pour cette raison que la composition spécifique du zooplancton a été profondément modifiée entre le 2 et le 15 mai. Ceci explique aussi pourquoi, par la suite nous ne rencontrons que des Cladocères de petite taille, type *Bosmina longirostris*, des Rotifères et des larves nauplius de Copépodes.

Les exuvies rencontrées le 11/07 correspondent à des larves s'étant développées entre le début du mois de mai et la mi juin. Ce délai, relativement long, est très certainement lié à la faible température des eaux ce qui ralenti le métabolisme de la plupart des êtres vivants.

Le 25 juillet, le peuplement planctonique est très différent de celui observé le 11/07

-Phytoplancton: Très peu abondant, il est dominé par la Diatomée *Synedra acus* (+++) et la Chlorophycée *Sphaerocystis scshroeteri* (+++). Ces deux espèces sont accompagnées par la Dinophycée *Peridinium willei* (ou *cinctum*, cf supra), (++).

-Zooplancton : De nouveau abondant et très diversifié. Les espèces dominantes sont :

°les Cladocères Daphnia longispina (+++), Ceriodaphnia quadrangula (+++). Diaphanosoma brachiurum, Bosmina longirostris et Holopedium giberum sont également présents (+).

°le Copépode *Cyclops strennus*, essentiellement sous forme Copépodite (et nauplius ? la détermination à ce stade de développement est incertaine).

° le Rotifère *Polyarthra vulgaris* (+++).

Cette abondance et diversité du zooplancton peut paraître surprenante alors que les exuvies de *Chaoborus* sont toujours présentes. Il serait impossible que les Crustacés reconstituent des populations aussi importantes en 15 jours. En fait, il est probable, car nous n'en avons aucune preuve, que ces espèces effectuent des migrations horizontales pour échapper à la prédation de *Chaoborus*. Ce phénomène avait été décrit dans quelques lacs dont la retenue de Grangent (Loire) par BERTHON (Université de Saint Etienne) et que nous avons pu confirmer, par des prélèvements appropriés, sur la retenue Al Massira située sur le fleuve Oum er Rbia au Maroc.

Août (8/08, 22/08)

Le 8 août le plancton est pratiquement inexistant!

-Phytoplancton : une seule espèce domine le peuplement, la Diatomée *Synedra acus*.

-Zooplancton : Aucun individu n'a été observé. Par compte de très nombreuses exuvies de *Chaoborus* ont été collectées.

Le 22 août le peuplement planctonique est de nouveau totalement différent de celui observé le 8.

-Phytoplancton : Le peuplement n'est pratiquement composé que par la Diatomée *Synedra acus* (+++). Quelques colonies de la Diatomée *Fragilaria crotonensis* ont été observées de même que quelques cellules de *Peridinium*.

- Zooplancton: Très abondant et largement dominé par trois espèces de Cladocères: Ceriodaphnia quadrangula (+++), Daphnia longispina (+++), Bosmina longirostris (+++). Le Cyclopide Cyclops strennus est également bien représenté (++). De nombreuses exuvies de *Chaoborus* ont également été observées.

Ce prélèvement est particulièrement intéressant et riche d'enseignements. Il est en effet totalement impossible qu'un peuplement zooplanctonique totalement absent le 8/08 se reconstitue avec une telle abondance et diversité en 14 jours. Il y a donc bien une migration horizontale du zooplancton lors des phases de développement des *Chaoborus*. Le problème est de comprendre le pourquoi de ces alternances rapides entre les compositions du peuplement zooplanctonique. Ceci impose de bien connaître la biologie de ces larves de Diptères. Après de nombreuses recherches bibliographiques nous n'avons trouvé aucune information pertinente. Nous venons de prendre contact avec deux chercheurs de l'Université de Montréal qui travaillent depuis des années sur cette famille de Diptères.

Septembre (19/09)

Le 19/09 le peuplement planctonique est abondant et diversifié.

-Phytoplancton : Très largement dominé par la Diatomée *Synedra acus* (+++) mais avec apparition *d'Aulacosiera italica* (+) . A noter qu'en raison de la diminution de la température des eaux et du début de brassage de la colonne d'eau, les Dinophycées du Genre *Peridinium* produisent des « kystes » de durée en quantité importante.

-Zooplancton: Le peuplement est toujours largement dominé par le Cladocère Daphnia longipina (+++) dont les femelles, parthénogénétiques portent beaucoup d'œufs (3 à 5) ce qui signifie que les conditions de vie tant du point vue thermique que nutritionnel leur sont favorables. Il en est de même pour Ceriodaphnia quadragula (++); les Copépodes sont essentiellement représenté par Cyclops strenuus (+++) dont les femelles sont, pour la plupart, ovigères. A noter la présence (+) des Rotifères Polyarthra vulgaris et d'Asplanchna priodonta.

Octobre (3/10, 23/10)

Le 3/10, le peuplement phytoplanconique est très « clairsemé » ce qui peut s'expliquer par l'abondance de Crustacés Cladocères filtreurs.

-Phytoplancton : Très largement dominé par les Diatomées Aulacausiera italica (+++) et Asterionella formosa (++). Synedra acus n'est plus qu'une espèce accompagnatrice (+).

-Zooplancton: Trois espèces de Crustacés Cladocères (1), constituent la majorité du peuplement: Ceriodaphnia quadrangula (+++), Bosmina longirostris (++) et Daphnia longispina (++). Les Copépodes sont essentiellement représentés par des stades Nauplius et Copépodites 1 et 2 appartenant vraisemblablement à l'espèce Cyclops strenuus dont les femelles étaient ovigères dans l'échantillon du 19/09. Bien que cinq espèces de Rotifères aient été observées, leur présence n'est qu'anecdotique.

(1): Signalons la présence, à un seul individu dans nos préparations microscopiques du « assez rare en europe occidentale, espèce plutôt benthique » (C.AMOROS, Université LYON I, communication personnelle), Cladocère Pleuroxus striatus (ex , Alonella striata).

Le 23/10, Le peuplement phytoplanctonique est encore très peu « abondant ». Très certainement pour les mêmes raisons que celles invoquées précédemment.

-Phytoplancton :. Il est essentiellement composé de Diatomées, Aulacausiera italica (+++), Asterionella formosa (++) et a un degré moindre de Fragilaria crotonensis (+) et Synedra ulna (+). Curieusement la Chlorophycée, Desmidiacée, Staurastrum pingue est relativement abondante (++) pour une espèce se développant généralement plutôt en été.

-Zooplancton: Très abondant, il est largement dominé par les trois espèces de Cladocères mentionnées le 3/10 à savoir Ceriodaphnia quadrangula (+++) dont la majorité est toutefois porteuse d'œuf de durée (éphipium) indiquant l'apparition de conditions nutritionnelles et/ou thermiques défavorables. Daphnia longispina (++) est également bien représentée, les individus étant porteurs d'œufs parthénogénétiques. Bosmina longirostris demeure abondante (++). Les Copépodes sont toujours représentés par des states nauplius et copépodites, de 1 à 4 de Cyclops strenuus. Les Rotifères sont pratiquement absents.

Novembre (14/11)

L'échantillon est caractérisé par une très importante concentration en « débris » organiques dont des fragments de Sphaignes. Ceux ci ne peuvent provenir que de la tourbière du Tact. Or, sur ces particules organiques sont fixées de nombreuses cellules de la Diatomée Gomphonema constrictum qui est susceptible de se fixer également sur les filaments de la Chlorophycée Zygnématale du Genre Spirogyra présente en grande quantité sur la rive droite du lac. Or aucune cellule de Gomphonema n'apparaît sur ces filaments. Ce qui semble signifier que les Gomphonema présentes sur les particules organiques proviennent bien du Tact!

-Phytoplancton : Le peuplement est toujours dominé par les Diatomées Asterionella formosa (+++), Aulacausiera italica (++) et Synedra acus (++) accompagnées par Fragilaria crotonensis (+). Comme mentionné précédemment, d'importantes « colonies » de Gomphonema constrictum apparaissent fixées sur les particules organiques. Il faut également noter la présence de très nombreuses « colonies » de Tabellaria fenestrata (+++) très certainement d'origine benthique sans pouvoir affirmer si elles proviennent du Tact ou du lac de La Crégut lui même.

-Zooplancton : Si les Crustacés Cladocères Bosmina longirostris (++) et Daphnia longispina (+) sont toujours rencontrés,ils ne sont plus dominants (en nombre d'individus et non en biomasse) remplacés par des Rotifères Conochilus unicornis (+++) et Kellicottia longispina (++). Les Copépodes ne sont représenté que par quelques Copépodites, larves nauplius appartenant, peut être, à l'espèce Cyclops vicinius dont nous avons rencontré quelques rares adultes.

Décembre (12/12).

Echantillon très riche en particules organiques dont des fragments de Sphaignes.

-Phytoplancton :Le peuplement est toujours dominé par des Diatomées. L'espèce la plus représentée est Synedra ulna (+++) accompagnée par Synedra acus (++), Asterionella formosa (++) et Aulacausiera italica (+). A noter toutefois la présence, en quantité non négligeable, de la Chlorophycée, Desmidiacée Staurastrum pingue (++). -Zooplancton: Très peu abondant, le peuplement zooplanctonique est essentiellement représenté par les Crustacés Cladocères Bosmina longirostris (+++) et Daphnia longispina (++). S'y adjoignent les Rotifères Keratella cochlearis (++) et Kellicottia longispina (+). A noter l'apparition d'un champignon du genre Asterothrix réputé pour se développer dans les eaux acides et qui provient très certainement de la tourbière du Tact.

Janvier 2007 (16/01.)

Toujours une importante concentration en matériel organique détritique.

-Phytoplancton: Les Diatomées sont toujours très largement représentées. Synedra acus (+++), Aulacausiera italica (++), Asterionella formosa (++) accompagnées par Fragilaria crotonensis (+) et Tabellaria fenestrata (+). Deux espèces, d'origine benthique, sont également rencontrées Surirella robusta et Surirella linearis, remontées du sédiment par le brassage des eaux. Très curieusement la Chlorophycée, Desmidiacée, Staurastrum pingue est présente en quantité non négligeable (++). La Dinophycée Peridinium cinctum débute son développement (+).

-Zooplancton: Très peu abondant, il est essentiellement représenté par le Crustacé Cladocère Bosmina longirostris (+++) et, pour l'anecdote, par une espèce benthique d'eaux peu profonde Acroperus harpae non décrite dans le lac a ce jour! Les Rotifères sont abondants, principalement les deux espèces du genre Keratella (cochlearis et quadrata) (+++) et de Kellicottia longispina (+). A noter la présence importante de Crustacés Ostracodes, impossible à déterminer sur du matériel « fixé » (++). Aucun Copépode n'a été rencontré dans nos observations.

A noter que nous avons retrouvé dans cet échantillon le Champignon du genre Astherothrix déjà rencontré en décembre.

Février 2007 (22/02)

Phytoplancton très abondant ce qui peut s'expliquer par la rareté du zooplancton filtreur.

-Phytoplancton : Ce sont toujours les Diatomées qui dominent le peuplement avec essentiellement Aulacausiera italica (+++), Asterionella formosa (++), Synedra acus et ulna (++) et Fragilaria crotonensis (++). La Dinophycée Peridinium cinctum (++)poursuit son développement débuté en janvier..

A mentionner, pour l'anecdote, la présence de deux Chrysophytes, l'une du Genre Mallomonas,indéterminable au niveau de l'espèce sur du matériel fixé et Synura sphagnicola déterminable en raison de la forme de sa colonie! Fait rarissime, nous avons rencontré un filament de Cyanobactérie (Oscillatoria sancta) ,non fixatrice d'Azote moléculaire.

-Zooplancton : Peuplement très peu abondant dominé par des Rotifères :Kellicottia longispina (+++), Filinia therminalis (++) et Polyarthra platyptera (+). Les Crustacés sont pratiquement absents : 2 Cladocères et 4 copépodes aux stades Copépodites 2 et 3 appartenant sans doute à l'espèce Cyclops vicinuus. ont été observés .

Mars 2007 (27/03)

Comme le mois précédent le phytoplancton est très abondant et le zooplancton très rare. Les particules organiques détritiques sont également peu abondantes.

-Phytoplancton : Les Diatomées sont toujours largement dominantes avec Synedra acus (+++), Aulacausiera italica (++), Asterionella formosa (++), et Synedra ulna (+). La Dinophycée Peridinium cinctum est également abondant (++).

-Zooplancton: Les très rares organismes zooplanctoniques sont représentés par le Cladocère Bosmina longirostris (++) et les Rotifères Kellicottia longispina (+++) et Filinia therminalis (++). Citons l'apparition de Copépodites 2 de Mesocyclops leuckarti et de Cyclops vicinuus.

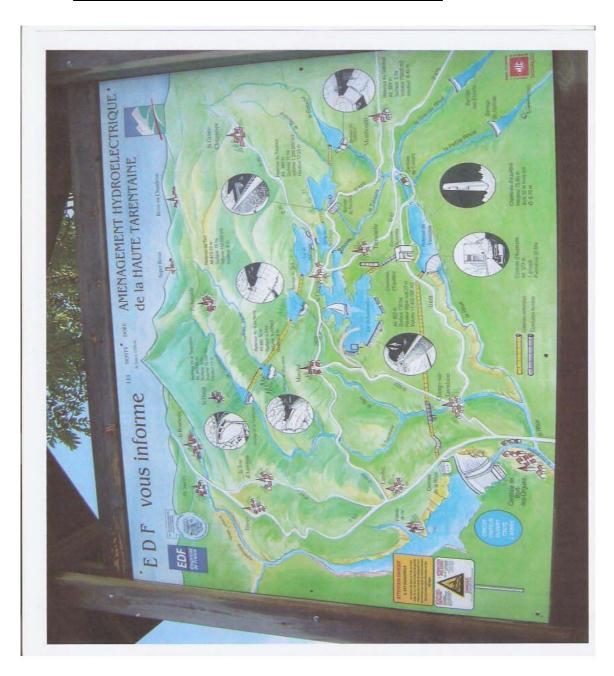
Synthèse saisonnière du développement phyto et zooplanctonique dans le lac de la Cregut d'avril 2006 à mars 2007

| | Printemps | Eté | Automne | Hiver |
|------------------------------------|-----------|------|---------|-------|
| PHYTOPLANCTON | • | | | |
| | | | | |
| E. Chlorophytes | | | | |
| Cl.Euchlorophycées | | | | |
| O.Volvocales | | | | |
| F. Volvocacae | | | | |
| G. <i>Eudorina</i> | | | | |
| e. elegans | | Р | | |
| O. Chlorococcales | | | | |
| F. Palmellacae | | | | |
| G. Sphaerocystis | | | | |
| e. schroeteri | | +(+) | | |
| Cl.Zygophycées | | | | |
| O. Zygnématales | | | | |
| F. Desmidiacae | | | | |
| G. Staurastrum | | | | |
| e. <i>pingue</i> | | | + | + |
| E. Pyrrhophytes | | | | |
| Cl. Dinophycées | | | | |
| O. Péridiniales | | | | |
| F. Peridiniacae | | | | |
| G. <i>Peridinium</i> | | | | |
| e. cinctum | | + | Р | +(+) |
| E. Chromophytes | | | | |
| Cl. Bacillariophycées (=Diatomées) | | | | |
| S.Cl. Centrophycidées | | | | |
| O. Coscinodiscales | | | | |
| F. Coscinodiscacae | | | | |
| G. Aulacausiera | | | | |
| e. italica | +++ | Р | +++ | +++ |
| S.Cl. Pennatophycidées | | | | |
| O. Diatomales | | | | |
| F. Diatomacae | | | | |
| G. <i>Asterionella</i> | | | | |
| e. formosa | ++ | | ++ | ++ |
| G. Fragilaria | | | | |
| e. <i>crotonensis</i> | | Р | + | + |
| G. Synedra | | | | |
| e. acus | ++(+) | +++ | ++ | +++ |
| e. ulna | | | +(+) | + |
| G. <i>Tabellaria</i> | | | | |
| e. fenestrata | | | + | Р |
| G. Gomphonema | | | | |
| e. constrictum | | | + | Р |
| | | | | |

| ZOOPLANCTON | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | |
| E. Rotiféres (=Rotatoria) | | | | |
| C. Monogononta | | | | |
| O. Ploïma | | | | |
| F. Brachionidae | | | | |
| G. Keratella | | | | |
| e. cochlearis | | + | + | ++ |
| G.Kellicottia | | | | |
| e. longispina | | | +(+) | +++ |
| F. Asplanchidae | | | | |
| G. <i>Asplanchna</i> | | | | |
| e. priodonta | | Р | | |
| F.Synchaetidae | | | | |
| G. <i>Polyarthra</i> | | | | |
| e. vulgaris | P | ++ | | + |
| O. Flosculariacés | | | | |
| F. Conochilidae | | | | |
| G. Conochilus | | | | |
| e. volvox | | Р | | |
| e. unicornis | | | +(+) | |
| F. Testudinellidae | | | | |
| G. <i>Filinia</i> | | | | |
| e. therminalis | | | | + |
| | | | | |
| E. Arthropodes | | | | |
| C. Crustacés | | | | |
| S.Cl. Branchiopodes | | | | |
| O.Cladocères | | | | |
| F. Daphnidae | | | | |
| G. <i>Daphnia</i> | | | | |
| e. longispina | ++(+) | +++ | ++ | ++ |
| G. Ceriodaphnia | | | | |
| e. quadrangula | | ++(+) | ++(+) | ++ |
| F. Sididae | | | | |
| G. Diaphanosoma | | | | |
| e. brachyurum | | + | | |
| F. Bosminidae | | | | |
| G. <i>Bosmina</i> | | | | |
| e. longirostris | ++(+) | ++(+) | ++ | ++(+) |
| S.Cl. Copépodes | | | | |
| O. Cyclopoida | | | | |
| F. Cyclopidae | | | | |
| G. Cyclops | | | | |
| e.strenuus | ++ | ++(+) | ++ | ++ |
| e.abyssorum prealpinus | | ++ | | |
| e. vicinius | | | Р | Р |
| G. Mesocyclops | | | | |
| e. leuckarti | | Р | | Р |
| C. Insectes | | | | |
| O. Diptères | | | | |
| S.O. Nematocères | | | | |
| F. Chaoboridae | | | | |
| G. Chaoborus | | | | |
| e. \$p | ? | ++ | | |

Cotation d'abondance:P : présent occasionellement,+:Présent,++:abondant +++:dominant,++(+):d'abondant à dominant selon les campagnes de prélèvements selon les prélèvements : cas de Chaoborus dont la présence est certaine depuis le printemps mais non observé mais non observée en raison de sa vie benthique durant la période diurneAbréviations : E = Embranchement, C. = Classe, S.Cl.= Sous Classe O. = Ordre, S.O.=Sous Ordre, F. = Famille, G. = Genre, e : espèce.

B. Aménagement hydroélectrique de la haute Tarentaine



C. Schéma synthétique des études réalisées

