

# LES LACS DU FRASNOIS : ILAY, NARLAY, PETIT ET GRAND MACLU Synthèse de données



Décembre 2004

# Avant propos

*Du nord de la Savoie au département du Doubs, les 75 lacs du massif jurassiens forment une mosaïque patrimoniale prestigieuse.*

*Le plateau du Frasnois, qualifié de **petite Ecosse** par Charles Nodier en 1820, abrite 8 lacs d'identité particulière, Bonlieu, le Lautrey, Ilay (la Motte), Petit et Grand Maclû, Narlay, Vernois et Fioget.*

*Le présent travail, né de l'application du protocole "Diagnose rapide" de l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse et d'une analyse des activités humaines sur les bassins versants, porte sur 4 d'entre eux, inscrits dans une superficie modeste de l'ordre de 7 km<sup>2</sup>. Trois sont en étroite relation hydrologique, Ilay et les deux Maclû, Narlay étant en lien souterrain direct avec le lac de Chalain.*

*Les 4 plans d'eau étudiés forment un échantillon tout à fait représentatif des espaces naturels et du contexte humain des hauts plateaux jurassiens où dominent pratiques agropastorales, tourisme et activités du bois résineux. Riches d'une flore et d'une faune à haute valeur patrimoniale, utilisés pour l'alimentation en eau potable et la pêche, les 4 lacs présentent un déficit marqué d'oxygène dissous en été. Signe d'un vieillissement commun à l'ensemble des lacs du Jura ou marque de perturbations liées aux activités humaines, ce constat nécessite une vigilance accrue en terme de protection des hydrosystèmes lacustres.*

*La reconstitution progressive de la qualité des eaux du lac de Narlay montre qu'un gain écologique peut-être acquis, dans un temps court à l'échelle de vie d'un plan d'eau, si l'on supprime ou réduit de façon drastique une activité polluante, anciennement constituée, ici, par des rejets de laiterie et de porcherie.*

*Bertrand Dussart, dans son ouvrage "Limnologie", qualifiait, en 1966, les cuvettes lacustres de **pièges à substances**. De toutes formes, des anciennes aux plus récentes et de toutes origines, proche ou lointaine convient-il d'ajouter en région karstique. L'accroissement du nombre et des concentrations de substances micropolluantes dans l'environnement aquatique moderne, remet en cause le processus naturel de transformation des nutriments au sein des masses d'eau et des sédiments et rend difficile l'interprétation de certains désordres dans la composition et le fonctionnement des lacs. Ce constat ouvre, de fait, un champ de travail concerté, appliqué à la recherche des causes de dysfonctionnements récents des lacs du massif jurassien. Aussi, scientifiques, techniciens et gestionnaires doivent-ils poursuivre, ensemble, la mise en œuvre de programmes diagnostiques complémentaires ciblés (relevés saisonniers de température et d'oxygène, dissous, indices biologique lacustre...) et d'affinement des mesures de protection et de gestion correspondantes.*

*Œuvre en forme de défi, sous les regards attentifs de la Dame du lac et du Pic de l'Aigle*

Jean-Paul Vergon  
20 décembre 2004



*Cette étude a été financée par le Conseil Général du Jura et l'Agence de l'eau.*

*Les prélèvements et les mesures de terrain ont été pratiqués par la DIREN (Jean-Pierre METTETAL et Jean-Paul VERGON) ; les analyses d'eau, de plancton et de sédiments ont été assurées par le CEMAGREF de Lyon.*

*La rédaction et la mise en forme de la présente synthèse sont le fruit de la collaboration entre Nathalie BOUVET (NBCE) et Jean-Paul VERGON.*

# SOMMAIRE

INTRODUCTION .....	5
<b>PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DES LACS ET DE LEURS BASSINS VERSANTS</b> .....	<b>7</b>
1. <i>Présentation générale</i> .....	8
1.1. <i>Localisation</i> .....	8
1.2. <i>Origine géologique</i> .....	10
1.3. <i>Climatologie</i> .....	10
1.3.1. <i>Précipitations</i> .....	10
1.3.2. <i>Températures</i> .....	10
1.4. <i>Hydrologie</i> .....	11
1.4.1. <i>Affluent</i> .....	11
1.4.2. <i>Émissaire</i> .....	11
1.5. <i>Caractéristiques morphodynamiques</i> .....	12
2. <i>La pression anthropique</i> .....	14
2.1. <i>L'occupation des sols</i> .....	14
2.1.1. <i>Données archéologiques</i> .....	14
2.1.2. <i>L'habitat actuel</i> .....	14
2.1.3. <i>L'environnement végétal</i> .....	15
2.2. <i>Les activités liées aux lacs</i> .....	15
2.2.1. <i>Le tourisme</i> .....	15
2.2.2. <i>Les pompages pour l'Alimentation en Eau Potable</i> .....	16
2.2.2.1. <i>Les pompages :</i> .....	16
2.2.2.2. <i>Les projets concernant l'AEP :</i> .....	17
2.3. <i>Les sources potentielles de pollution</i> .....	18
2.3.1. <i>Eaux usées et assainissement</i> .....	18
2.3.2. <i>Les apports en engrais et produits phytosanitaires</i> .....	19
2.3.2.1. <i>Les apports agricoles :</i> .....	19
2.3.2.2. <i>Les apports non agricoles :</i> .....	19
2.3.3. <i>Les extractions de granulats</i> .....	19
<b>DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSE ECOLOGIQUE</b> .....	<b>20</b>
1. <i>Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des lacs</i> .....	21
1.1. <i>Température :</i> .....	21
1.2. <i>Transparence :</i> .....	23
1.3. <i>Pigments chlorophylliens (2002-2003) :</i> .....	24
1.4. <i>Oxygène dissous (O<sub>2</sub>d) :</i> .....	26
1.5. <i>Minéralisation de l'eau : pH, conductivité, hydrogène-carbonates (2002-2003) :</i> .....	29
1.6. <i>Nutriments : Azote, phosphore et silice :</i> .....	30
1.6.1. <i>Azote :</i> .....	30
1.6.2. <i>Phosphore :</i> .....	34

1.6.3.	<i>Silice</i> :.....	37
1.7.	<i>Autres paramètres : Carbone organique (COT, COD), Fer</i> :.....	37
1.7.1.	<i>Carbone organique (2002-2003)</i> :.....	37
1.7.2.	<i>Fer</i> :.....	38
2.	<i>Les sédiments</i> .....	39
2.1.	<i>Les données anciennes (Ilay-1986, Narlay-1988, Maclu-1985)</i> .....	39
2.2	<i>Les données actuelles (2002-2003)</i> .....	40
2.2.1.	<i>Physico-chimie de la phase solide</i> .....	40
2.2.1.1.	<i>Texture</i> :.....	40
2.2.1.2.	<i>Matière organique</i> :.....	40
2.2.1.3.	<i>Phosphore</i> :.....	41
2.2.2.	<i>Physico-chimie de l'eau interstitielle</i> .....	42
2.2.2.1.	<i>Minéralisation</i> :.....	42
2.2.2.2.	<i>Phosphore et Azote</i> :.....	42
3.	<i>Caractéristiques des peuplements (composantes biologiques)</i> :.....	45
3.1.	<i>Surveillance sanitaire des eaux de baignade</i> :.....	45
3.2.	<i>Les Macrophytes</i> :.....	45
3.3.	<i>Le Plancton</i> :.....	47
3.3.1.	<i>Le Phytoplancton</i> :.....	47
3.3.2.	<i>Le Zooplancton (données anciennes)</i> :.....	49
3.4.	<i>La Macrofaune benthique</i> :.....	49
3.4.1.	<i>Les Insectes (données anciennes)</i> :.....	49
3.4.2.	<i>Les Mollusques (indice malacologique : IMOL)</i> :.....	50
3.4.3.	<i>Les Oligochètes</i> :.....	51
3.4.4.	<i>Les Diptères Chironomidae et Chaoboridae (données anciennes)</i> :... 53	
3.5.	<i>Les Poissons en 1985</i> :.....	54
3.5.2.	<i>Composition</i> :.....	54
3.5.2.	<i>Etat sanitaire</i> :.....	55
4.	<i>Synthèse de la diagnose écologique</i> .....	57
4.1.	<i>Bilan des études 2002-2003</i> .....	57
4.2.	<i>Synthèse de la physico-chimie 2002-2003</i> .....	59
4.3.	<i>Comparaison avec les études précédentes</i> .....	60
<b>TROISIEME PARTIE : BILAN ET PROPOSITIONS DE GESTION</b> .....		63
1.	<i>Evaluation de la valeur patrimoniale</i> .....	64
2.	<i>Problèmes</i> .....	68
2.1.	<i>Vulnérabilité</i> .....	68
2.2.	<i>Cohérence avec la régulation des débits et qualité du Hérisson</i> .....	68
3.	<i>Propositions sommaires de gestion</i> .....	70
<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....		72
<b>ANNEXES</b> .....		74



# INTRODUCTION

*Les lacs du Frasnois (Ilay, Narlay, Petit-Maclu, et Grand-Maclu) ont fait l'objet de monographies ou d'études particulières, sociologiques, historiques et paysagères, pendant plusieurs années :*

- ⊗ Le lac de Narlay : Evolution de quelques composantes hydrobiologiques en relation avec la prolifération d'une Cyanophycée : *Oscillatoria rubescens* (Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Franche-Comté) - 1977.*
- ⊗ Les lacs Maclu : Etude écologique (Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Franche-Comté) - 1985.*
- ⊗ Le lac d'Ilay : Etude écologique (Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Franche-Comté) - 1986.*
- ⊗ Diagnose rapide des milieux lacustres : lac de Narlay (Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Franche-Comté) - 1988.*
- ⊗ Lacs jurassiens : paysages de Franche-Comté (Union régionale des CPIE de Franche-Comté) - 1996.*
- ⊗ Synthèse des données et propositions de gestion des lacs du département du Jura et leur bassin versant (Conseil général du Jura, Agence de l'eau RMC, Direction régionale de l'environnement) - décembre 1999.*
- ⊗ La seigneurie monastique d'Ilay : mille ans d'interactions entre l'homme et son environnement (Jean Luc Gomez) - mai 2003.*
- ⊗ Diagnostic synthétique et axes de gestion concernant les lacs de Narlay, Ilay et les deux Maclu (rapport de maîtrise BPE sur les quatre lacs du Jura : Cécile Bernard) - septembre 2003.*

*Le protocole « diagnose rapide des plans d'eau », piloté par l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse leur a été appliqué en 2002 et 2003.*

*La confrontation des données anciennes aux résultats de la diagnose rapide permettra de mettre en évidence l'évolution d'une série de caractères propres à chaque plan d'eau : ressource en eau, hydrologie, qualité des eaux, occupation du sol, rejets, périmètres de protection et développement du tourisme.*

*La mise en évidence des problèmes spécifiques à chaque plan d'eau aboutit à des propositions de gestion, constituant ainsi l'ossature d'un futur Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE) à mettre en œuvre sur le secteur, dans le cadre de la loi sur l'eau. Il prendrait en compte les volumes disponibles pour l'alimentation en eau potable à long terme, la gestion des niveaux, l'occupation des sols, le développement du tourisme et la maîtrise des pollutions.*

# PREMIERE PARTIE : PRESENTATION DES LACS ET DE LEURS BASSINS VERSANTS



# 1. Présentation générale

## 1.1. Localisation

*Le territoire communal du Frasnois localisé à une dizaine de kilomètres au Sud de Champagnole, au centre d'une région nommée « L'Ecosse Jurassienne », compte 4 lacs : Narlay, Ilay, le Petit-Maclu et le Grand-Maclu. Ces 3 derniers sont aussi localisés pour partie sur le territoire communal de la Chaux-du-Dombief.*

*Le lac de Narlay, situé à 750 mètres d'altitude, est remarquable par son origine géologique, sa cuvette très creuse, profonde, à beïne très limitée, ces paramètres expliquant, en grande partie, la fragilité du système lacustre. Il est entouré, au nord par le massif forestier « Sur les Agraïlles » (altitude : 889m) ; sa face sud-est bordant le massif forestier du « Mont des Ifs » (altitude : 892 m). L'exutoire de son bassin fermé est en communication avec le Lac de Chalain.*

*Le lac d'Ilay ou de la Motte, à 774 m d'altitude, communique avec les deux lacs voisins des Maclu. Son bassin lacustre allongé, d'orientation SW-NE, est séparé des deux plans d'eau voisins par une ligne de marmelons boisés interrompue par une échancrure, traversée par l'émissaire du Grand-Maclu qui le rejoint sur sa rive orientale. Il est encerclé d'une bande marécageuse sur son pourtour, et fermé au nord et au sud par des reliefs qui le séparent du lac de Narlay et de la Vallée du Hérisson. A l'ouest, il est bordé par le relief à pente douce du plateau de Champagnole (altitude : 820 m). Le lac d'Ilay présente un relief sous-lacustre assez tourmenté marqué par l'émergence d'un éperon rocheux à 5 à 7 mètres au-dessus de la surface de l'eau et qui scinde la cuvette en deux zones distinctes de 15 m et 32 m de profondeur maximale.*

*Les lacs Maclu (altitude : 779 m) dont les bassins lacustres se succèdent, du nord-est au sud-ouest, dans une dépression parallèle à l'axe des crêtes calcaires voisines bordant leur flanc est (altitude : 960 m). Leurs rives différentes, sont abruptes et rocheuses à l'est, et présentent une beïne un peu plus large à l'ouest, bordée d'une frange marécageuse bien développée.*

### Propriété :

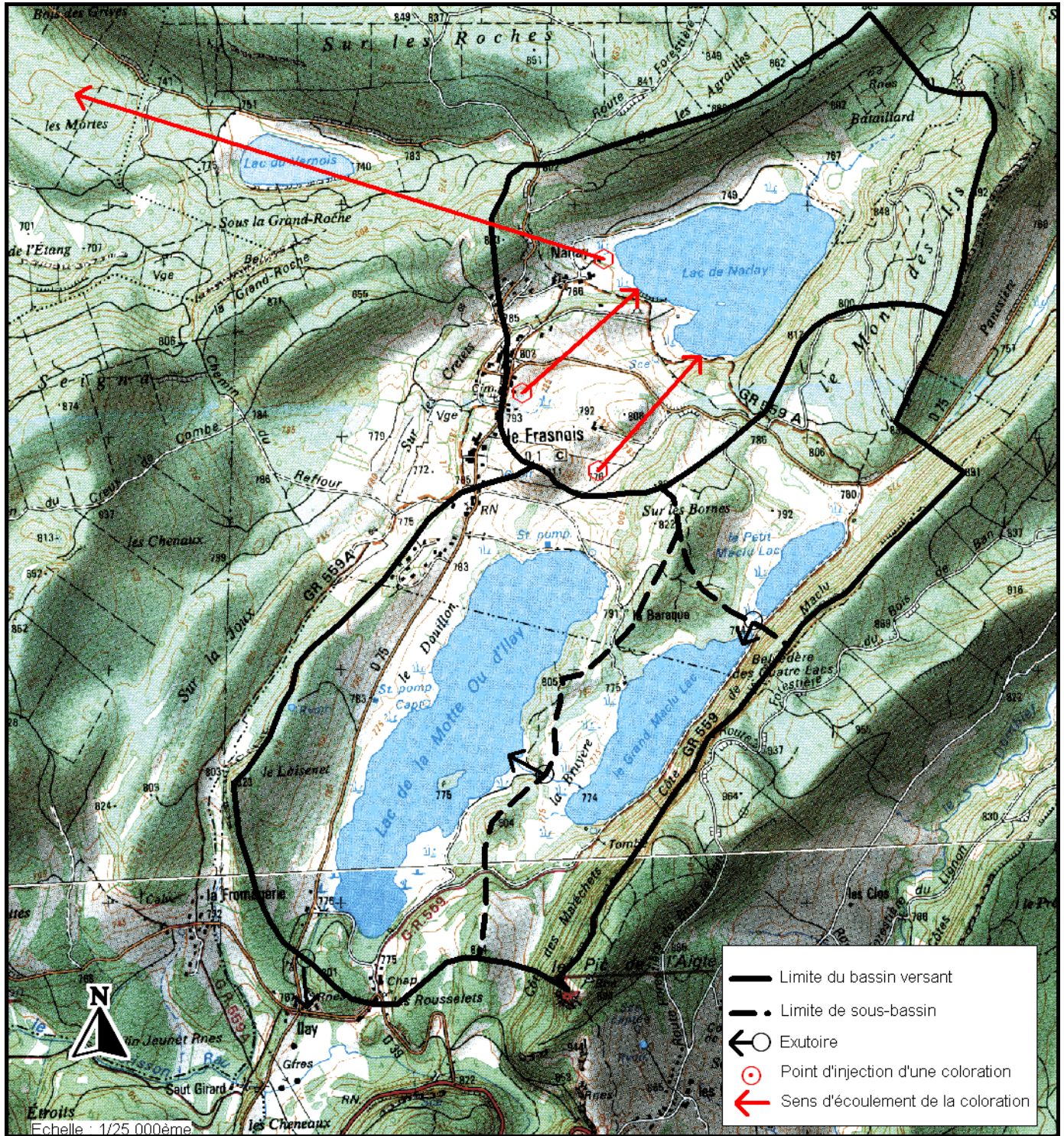
**Le lac d'Ilay** correspond à une seule parcelle cadastrée, appartenant aux communes de Le Frasnois, Chaux-du-Dombief et au Syndicat des Eaux du Lac d'Ilay depuis 1987 par vente judiciaire. Par accord avec la Fédération Départementale de Pêche (qui a financé 49% du prix du lac), le droit de pêche lui est réservé ;

**Le Petit-Maclu** est privé, et appartient à M. Péletier (Perrigny).

**Le Grand-Maclu** également privé (sauf sur 4 ha appartenant à la commune du Frasnois), est propriété de Mme de Thésut (St-Gobain).

**Le lac de Narlay** appartient à la commune de Le Frasnois depuis 1983.

Carte 1 : Délimitation des bassins versants hydrogéologiques des 4 lacs.



## 1.2. Origine géologique

Situé en limite de la zone des plateaux du Jura plissé, le secteur concerné comprend les grandes unités structurales suivantes :

- ⊗ les plateaux de Champagnole et de Nozeroy, d'altitudes moyennes comprises entre 600 et 800 m et qui s'étendent largement au nord ;
- ⊗ le faisceau de Syam, d'orientation sensiblement nord-sud, ensemble de compartiments faillés à structure complexe séparant les plateaux précédents et qui culmine dans la zone d'Ilay, au pic de l'Aigle à 993 m d'altitude ;
- ⊗ une grande zone anticlinale à l'est (anticlinal des Planches-en-Montagne) qui constitue la partie la plus externe du Jura plissé et se prolonge bien au Sud à partir d'Ilay en chevauchant le plateau (chevauchement de Chaux-du-Dombief).

Les lacs d'Ilay et des deux Maclu sont logés dans une « gouttière » à structure synclinale entaillant le faisceau de Syam, tapissée de terrains crétacés marno-calcaires et d'alluvions anciennes et plus récentes (graviers, sables, limons).

Contrairement à tous les lacs du Jura qui sont d'origine glaciaire, le lac de Narlay serait un lac de doline, due à la dissolution : ce lac « tectonokarstique » aurait été formé principalement par la dissolution de la roche calcaire suivie de l'effondrement du plafond de la cavité, la présence de substrat glaciaire pouvant expliquer l'étanchéité de cette cuvette.

Tableau 1 : Origine et cadre géologique des 4 lacs.

	Origine géologique	Orientation	Type de lac
Narlay	Dissolution de la roche calcaire et effondrement du plafond de la cavité	Nord d'Ilay et de deux Maclu.	Tectonokarstique
Lacs Maclu	Gouttière synclinale.	SW – NE. Partie méridionale du faisceau de Syam.	De val
Ilay	Gouttière synclinale	SW – NE. Il entaille le faisceau de Syam.	De val

## 1.3. Climatologie

### 1.3.1. Précipitations

Au poste du Frasnais (altitude : 800 m), on mesure une forte pluviosité : 1800 à 2000 mm en moyenne annuelle pour la période 1951-1970.

### 1.3.2. Températures

D'après les services de Météo France, la station la plus représentative du secteur est celle de Saint-Laurent-en-Grandvaux, située à 910 m d'altitude. Les données ci-dessous sont les moyennes calculées sur la période 1990-1996 inclus :

- ⊗ La température moyenne annuelle est de 7,8°C.
- ⊗ Le mois le plus chaud est le mois d'août : 16,8°C.

- ⊗ Les mois les plus froids sont ceux de décembre à janvier : +0,8°C.
- ⊗ Les lacs sont pris en glace en moyenne durant 4 mois.

## 1.4. Hydrologie

### 1.4.1. Affluent

*La zone des plateaux, constituée par les épaisses formations calcaires du plateau de Champagnole, est dépourvue de réseau hydrographique superficiel : la totalité des circulations intéresse le domaine souterrain.*

*Le lac de Narlay est alimenté par une série de petites émergences à débit modeste, réparties sur le pourtour du lac, dont certaines sont en communication avec des pertes situées à l'est du Frasnois. En effet, des colorations effectuées aux abords du village du Frasnois (SRAE-1978) ont mis en évidence la présence de circulations souterraines se dirigeant quasiment toutes vers le lac de Narlay.*

*Hormis une petite afférence résurgente à quelques mètres de l'extrémité méridionale du Grand-Maclu, le système hydrographique est quasiment inexistant sur les bassins topographiques des lacs Maclu ; en fait, l'alimentation des plans d'eau est assurée par les ruissellements diffus consécutifs aux précipitations ; des apports plus diffus sur les rives orientales (au pied de la côte Maclu) sont très probables, notamment pour le Petit-Maclu.*

*Le lac d'Ilay est alimenté en grande partie par l'émissaire du Grand-Maclu qui le rejoint au droit de l'Île de la Motte ; quelques émergences à très faible débit existent également à l'extrémité septentrionale (zone du Douillon).*



### 1.4.2. Émissaire

*Le lac de Narlay possède un bassin fermé, à émissaire souterrain constitué par un petit ruisseau d'une centaine de mètres disparaissant dans un entonnoir situé à l'extrémité ouest du lac. L'exutoire souterrain du lac de Narlay est en communication avec la Source du Moulin, affluent du lac de Chalain, distant de 7,5 Km à vol d'oiseau (coloration SRAE Franche-Comté, 17/11/1973). Le lac de Narlay a un temps de*

renouvellement difficilement estimable, compte tenu des particularités de l'émissaire (mise en charge de l'exutoire en période de hautes eaux).

Le Petit-Maclu communique avec le Grand-Maclu par l'intermédiaire d'un petit chenal de quelques dizaines de mètres de long situé à son extrémité sud. L'émissaire du Grand-Maclu situé à l'extrémité sud-ouest se jette dans le lac d'Ilay voisin.

L'émissaire du lac d'Ilay, situé au sud, rejoint le cours supérieur du Hérisson par un écoulement superficiel, puis souterrain. Le temps de renouvellement des eaux du lac est de 10 à 13 mois.

Tableau 2 : Les réseaux hydrographiques des 4 lacs.

	Alimentation / Afférence	Emissaires
<b>Narlay</b>	Série de petites émergences au débit modeste réparties sur tout le pourtour, apport sous lacustres probables.	Petit ruisseau d'une centaine de mètre disparaissant dans un entonnoir à l'extrémité ouest du lac qui communique avec la résurgence du Moulin, affluent du lac de Chalain.
<b>Petit-Maclu</b>	Ruissellements diffus consécutifs aux précipitations, apports plus diffus sur la rive orientale.	Chenal communiquant avec le Grand-Maclu situé à l'extrémité sud.
<b>Grand-Maclu</b>	Ruissellements diffus consécutifs aux précipitations.	Emissaire situé à l'extrémité sud-ouest communiquant avec le lac d'Ilay.
<b>Ilay</b>	Emissaire du Grand-Maclu situé en face de l'île de la Motte.	Circulations souterraines en direction du lac de Narlay situé au nord. L'émissaire d'Ilay rejoint le cours supérieur du Hérisson par écoulement superficiel puis souterrain.

## 1.5. Caractéristiques morphodynamiques

Le lac de Narlay, avec une profondeur maximale de 40 m, est le plus profond de tous les plans d'eau du Jura. Il est très creux, et les talus sont très pentus ; sa forme, proche de celle d'un entonnoir s'explique par son origine supposée de lac de doline.



L'échosondeur dévoile la présence d'une cuvette à pentes dissymétriques : talus très redressés pour la partie est du Grand-Maclu ; moins pentus pour la rive ouest. Cette dissymétrie favorise la mise en place de sédiments d'aspect et de composition différents. Les sédiments du Petit-Maclu sont riches en matière organique (en zone rivulaire et au fond) provenant de débris végétaux principalement endogènes ; ceux du Grand-Maclu sont riches en carbonates (dus à l'activité photosynthétique).



## 2. La pression anthropique

### 2.1. L'occupation des sols

#### 2.1.1. Données archéologiques

*L'évolution de l'occupation des sols des lacs du Frasnois a été traitée par Jean-Luc Gomez en collaboration avec Mr Jean-Luc Mordefroid (La seigneurie monastique d'Ilay : mille ans d'interactions entre l'homme et son environnement - mai 2003).*

*L'ancienne seigneurie constituée de trois lacs (Ilay et une impressionnante falaise Chaux-du-Dombief.*



*d'Ilay est un site lacustre, les deux Maclu) bordés par et dominé par le plateau de la*

*L'étude palynologique de l'île sud-ouest du lac d'Ilay montre tout d'abord que l'occupation du site compte vraisemblablement parmi les plus anciennes du massif du Jura ; les premiers défrichements remontent en effet au Néolithique. Elle met également en évidence une présence de l'homme très nettement avérée au Bronze final, et qui culmina au début du premier Age de fer. Exception faite d'une reprise ponctuelle à la fin de la Tène, une nette déprise perdura ensuite, en particulier pendant toute la période gallo-romaine, jusqu'au début du moyen-âge. Les données collectées et interprétées attestent enfin d'une occupation régulière du site pendant la totalité de l'époque médiévale.*

*Si la palynologie atteste d'une occupation très ancienne des lieux, c'est toutefois l'archéologie qui a démontré que les moines étaient déjà présents sur l'île vers 850. Entre le IX<sup>ème</sup> et la fin de XII<sup>ème</sup> siècle, deux édifices culturels successifs ont été bâtis sur ce qui était, jusque vers l'an mil, la presqu'île de la Motte, reliée à la rive du lac par une langue de terre et non pas par un pont.*

*L'existence d'un hameau à Ilay peut être localisé à la pointe sud du lac. Autour de ce bâti, le finage est très certainement organisé de manière concentrique, avec d'abord les jardins, les « clos », et ensuite les champs de céréales.*

*Le peuplement forestier est mixte : feuillus et résineux. Il est caractérisé par une prédominance du hêtre, du sapin, dans une moindre mesure de l'aulne, et par la présence également de l'épicéa.*

#### 2.1.2. L'habitat actuel

*Sur le bassin versant du lac d'Ilay, les habitations se limitent à un lotissement de la commune de Le Frasnois (partie ouest du lac) en bordure de la D75 ; la majeure partie des*

communes de Le Frasnois et de Narlay (qui représentent environ 400 habitants), se situe sur le BV du lac de Narlay. La population saisonnière estivale peut être estimée, au maximum de fréquentation à 500 personnes, réparties en bordure occidentale du lac de Narlay : camping communal (cf. 2.2.1. Le tourisme).

Sur le bassin topographique des lacs Maclu, il n'existe que deux chalets appartenant aux propriétaires respectifs des lacs, occupés à titre de résidence secondaire quelques semaines dans l'année.



### 2.1.3. L'environnement végétal

La forêt domine sur les bassins respectifs des lacs de Narlay (50% de la surface, dont 20 ha en plantations de résineux) et du Petit-Maclu (88% de la surface).

La prairie est bien représentée sur ceux des lacs Grand-Maclu (45% de la surface) et d'Ilay (60% de la surface).

La tourbière est présente entre les lacs de Narlay, d'Ilay et du Grand-Maclu.

A l'origine, les rives étaient fauchées, mais uniquement en période de grande sécheresse (comme ce fut le cas en 1947-49). Ces méthodes n'ont plus cours désormais et, par ailleurs, il est interdit de brûler les végétaux en bordure de lac.

Le pourtour du lac d'Ilay est le siège, principalement en rive ouest, d'un important développement de saules, témoin du processus naturel de comblement progressif d'un lac et marqué par l'extension des espèces arbustives puis arborées.

Ce secteur, assez remarquable, est protégé pour sa richesse et fait l'objet d'une ZNIEFF incluant les 4 lacs. Le lac d'Ilay est de plus inclus dans le Parc Naturel Régional du Haut Jura qui possède sa propre charte (renouvelée en 1988).

## 2.2. Les activités liées aux lacs

### 2.2.1. Le tourisme

Le lac de Narlay constitue un pôle d'attraction certain durant la période estivale. Le Camping Communal offre 200 emplacements, soit 600 campeurs au maximum (plutôt 450 à 500 les dernières années avec un maximum atteint chaque année, aux mois de juillet et août). La baignade, de 2<sup>ème</sup> catégorie, non surveillée et libre, se pratique aux risques et périls des baigneurs.

Une association privée non agréée gère la pêche. Le lac fait partie de la catégorie des eaux closes non classées. Aucun alevinage n'a été effectué depuis 1983, date d'entrée en propriété de la commune.

Les lacs Maclu et d'Ilay ne possèdent aucune installation de loisirs, la baignade y est interdite et les sanitaires sont volontairement éloignés de la rive. Le Petit-Maclu subit cependant la pratique du camping et de la baignade sauvages.

La pêche est la principale activité pratiquée sur le lac d'Ilay où le droit de pêche est réservé à la Fédération Départementale des AAPP du Jura qui a financé 49% du prix d'acquisition du lac. Le non respect par certains pêcheurs, des emplacements d'amarrage prévus aux pontons entraîne d'importantes discontinuités des ceintures végétales du plan d'eau par mouvements incessants des barques sous l'effet du vent.



12 Km d'itinéraire de pourtour balisé permettent de découvrir les quatre lacs à pied ou en VTT.

#### La légende du Narlay comme nous la conte Claude Negrello :

« Figurez-vous qu'il y a bien, bien longtemps, une fée qui passait par nos montagnes en plein hiver, s'était égarée dans le village de Narlay. Il faut vous dire qu'à cette époque le lac n'existait pas encore, le village était blotti au fond d'une combe profonde, à l'abri des vents. La fée frappa ainsi à toutes les portes du village sans que personne ne lui ouvre, chacun se terrant très égoïstement dans sa chaumière. Notre fée, de plus en plus transie par le froid, quitta le village et se dirigea vers une maison isolée au-dessus du village (cette maison existe encore), elle trouva là une brave fermière qui lui offrit l'hospitalité pour la nuit. La fée après s'être restaurée, remercia son hôtesse en lui assurant que son sens de l'hospitalité venait de lui sauver la vie, puis proférant une terrible sentence pour les habitants du village inhospitalier, elle ouvrit la

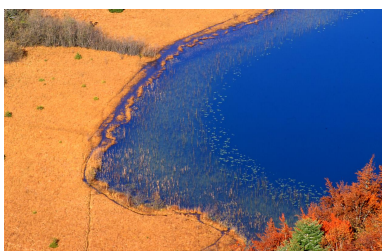
porte de la maison. Le jour se levait à peine sur le village, le ciel était gris, la neige épaisse ; seule comme un serpent noir, une source coulait dans le fond de la combe... La fée écarta les bras et prononça des paroles étranges, le ciel devint noir, très noir, la source d'habitude si calme se mit à jaillir à flots grondants, la pluie succédant à la neige devint si violente qu'on ne vit bientôt ni ciel, ni terre, un flot rugissant submergea le village en quelques secondes, seul, le clocher de l'église sembla résister quelques instants, mais il fut englouti à son tour. Depuis ce temps là, chaque soir de Noël, à minuit, un long « cocorico » monte plaintivement des profondeurs du lac de Narlay, c'est le chant du coq qui s'élève pour nous rappeler cette histoire que je viens de vous raconter. »

### **2.2.2. Les pompages pour l'Alimentation en Eau Potable**

#### **2.2.2.1. Les pompages :**

Le lac d'Ilay sert de ressource à l'alimentation en eau potable grâce à 2 stations de pompage indépendantes qui desservent :

- ⊗ *La commune du Frasnais alimente, depuis 1929, par pompage au nord, 150 candidats permanents (800 à 1 000 personnes en hiver en 1997) pour une production journalière entre 30 à 80 m<sup>3</sup>/j, soit un volume pompé de 200 000 m<sup>3</sup>/an. La première crépine, dont la remontée à moindre profondeur est envisagée, se situe dans la fosse de 31 m de fond. La seconde, installée sur pilier depuis 1965 et actuellement la plus importante. Le traitement se fait par chloration et il existe quelques problèmes mineurs de turbidité au moment du brassage automnal de la masse d'eau. La gestion de la ressource est communale.*
- ⊗ *Le Syndicat Intercommunal des Eaux du Lac d'Ilay dessert, depuis 1960, par pompage à l'ouest, 7 localités et les installations touristiques du Domaine Départemental de Châlain, l'ensemble représentant 10 000 personnes dont 7 000 saisonniers. La Société fermière est la Compagnie des eaux et de l'Ozone de Champagnole. La crépine se situe à 18 m de profondeur, au milieu du lac, au droit de la station de pompage. La production de pointe a diminué (en 1986) depuis la mise en place d'un pompage en bordure du lac de Châlain. L'accroissement des volumes pompés s'est situé entre 113 400 m<sup>3</sup> en 1994, 117 100 m<sup>3</sup> en 1995 et 138 000 m<sup>3</sup> en 1996. Cette station de pompage actuellement est techniquement dépassée et va être renouvelée.*



*Le Petit-Maclu sert à l'alimentation en eau potable de la commune de Chaux-des-Crotenay, pour 366 habitants sédentaires en 1998 et 500 résidents en été. Le volume prélevé est estimé, d'après les compteurs des particuliers, à 29 000 m<sup>3</sup>/an en 1997. Le traitement se fait par chloration. Une canalisation apporte l'eau de façon gravitaire. La gestion est communale.*

*En été, le prélèvement modifie le sens de l'écoulement naturel des eaux qui s'effectue alors du Grand-Maclu vers le Petit-Maclu.*

*Cette situation est aggravée par une absence de contrôle des volumes prélevés et un gaspillage lié à la permanence d'une fuite d'eau sur la canalisation reliant le Petit-Maclu aux installations du village. La modification de l'écoulement est également ressentie dans le Hérisson, émissaire du lac d'Ilay et s'inscrit dans une modification des échanges au sein des bassins versants des 2 lacs.*

#### **2.2.2.2. Les projets concernant l'AFP :**

*Le regroupement pourrait éventuellement se faire, à l'avenir, entre les deux pompages, le Syndicat d'Ilay alimentant la commune de Le Frasnais à partir de la nouvelle station.*

*Il est envisagé, également, de mieux réguler le niveau du Lac d'Ilay, afin qu'il s'abaisse moins rapidement qu'à l'heure actuelle. Auparavant, une scierie exploitait l'émissaire par une vanne régulant le niveau en fonction des besoins propres à la scierie.*

*La vanne et la scierie ayant disparu, la DDAF du Jura a proposé la réalisation de travaux destinés à limiter la baisse du niveau du lac et rafraîchir l'eau de son émissaire, le Hérisson en siphonnant l'eau du fond du lac. Le Syndicat n'a pas retenu cette proposition, lui préférant un petit seuil du même type que celui situé à l'aval du lac des Rousses.*

### **2.2.2.3. Etude des potentialités des lacs destinés à l'ATEP :**

*Un Droit de prise d'eau, conclu en 1929 entre la commune du Frasnois et l'ancien propriétaire du lac d'Ilay, était destiné à satisfaire les besoins communaux.*

### **2.2.2.4. Les périmètres de protection :**

*Actuellement, aucun périmètre de protection n'a été envisagé sur Ilay et le Petit-Maclu, en dépit de la présence d'un pompage d'eau destiné à la consommation humaine. L'épandage des lisiers est cependant interdit à moins de 250 m des rives des deux lacs. Le mode de gestion de l'épandage des boues de STEP (environ 80 m<sup>3</sup>/an) devra être défini par la Chambre d'Agriculture du Jura. Sachant que la production annuelle est estimée à 80 m<sup>3</sup>/j et que l'épandage de 30 m<sup>3</sup>/ha est autorisé, il suffira de trouver 3 ha par permutation sur un cycle de 3 ans. La commune de Le Frasnois estime que la disponibilité des 9 ha à trouver ne devrait pas poser de problèmes.*

## **2.3. Les sources potentielles de pollution**

*L'analyse bactériologique des sédiments des lacs Maclu a montré l'absence de germes aérobies pathogènes mais la présence systématique de germes aérobies sporulés, associés à certains germes d'origine fécale (Les lacs Maclu : étude écologique - 1985). La présence de différents Clostridium sporulés, en relation avec des apports organiques d'origine humaine ou animale, ne nuit cependant pas, d'après les spécialistes, à la qualité bactériologique du système qui demeure satisfaisante.*

### **2.3.1. Eaux usées et assainissement**

*Anciennement les effluents de Le Frasnois (145 habitants) et du Camping (70 places) étaient traités par des dispositifs sommaires (décantation-digestion et épandage souterrain) situés en bordure du lac de Narlay. Les rejets d'une fromagerie et d'une porcherie, fermées respectivement en 1976 et 1980, s'y déversaient également.*

*Depuis 1997, le Frasnois possède une station d'épuration à boues activées, le raccordement de la totalité des branchements d'eaux usées ayant été réalisé en séparatif en 1998, (canalisation de grès), par tranches d'assainissement successives de 1996 à 1998.*

*Le lotissement situé au nord-ouest du lac d'Ilay est également raccordé au nouveau réseau séparatif de la commune de Le Frasnois depuis 1996. On peut considérer que cette configuration a permis de résoudre les problèmes d'arrivées d'eaux au lac.*

## **2.3.2. Les apports en engrais et produits phytosanitaires**

### **2.3.2.1. Les apports agricoles :**

On dénombre 7 exploitations agricoles en activité et installées dans les villages alentour de Le Frasnois (Saffloz, Chevrotaine, Bonlieu, Entre-deux-Monts). Une seule exploitation se situe au Frasnois même et élève des vaches allaitantes. Il n'existe plus de cultures, seuls subsistent des prés de fauche et des pâtures.

Les grandes quantités de fumier et de lisier accumulées durant 6 mois minimum d'étable impliquent une faible utilisation d'engrais. Les terrains situés à proximité des lacs de Narlay et d'Ilay sont des prés de fauche, les pâturages se situant vers les pentes. Après les regains, les bovins pâturent sur les prés de fauche.

La Charte Agricole, débutée en 1998, initie des contrats passés avec les agriculteurs sous forme d'aides. En contrepartie, les agriculteurs s'engagent à faucher les prés sur les rives des plans d'eau, à restreindre les apports en engrais, à gérer les périodes d'épandages. Dans certaines zones, ils ne peuvent faucher avant le 1<sup>er</sup> juillet. L'application de la charte a débuté en 1998.

Il est à noter par ailleurs que l'épandage des lisiers est interdit à moins de 250 m des rives des lacs. Des contacts sont établis entre La commune de Le Frasnois et la Chambre d'Agriculture du Jura afin d'établir des plans de gestion des boues de stations d'épuration.

### **2.3.2.2. Les apports non agricoles :**

Les routes du pourtour du lac d'Ilay, peuvent être des vecteurs de pollution (utilisation de désherbants le long des glissières de sécurité, traitement antimousse destiné à éviter la dégradation des ouvrages d'art, déneigement à la potasse d'Alsace). Il ne faut pas négliger également le risque d'un accident de circulation et un éventuel déversement de substances toxiques (fuel, produits de traitements du bois ...) directement dans le lac.

## **2.3.3. Les extractions de granulats**

L'exploitation de 3 anciens éboulis situés sur les rives est des lacs Maclu, et intéressante pour l'utilisation de leurs matériaux fins dans la construction de routes, a cessé en 1983.

## DEUXIEME PARTIE : DIAGNOSE ECOLOGIQUE



## 1. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des lacs

La qualité actuelle des eaux des 4 lacs est évaluée à partir des données du programme "diagnose rapide" (analyses CEM.AGREF des prélèvements DIREN 2002-2003). Elles sont comparées, ici, aux données antérieures établies par le Service Régional d'Aménagement des Eaux de Franche-Comté ou sous son pilotage (Ilay-1986, Narlay-1975-1980-1988, Maclu-1985). Les valeurs de pleine eau ont été obtenues à partir de relevés verticaux et saisonniers effectués, de la surface au voisinage du fond, à l'aplomb du point de plus grande profondeur, certaines données biologiques (faune de fond) reposant sur des prélèvements réalisés dans les sédiments, de la zone littorale au fond.

### 1.1. Température :

Elle suit une évolution annuelle de type dimictique (double mélange) du 2<sup>ème</sup> ordre (autour de 10° au fond) dans les Maclu et Ilay, voire de 1<sup>er</sup> ordre (autour de 5° au fond) à Narlay.

Tableau 4 : Variation saisonnière de la température des 4 lacs.

	Narlay	Petit et Grand Maclu	Ilay
<b>Eté</b>	Stratification thermique nettement marquée : 18 à 21°C dans la couche supérieure), 5-6 °C dans les couches plus profondes (hypolimnion).	Stratification thermique nettement marquée : 20 à 24°C dans la couche supérieure (épilimnion de 6-7 m pour le Grand Lac et 4-6 m pour le Petit Lac), 7 à 10-13°C dans les couches plus profondes (hypolimnion), respectivement dans les Grand et Petit Lacs : à noter qu'elles sont éloignées de 4°C.	Stratification thermique nettement marquée : 20°C dans la couche supérieure (épilimnion de 5-6 m), 6-7 °C dans les couches plus profondes (hypolimnion).
<b>Automne</b>		Brassage automnal : refroidissement de la couche supérieure qui aboutit à une quasi homogénéisation des températures des lacs (en septembre pour le Petit Lac, oct. - nov. pour le Grand Lac).	
<b>Hiver</b>	Stratification thermique inverse.	Stratification thermique inverse : les couches supérieures sont plus froides que les couches profondes (les lacs sont régulièrement gelés en surface).	
<b>Printemps</b>	La température de la colonne d'eau correspond au maximum de densité de l'eau (4° C) ce qui provoque un brassage du lac.	2 <sup>ème</sup> période de circulation : le réchauffement entraîne la fonte de la glace et une homothermie, ce qui permet un mélange des eaux et l'homogénéisation des composantes physico-chimiques.	

Figure 1 : Profils de température de Narlay (2002-2003)

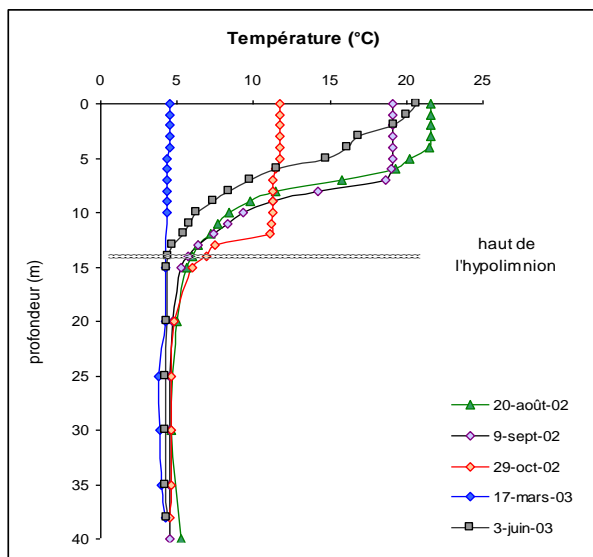


Figure 2 : Profils de température du Petit Maclu (2002-2003)

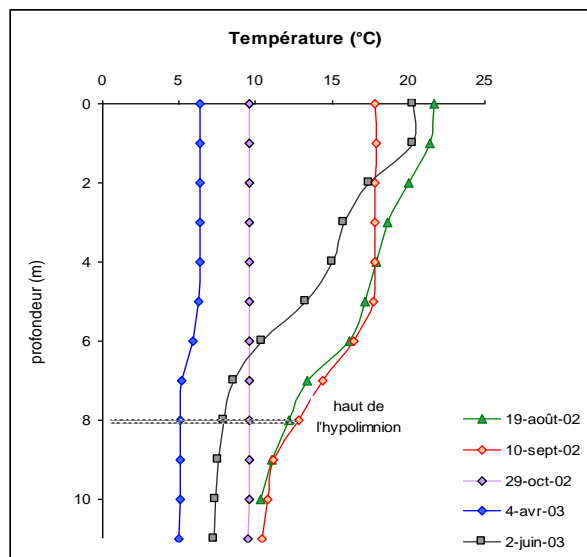


Figure 3 : Profils de température du Grand Maclu (2002-2003)

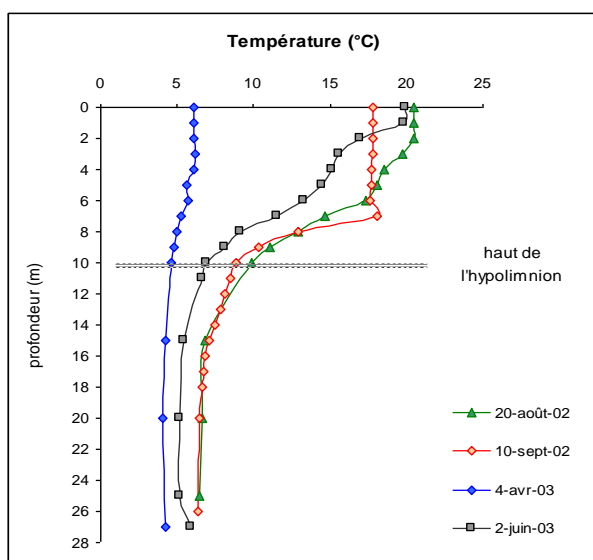
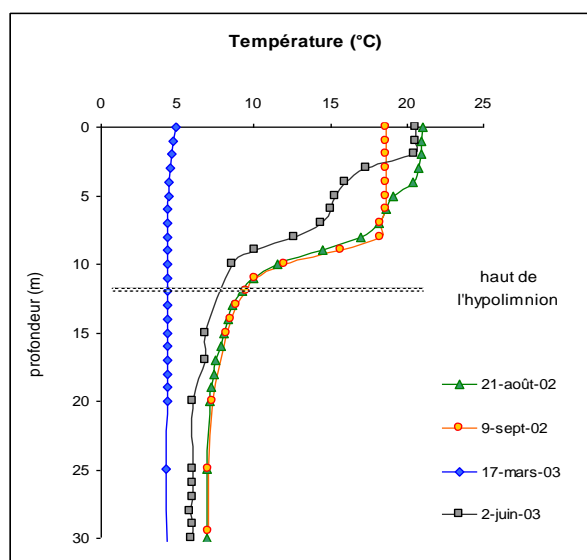


Figure 4 : Profils de température d'Ilay (2002-2003)



La thermocline du Petit Maclu, moins profond que les 3 autres plans d'eau, est nettement moins marquée.

Les profils de températures du Grand Maclu sont tout à fait comparables à ceux du lac d'Ilay, qui apparaît toutefois légèrement plus chaud (de 0,5 à 1°C en moyenne).

Dans le lac de Narlay, les relevés de 1978 à 1980, 1988 et 2003 montrent la présence régulière de deux périodes de circulation par an, des données anciennes (1975-76) ayant cependant révélé la possibilité de comportement monomictique (un seul mélange, printanier par an) et méromictique (seules les eaux des couches de surface se mélangent).

Cette caractéristique joue en défaveur du lac, les eaux du fond n'étant pas toujours mélangées à l'ensemble de la masse d'eau, donc pas oxygénées. Les années de fonctionnement monomictique la décomposition de la matière organique est ainsi réduite à un seul « traitement » par circulation.

L'altitude (750 m), la profondeur du lac (41 m), l'absence de beïne, la rareté de la végétation, associée à la faible action des carbonates sont principalement à l'origine de la fragilité du plan d'eau et de l'allongement, depuis 1976 et 1980, du processus d'autoépuration des apports polluants originaire de la fromagerie et de la porcherie voisines.

## 1.2. *Transparence :*

Bien qu'elle soit en partie liée au développement du phytoplancton (*Chrysophycées* en fin d'été, *Diatomées* au printemps), celle des lacs Maclu et d'Ilay, présente des valeurs très variables témoignant de la sensibilité des masses d'eau à la remise en suspension des sédiments par le vent.

Les valeurs mesurées sur l'ensemble des plans d'eau dans les décennies 70-80 sont plus rarement mesurées en 2002 et 2003 dans les 4 lacs.

Tableau 5 : Evolution de la transparence (m) des eaux des quatre lacs mesurée au disque de Secchi.

		Narlay			Petit Maclu		Grand Maclu		Ilay		
		1975 1976	1988	2002 2003	1983 1984	2002 2003	1983 1984	2002 2003	1977	1984	2002 2003
<b>Eté :</b>	juillet				9,5 à 10		9,5 à 10				
	août	9,3		4,3		4		3,5	6,1	3,5	4,3
	septembre		4,5	5,2	3,5 à 4	3,8	6	3,8	3,2	4	4
<b>Automne :</b>	octobre			6	3,5 à 4	2	6		7,3		5
<b>Hiver :</b>	mars	2		3,2	3,5 à 4		6		6,3	5,3	5,1
<b>Printemps :</b>	avril					4,5		5,7	5,4		5,4
	juin		8,4	5,7		5,2		6,1	8		6,1

A Narlay, l'existence d'une abondante population d'Oscillaires influe nettement sur ce paramètre. De mars à mai, en période de forte densité d'algues, la transparence est très faible. Les valeurs les plus élevées se mesurent en saison chaude, alors que les Oscillaires occupent les couches au voisinage de -10 m. Ce phénomène est observé depuis 1988. La réduction de la population d'oscillaires au profit d'algues vertes plus thermophiles peut expliquer les faibles valeurs de transparence estivale.

Figure 5 : Evolution temporelle de la transparence de Narlay (2002-2003)

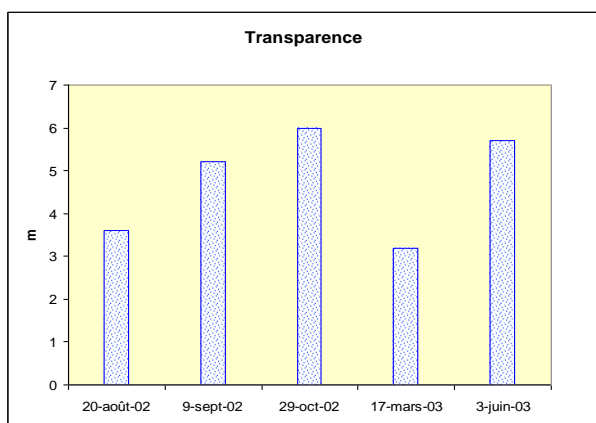


Figure 6 : Evolution temporelle de la transparence du Petit Maclu (2002-2003)

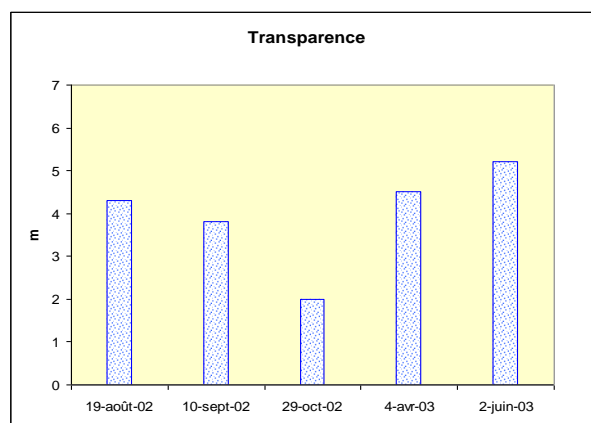


Figure 7 : Evolution temporelle de la transparence du Grand Maclu (2002-2003)

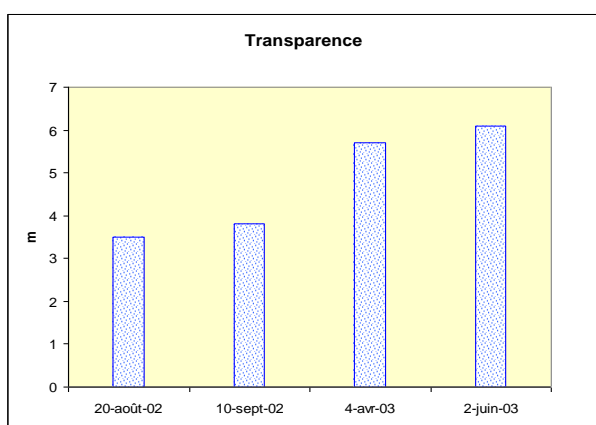
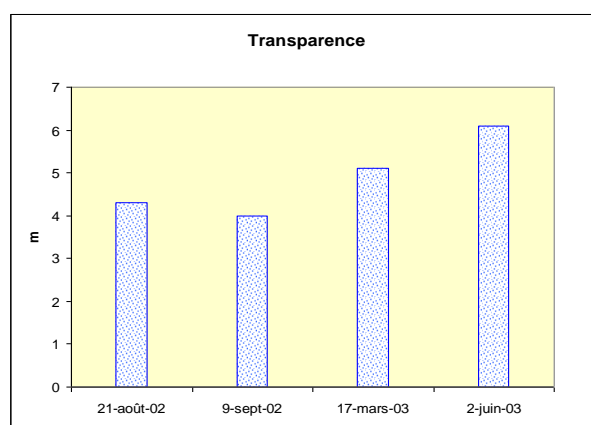


Figure 8 : Evolution temporelle de la transparence d'Ilay (2002-2003)



L'indice de diagnose rapide ( $I_T$ ), calculé à partir de la moyenne des transparences mesurées en 2002-2003 en période de production biologique (juin, août, septembre) classe les 4 lacs dans les milieux relativement transparents, de type mésotrophe (Tableau 6).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
$I_T$	36,5	39,0	38,8	36,7

### 1.3. Pigments chlorophylliens (2002-2003) :

Les résultats propres aux deux saisons favorables au développement algal sont contrastés à Narlay et soulignent le caractère fluctuant de la biomasse planctonique. Celui-ci serait renforcé ici par la présence d'*Oscillatoria rubescens* dont les variations verticales nuisent à la représentativité de l'échantillonnage par prélèvement intégré (CERGRENE, 1994). La faible abondance de la phéophytine-a traduit la présence d'un peuplement planctonique plutôt jeune et à forte activité photosynthétique le jour du prélèvement.

Au cours des 2 campagnes, la biomasse algale du lac Petit Maclu apparaît assez faible si l'on ne considère que la chlorophylle-a (figure 10). La phéophytine-a, dont les teneurs sont à peu près équivalentes, indique que le peuplement algal est globalement peu actif ou en partie dégradé. Ce phénomène est courant en fin de stratification estivale lorsque les conditions nécessaires à une photosynthèse optimale tendent à disparaître (baisse de la luminosité, appauvrissement des nutriments...). En fin de printemps, elle témoigne, en général, plutôt de l'effet de broutage par le zooplancton.

Figure 9 : Evolution temporelle des pigments chlorophylliens de Narlay (2002-2003)

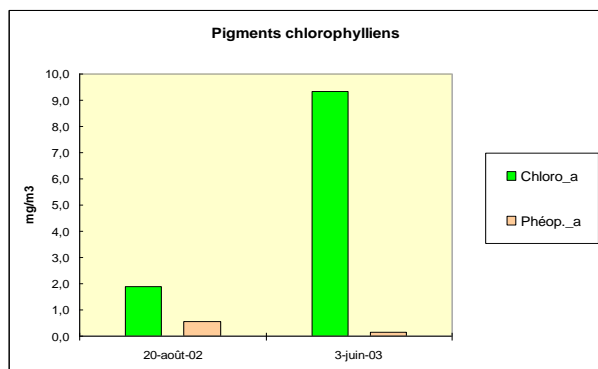


Figure 10: Evolution temporelle des pigments chlorophylliens du Petit Maclu (2002-2003)

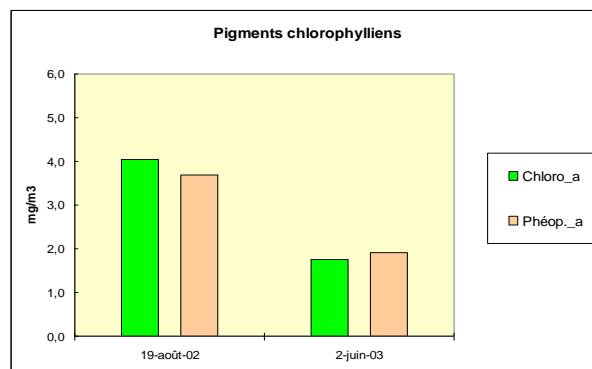


Figure 11 : Evolution temporelle des pigments chlorophylliens du Grand Maclu (2002-2003)

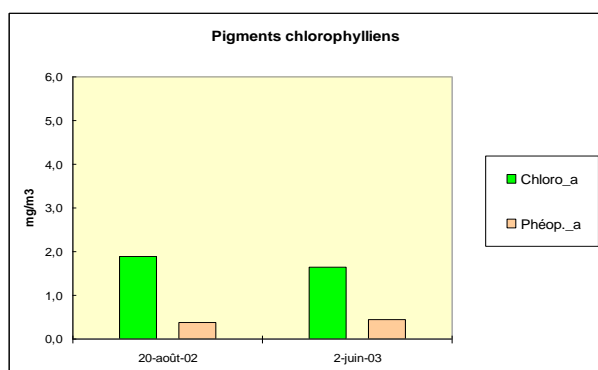
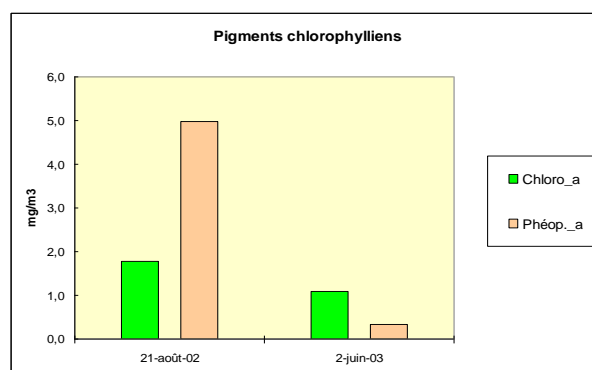


Figure 12 : Evolution temporelle des pigments chlorophylliens d'Ilay (2002-2003)



Inférieure à 2,3 mg/m<sup>3</sup> de pigments chlorophylliens, les biomasses algales mesurées dans le lac du Grand Maclu en août 2002 et en juin 2003 sont encore plus faibles que celles observées dans le petit lac. Contrairement à ce dernier, elles ne diffèrent guère entre juin et août, et les teneurs en phéophytine-a y restent toujours réduites (< à 30% de la chlorophylle\_a). Ce faible taux du principal produit de dégradation de la chlorophylle-a traduit une forte activité photosynthétique des peuplements existants à l'époque des 2 campagnes d'échantillonnage.

A d'Ilay, les valeurs d'août 2002 sont caractérisées par une forte proportion de phéophytine-a, environ 3 fois la concentration en chlorophylle-a et témoignent du vieillissement du peuplement algal en place lors du prélèvement. En juin, les concentrations sont plus faibles et le peuplement apparemment plus actif.

Tableau 7 : Indice de la diagnose (I.) des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
Ic	49,8	49,2	34,4	43,8
Niveau trophique	mésotrophe à eutrophe	mésotrophe à eutrophe	oligotrophe à mésotrophe	mésotrophe

#### 1.4. Oxygène dissous (O<sub>2d</sub>) :

Tableau 8 : L'oxygène dissous des 4 lacs est variable en fonction des saisons et de la profondeur.

	Narlay	Petit et Grand Maclu	Ilay
<b>Stratification estivale</b>	<p>On observe un déficit en fin de stratification, les conditions anoxiques concernent une couche de 20 à 25 m à partir du fond. En juin, entre 15 m et le fond, le taux de saturation se réduit à 6,6 % et devient nul par la suite. Les sursaturations dans l'épilimnion en fin d'été (maxi 178 %) soulignent une intense photosynthèse. Les deux pics de sursaturation observés en août 2003 à 7 et 11 m suggèrent l'existence de deux peuplements algaux superposés.</p>	<p>Les conditions d'oxygénation du fond des plans d'eau sont satisfaisantes. En fin d'été 2002, dans le Petit Maclu la faible profondeur conduit à l'épuisement rapide de la réserve en oxygène de l'hypolimnion à l'inverse du Gand Maclu.</p>	<p>Les teneurs décroissent avec la profondeur sous l'influence de la décomposition de la Matière organique dans les sédiments et la couche profonde : les mauvaises conditions d'oxygénation se manifestent nettement dans la fosse septentrionale, où l'eau mal brassée répond à une particularité morphologique de la cuvette lacustre influant sur le fonctionnement de la masse d'eau</p>
<b>Stratification hivernale</b>	<p>Les années où le « retournement » du lac n'a pas lieu : les mauvaises conditions d'oxygénation persistent durant tout l'hiver.</p>	<p>C'est probablement en fin de stratification hivernale que les concentrations sont les plus faibles (le 28 mars, avant le dégel dans le Petit Lac : 3 mg/l à 10 m, 0,5 mg/l à 10,5m).</p>	<p>An niveau de la fosse, la teneur minimale se rencontre en octobre, à partir de 12 m.</p>
<b>Printemps</b>	<p>L'activité photosynthétique entraîne des sursaturations élevées en surface (150 % en juin et septembre 1988).</p>	<p>L'activité photosynthétique du phytoplancton est à l'origine de concentrations élevées dans les couches superficielles.</p>	
<b>Circulations printanières et automnales</b>	<p>Le brassage automnal (quand il a lieu), rétablit les conditions d'oxygénation satisfaisantes dans l'ensemble de la hauteur d'eau (saturation de 100 % de 0 à 40 m en mars).</p>	<p>Elles homogénéisent le milieu et oxygènent ainsi les eaux du fond.</p>	

Figure 13 : Profils de l'oxygène de Narlay (2002-2003)

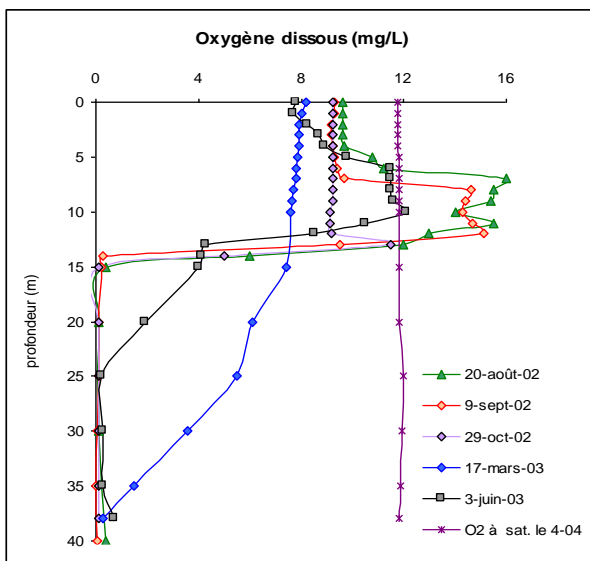


Figure 14 : Profils de l'oxygène du Petit Maclu (2002-2003)

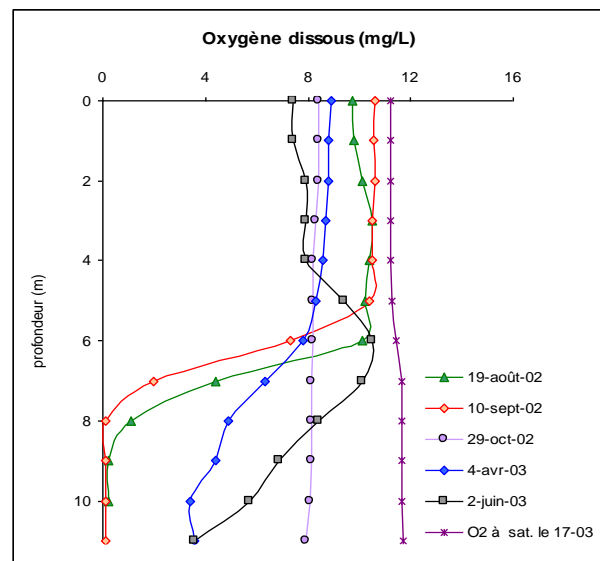


Figure 15 : Profils de l'oxygène du Grand Maclu (2002-2003)

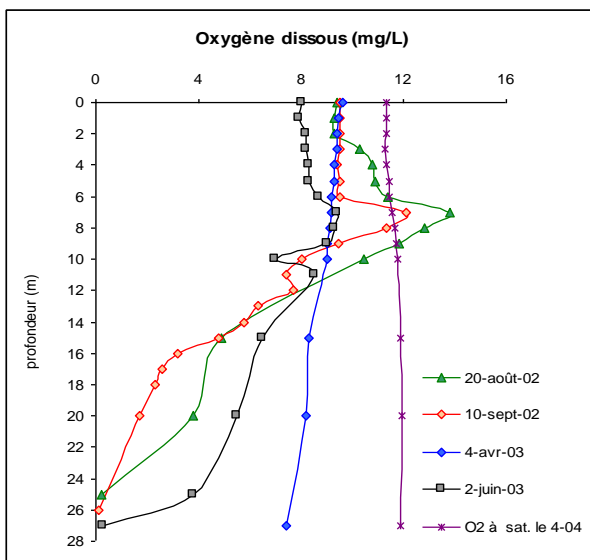
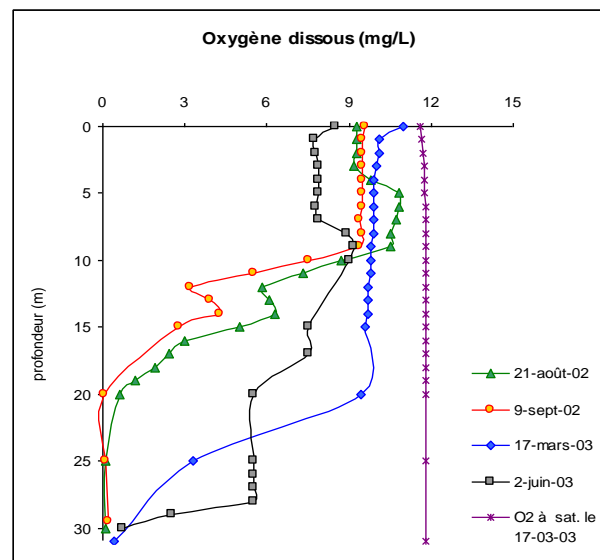


Figure 16 : Profils de l'oxygène d'Ilay (2002-2003)



Sur la base des résultats 2002-2003, la production primaire planctonique du lac Narlay apparaît sensiblement plus élevée que dans les 3 autres lacs. Narlay est également le seul à présenter une réserve hypolimnique en oxygène pratiquement épuisée dès début juin. Comme en mars, la saturation est loin d'être atteinte, il est probable qu'au côté de la "re-minéralisation" de la matière organique d'origine planctonique, les carences en oxygène dissous observées en été soient aussi le résultat d'un brassage incomplet de la masse d'eau à la fin de l'hiver précédent.

Ce phénomène de méromicticité qui dépend à la fois de la géomorphologie du lac (indice de creux élevé, peu de sensibilité aux vents...) et des conditions climatiques hivernales (hiver doux par exemple), a déjà été suspecté à Narlay (SRAE Franche-Comté, 1990).

Les pics de sursaturation relevés vers 7 m en août 2002 et en septembre 2002 trahissent la vigueur photosynthétique d'un peuplement algal situé à la base de l'épilimnion. Les algues sont sans doute également présentes en juin où les valeurs de saturation dans l'épilimnion sont proches de la normale. En revanche, en profondeur, le déficit s'est accru depuis le 4 avril 2003.

Comme pour les 3 autres lacs étudiés, on constate que l'hypolimnion du lac Grand Maclu présente tout au long de l'étude un déficit important en oxygène dissous, même à l'issue du brassage de fin d'hiver. L'hypothèse d'un lien avec des conditions climatiques particulières à l'hiver 2002-2003 n'est pas à écarter. Le Grand Maclu est cependant, parmi les 4 plans d'eau, celui dont le déficit est le moins sévère.

Au Petit Maclu, la campagne du 19 octobre 2003 suggère qu'il existerait un déficit hypolimnique chronique non résorbé par le plan d'eau au cours des périodes de brassage, la prise en glace des eaux de surface amplifiant vraisemblablement ce déficit en interdisant les échanges entre l'eau et l'atmosphère.

Les sursaturations de l'ordre de 120 à 130% relevées sur les profils d'Ilay établis en août 2002 et en septembre 2002 témoignent d'une forte activité photosynthétique de l'épilimnion pendant la saison de production biologique. La minéralisation de la matière organique ainsi élaborée a conduit, au moins en partie, à l'appauvrissement de la réserve en oxygène hypolimnique. Rare dès 15m de profondeur, l'oxygène dissous a alors disparu totalement en dessous de 20 m. Le déficit observé en mars perdure en juin 2003 et bien qu'il paraisse moins accentué dans les couches de surface où l'on observe un léger pic d'oxygène à 8 m, dû sans doute à l'activité photosynthétique, il s'est globalement accentué dans l'hypolimnion où le pourcentage de saturation moyen entre 10 et 20 m n'est que de 69%. En mars et en juin, la quasi-anoxie relevée près du fond peut être attribuée à un « effet de fosse ».

Tableau 9 : Les consommations et déficits de l'oxygène dissous des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
Consommation totale en O <sub>2</sub> dissous (mg/l)	3,91	3,92	5,07	5,28
Consommation journalière (mg/m <sup>3</sup> /j)	25,1	24,7	31,9	30,0
Nombre de jours correspondant à la période de consommation*	156	159	159	176
Déficit d'origine (mg/l)	7,70	7,66	3,72	5,51
Indice « dégradation »	45,8	45,5	50,6	49,3

\* Si on considère qu'en mars-avril 2002 les conditions étaient les mêmes qu'en mars-avril 2003.

Pour les 4 lacs, les consommations totales et journalières sont moyennes alors que le déficit d'origine est très élevé.

L'indice « dégradation » situe les lacs Narlay, Petit Maclu et Ilay dans les milieux à consommation hypolimnique en oxygène dissous moyenne, et le lac Grand Maclu dans les milieux à consommation hypolimnique en oxygène dissous moyenne à élevée.

Figure 17 : Profils du pourcentage de saturation de l'oxygène dissous de Narlay (2002-2003)

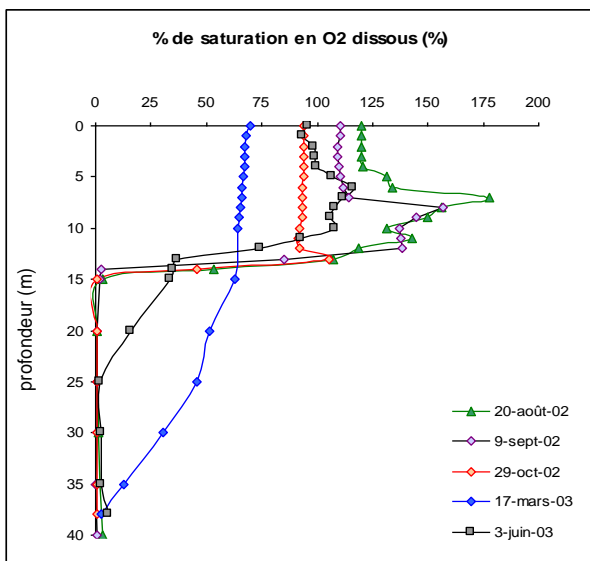


Figure 18 : Profils du pourcentage de saturation de l'oxygène dissous du Petit Maclû (2002-2003)

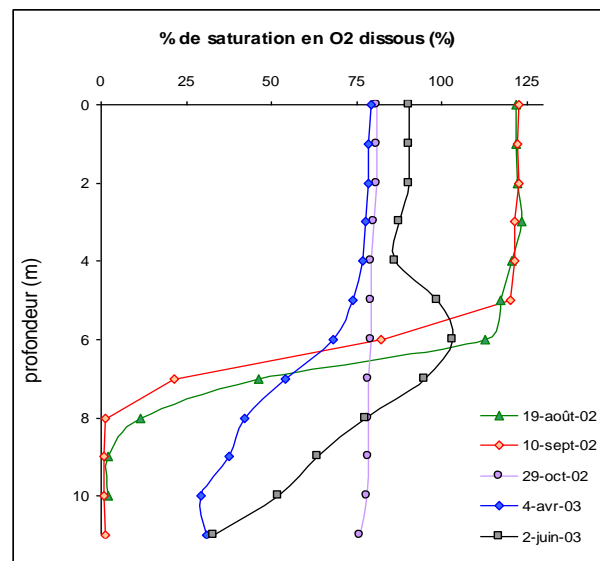


Figure 19 : Profils du pourcentage de saturation de l'oxygène dissous du Grand Maclû (2002-2003)

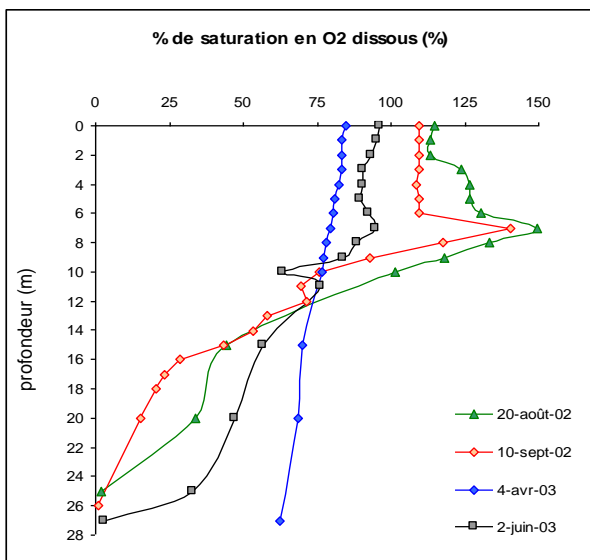
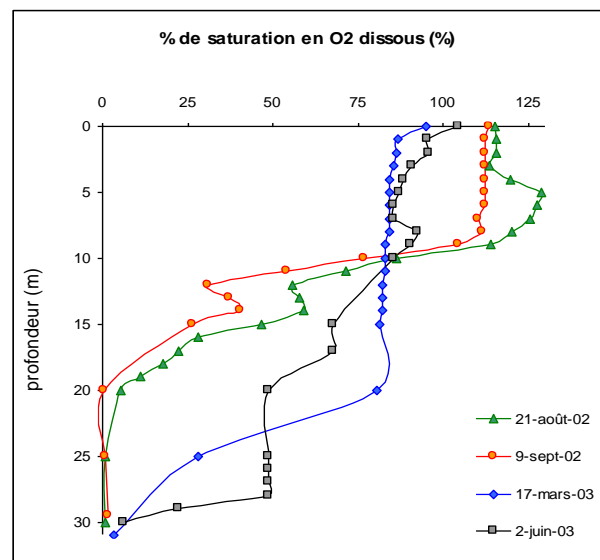


Figure 20 : Profils du pourcentage de saturation de l'oxygène dissous d'Ilay (2002-2003)



### 1.5. Minéralisation de l'eau : pH, conductivité, hydrogéné-carbonates (2002-2003) :

La conductivité de l'eau des 4 lacs se révèle relativement forte et caractéristique des plans d'eau à bassin versant calcaire, aux eaux naturellement bien minéralisées. Elle apparente les 4 lacs à d'autres plans d'eau de la même région géologique comme les lacs de Vouglans, Chalain et Clairvaux.

Uniforme dans l'ensemble de la colonne d'eau en fin d'hiver, le gradient vertical s'accroît au cours de l'été sous l'effet de deux processus inverses : consommation des

minéraux dans la zone trophogène lors de l'élaboration de la matière algale (photosynthèse) et "reminéralisation" de cette dernière en profondeur. En outre, au niveau du sédiment, l'anoxie observée en août et en septembre en période de stratification, favorise la remise en solution de certains composés comme le fer, les phosphates et l'ammonium qui renforcent ainsi la minéralisation des eaux du fond. Les hydrogénocarbonates, composé minéral majeur de l'eau et source principale de carbone (avec le CO<sub>2</sub>) pour la photosynthèse, évoluent parallèlement à la conductivité.

Le pH, qui dépend également des deux phénomènes antagonistes, photosynthèse et dégradation de la matière organique, est inversement corrélé à celles-ci.

Tableau 10 : Conductivité, alcalinité et pH des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
<b>Conductivité (µS/cm)</b>	Varie de 213 à 305.	Varie de 245 à 338. Elle est, globalement, la plus élevée des 4 lacs étudiés.	Varie de 222 à 281.	Varie de 181 à 245. Les eaux du lac d'Ilay s'avèrent légèrement moins minéralisées que celles des 3 autres lacs étudiés simultanément.
<b>pH et alcalinité</b>	Le maximum dans l'épilimnion en période de forte production algale (≈ 8,4 en juin 2002 vers 8-10m) et minimum en hiver ou au fond (7,35 en septembre 2002 à 38m).	> 8 en été du fait de la précipitation des carbonates.	Le maximum dans l'épilimnion, et le minimum au fond. Le pouvoir tampon des eaux étant élevé, sa gamme de variation est toutefois réduite (7,52 à 8,45).	Le pH de ces eaux bien tamponnées par leur teneur en HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> varie assez peu (7,3 à 8,39) et présente, à cause des phénomènes cités précédemment, des maxima dans l'épilimnion et des minima en profondeur en été.

## 1.6. Nutriments : Azote, phosphore et silice :

L'azote et le phosphore contrôlent l'état trophique d'un plan d'eau.

### 1.6.1. Azote :

A Narlay, la concentration en azote minéral, assez faible en fin d'hiver 1988, était de 0,15-0,2 mg/l. Au cours de l'année, l'azote minéral diminue dans la zone trophogène, et augmente dans l'hypolimnion, en conditions réductrices, sous forme de NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Le lac se situe en deuxième position derrière Bonlieu pour les teneurs en NH<sub>4</sub><sup>+</sup> des eaux de fond, vers la fin de la stratification estivale. A noter les fortes teneurs en matière organique endogène.

Tableau 11 : Comparaison de la situation des 3 lacs au regard de l'ammonium et de l'azote nitrique (1985-86-88).

	Narlay		Grand Maclu		Ilay	
	Mars	Sept.	Mars	Sept.	Mars	Sept
<b>N NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (mg/l)</b>	0,050	0,920	0,050	0,272	0,055	0,260
<b>N NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	0,100	0	0,214	0,190	0,087	0,045

En 2003, le lac de Narlay diffère toujours radicalement des 3 autres plans d'eau étudiés par la pauvreté en azote minéral de sa zone euphotique qui occupe approximativement la tranche de 0 à 14 m). En effet, la valeur maximale observée le 17 mars 2003 dans le prélèvement intégré à 2,5 fois la profondeur de disparition du disque de Secchi n'est que de 0,132 mg/l, alors qu'à la même époque du cycle thermique, les valeurs de 0,199 mg/l, 0,418 mg/l, 0,359 mg/l, étaient respectivement obtenues dans l'échantillon intégré des lacs d'Ilay, du Grand et du Petit Maclu.

Les figures suivantes montrent clairement que l'azote nitrique, normalement dominant à cette époque et encore abondant en juin, apparaît particulièrement déficient dans les échantillons printaniers prélevés dans l'épilimnion de Narlay. En revanche, les formes réduites de l'azote et plus particulièrement l'azote ammoniacal, les nitrites ne dépassant pratiquement jamais le seuil de détection de la méthode de dosage, abondent dans l'hypolimnion comme en témoignent les pics observés près du fond tout au long de l'étude. Les mauvaises conditions d'oxygénation rencontrées dans le lac une grande partie de l'année ont globalement, provoqué, sans conteste, la prédominance de l'azote ammoniacal sur ses formes plus oxydées. Si l'hypothèse de méromicticité émise auparavant est juste, la recharge de l'épilimnion en éléments nutritifs provenant des eaux profondes n'a été que partielle et une partie des nutriments est restée immobilisée dans l'hypolimnion pendant la période de croissance biologique. En juin, la croissance algale mise en évidence par les teneurs élevées en chlorophylle-a, a pu également contribuer à l'épuisement de l'azote minéral de l'épilimnion.

Dans les lacs Maclu (en 1985 et 2003) l'azote nitrique, constituant la fraction la plus abondante de l'azote minéral dissous, est distribué de façon homogène à l'issue du brassage de printemps. Les teneurs diminuent nettement à l'occasion du réchauffement et des "poussées" phytoplanctoniques pour atteindre leur minimum en août, dans l'épilimnion. En 2003, l'azote minéral moyen varie peu au cours de l'étude. Il présente ses teneurs maximales (0,427 mg/l), plus fortes d'environ 10% que dans le petit lac Maclu à la même époque. Dans l'ensemble, il apparaît peu consommé, même en été. Les nitrates constituent toujours l'essentiel de l'azote minéral et contrairement au petit lac, les formes réduites (nitrites et ammonium) restent faibles, même en fin de stratification estivale (figure 27). On observe juste un maximum de 0,37 mg/l en  $\text{NH}_4^+$  au fond le 10 septembre 2002 que l'on peut comparer à la valeur de 1,25 mg/l relevée à la même date dans le petit lac.

Pour le lac d'Ilay (en 1986 et 2003), l'azote ammoniacal est constamment présent à tous les niveaux. Suite au brassage de fin d'hiver, la répartition verticale des différentes formes chimiques de l'azote est de type homograde. L'azote nitrique domine l'azote minéral du fait des conditions d'oxygénation acceptables sans que pour autant l'ammonium ne soit indétectable puisque ses valeurs avoisinent 0,1 mg/l (en 2003). A cette époque, mais c'est aussi le cas en juin, les teneurs en nitrates, de l'ordre de 0,6 mg/l, atteignent environ la moitié de celles rencontrées dans les lacs Maclu. L'azote minéral présente en mars 2003 sa teneur moyenne maximale de 0,213 mg/l. Elle est à peine plus faible en juin (0,208 mg/l). En fin d'été de l'année précédente, elle n'atteignait que 0,088 mg/l, les nitrates ayant été en grande partie absorbés dans l'épilimnion par les végétaux. Cependant le plan d'eau semble avoir des difficultés à minéraliser complètement les substances azotées qui restent en excès sous forme d'ion ammonium.

Figure 21 : Evolution temporelle et verticale de l'azote minéral et Kjeldahl de l'eau de Narlay (2002-2003)

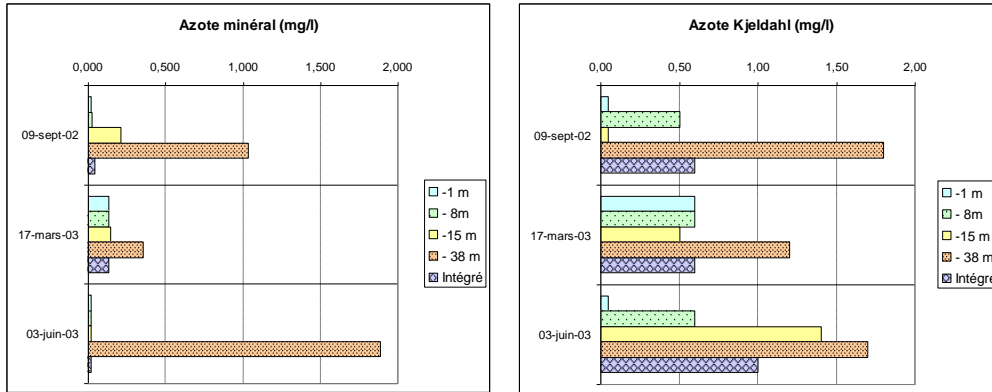


Figure 22 : Evolution temporelle et verticale de l'azote minéral et Kjeldahl de l'eau du Petit Maclu (2002-2003)

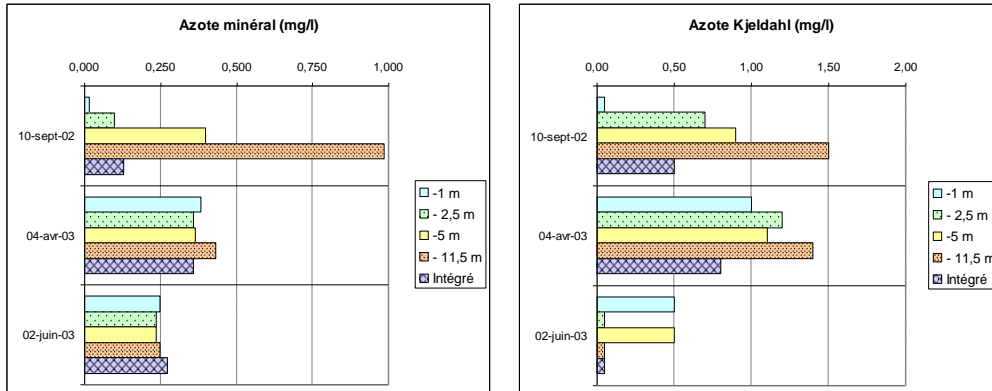


Figure 23 : Profils Evolution temporelle et verticale de l'azote minéral et Kjeldahl de l'eau du Gand Maclu (2002-2003)

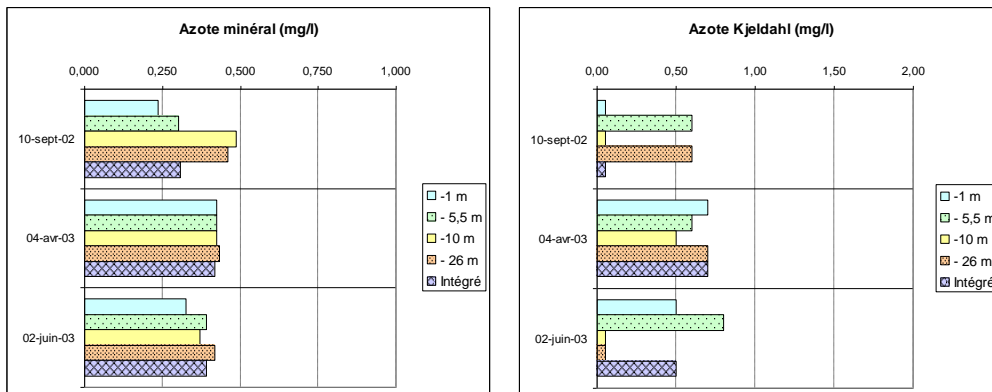


Figure 24 : Profils Evolution temporelle et verticale de l'azote minéral et Kjeldahl de l'eau d'Ilay (2002-2003)

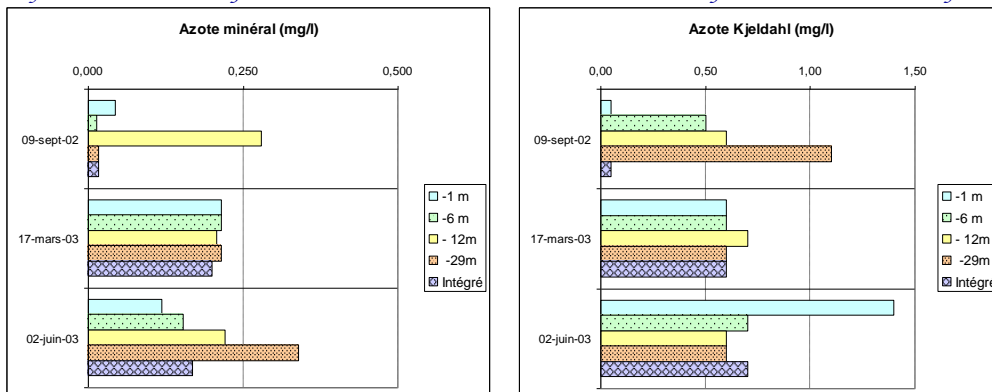


Figure 25 : Evolution temporelle et verticale de l'azote nitrique et ammoniacal de l'eau de Narlay (2002-2003)

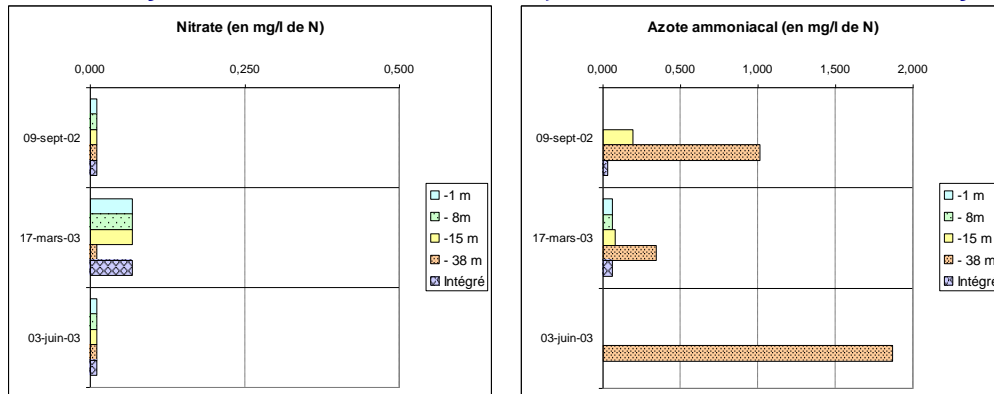


Figure 26 : Evolution temporelle et verticale de l'azote nitrique et ammoniacal de l'eau du Petit Maclu (2002-2003)

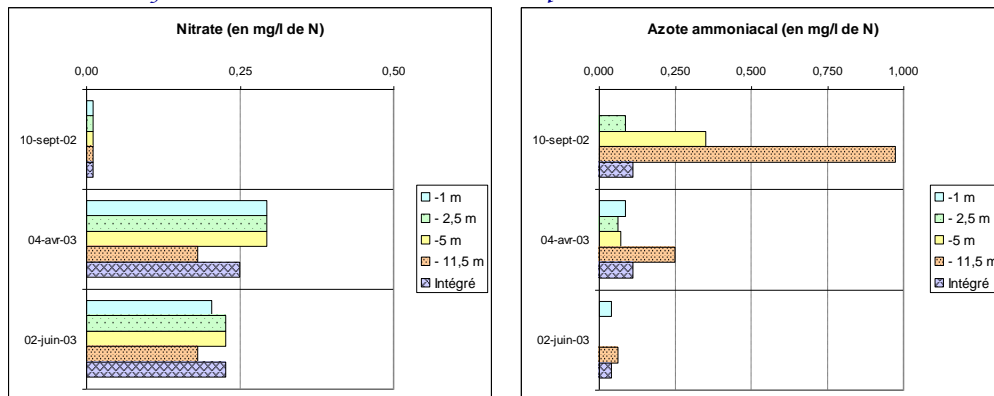


Figure 27 : Evolution temporelle et verticale de l'azote nitrique et ammoniacal de l'eau du Gand Maclu (2002-2003)

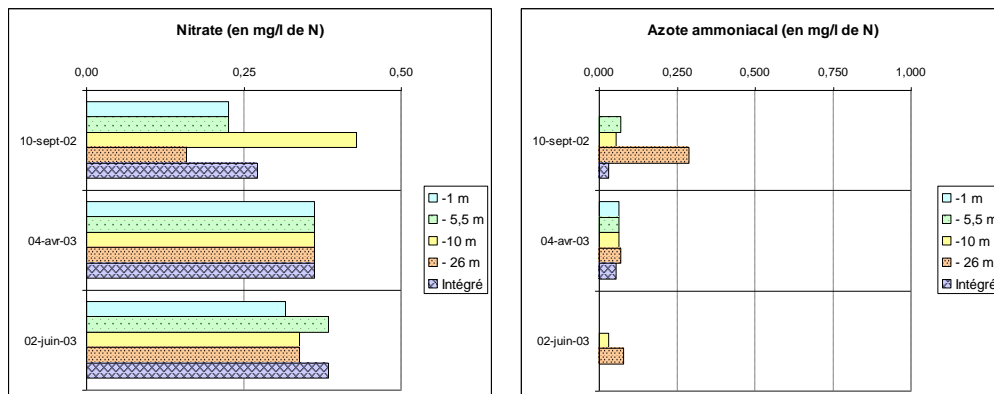
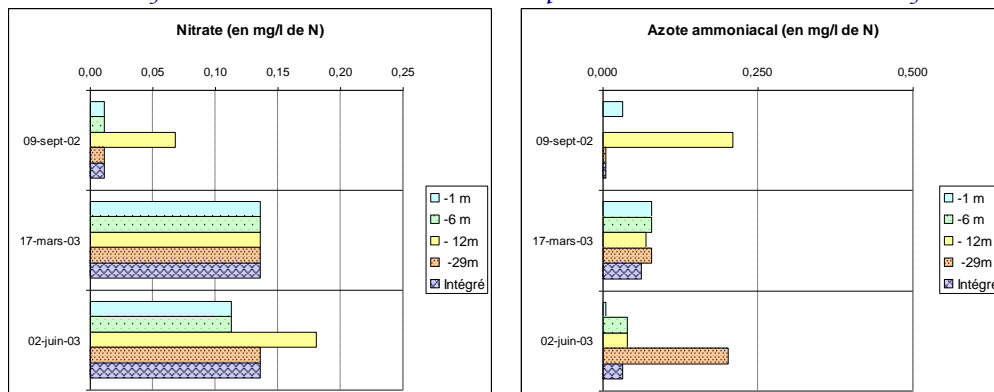


Figure 28 : Evolution temporelle et verticale de l'azote nitrique et ammoniacal de l'eau d'Ilay (2002-2003)



Les eaux du lac de Narlay sont dans l'ensemble relativement riches en azote Kjeldahl, les concentrations y étant légèrement supérieures à celles rencontrées dans le lac Petit Maclu (0,754 mg/l contre 0,746 mg/l). Toutefois, elles sont nettement plus fortes en juin dans Narlay lors de la poussée algale.

Globalement, l'azote Kjeldahl se révèle en concentration plus faible dans le Grand Maclu, que dans le petit lac, notamment en avril et en septembre.

Les teneurs en azote Kjeldahl des eaux du lac d'Ilay sont dans l'ensemble modérées, et assez proches de celles des lacs Maclu, excepté en juin où elles s'y révèlent nettement plus fortes (d'un facteur d'environ 3 en moyenne verticale). Elles sont alors vraisemblablement dues à une poussée algale qui apparemment est plus marquée dans la strate de surface.

Tableau 11 : Indice de la diagnose ( $I_{INTH}$ ) des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
$I_{INTH}$	35,7	48,4	48,8	38,4
Niveau trophique	mésotrophe	mésotrophe, à la limite de l'eutrophie	mésotrophe, à la limite de l'eutrophie	mésotrophe

### 1.6.2. Phosphore :

Dans Narlay (en 1988 et 2003), en stratification hivernale, la concentration en P total est faible et augmente nettement au fond, la part de P organique étant en régression en profondeur. Au cours de l'été, les eaux de fond s'enrichissent en  $PO_4$  (minéral) qui doivent provenir du relargage à partir des sédiments. Toute la réserve en nutriments semble résider dans l'hypolimnion.

En 1988, les teneurs en phosphore minéral des eaux des lacs Maclu et d'Ilay étaient particulièrement faibles et jamais supérieures aux seuils de détection.

Dans le Grand Maclu, à la suite du brassage hivernal, le P total atteint un maximum de 0,043 mg/l sur l'ensemble de la colonne d'eau en avril 2003, valeur légèrement inférieure à celle obtenue sur le petit lac. Il évolue peu par la suite jusqu'en juin où une légère baisse est cependant observée vers 5m de profondeur. En septembre 2002, les teneurs s'avéraient plus faibles dans l'ensemble, sauf au fond où la valeur ponctuelle de 0,1 mg/l traduisait vraisemblablement le processus de sédimentation de la matière organique produite lors des mois précédents. Parallèlement, et uniquement à cette époque, le phosphore minéral se révélait être complètement consommé en pleine eau du fait de la croissance algale.

Tableau 12 : Comparaison de la situation des 3 lacs au regard du phosphore (1988-1985-1986).

	Narlay		Grand Maclu		Ilay	
	Mars	Sept.	Mars	Sept.	Mars	Sept
<b>P <math>PO_4</math> (<math>\mu\text{g/l}</math>)</b>	17	400	Teneur < au seuil de détection			

Figure 29 : Evolution temporelle et verticale du phosphore de l'eau de Narlay (2002-2003)

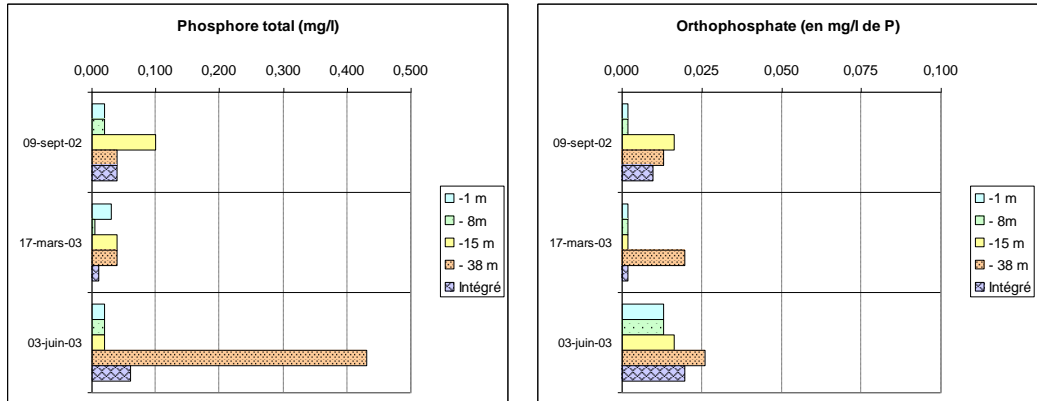


Figure 30 : Evolution temporelle et verticale du phosphore de l'eau du Petit Maclu (2002-2003)

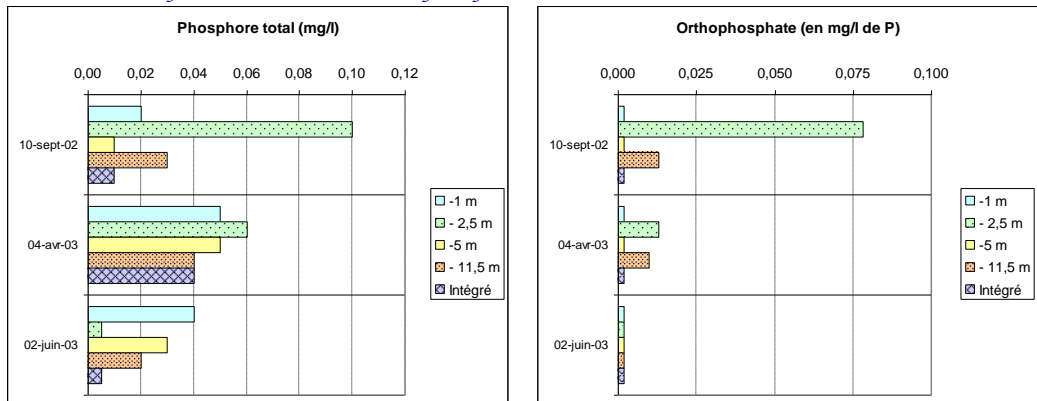


Figure 31 : Evolution temporelle et verticale du phosphore de l'eau du Grand Maclu (2002-2003)

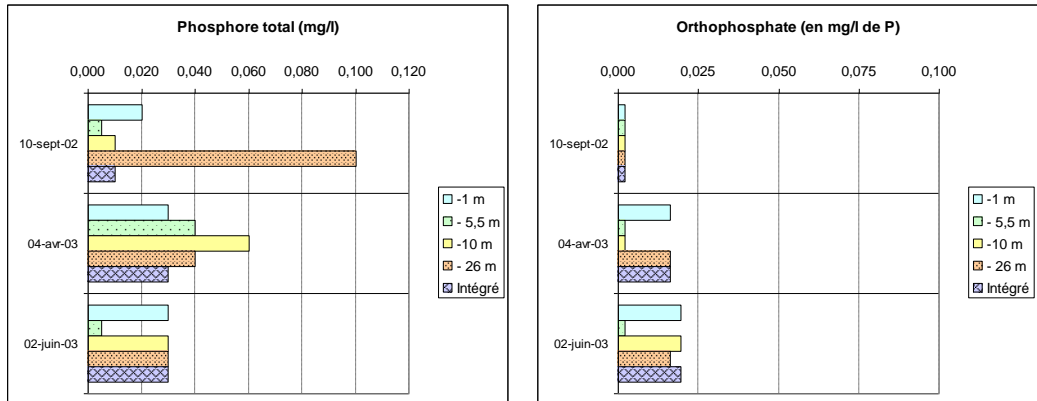
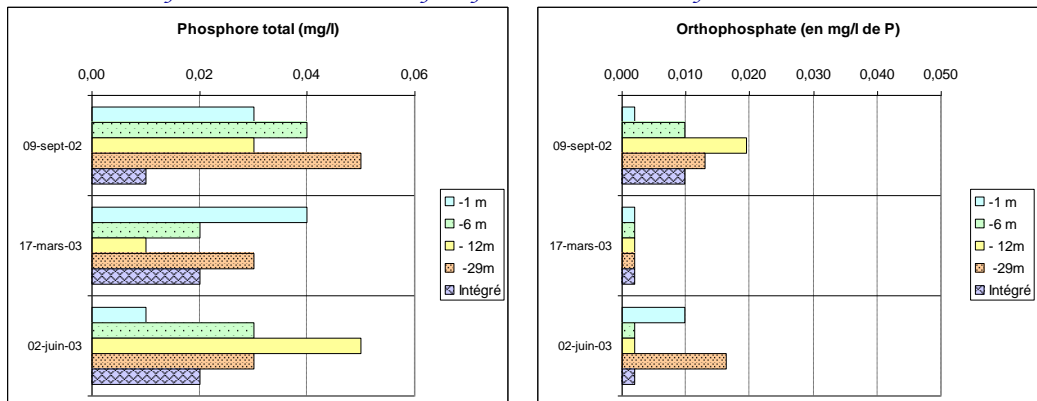


Figure 32 : Evolution temporelle et verticale du phosphore de l'eau d'Ilay (2002-2003)



En avril 2003, le phosphore minéral ( $P.P.O_4^{3-}$ ) de l'eau du Petit Maclu se cantonne au voisinage du seuil de détection de la méthode de dosage (moyenne verticale de 0,010 mg/l), alors que le P total atteint, avec 0,050 mg/l, sa valeur moyenne maximale enregistrée au cours de l'étude. Ce maximum pourrait résulter, comme pour l'azote Kjeldahl, de la remise en suspension de particules détritiques fines lors du brassage de fin d'hiver. Par la suite, sous l'effet de la consommation algale, un appauvrissement du phosphore minéral apparaît dans la couche euphotique en juin. Le 10 septembre, l'anoxie en profondeur favorise le relargage du phosphore stocké dans le sédiment et semble être à l'origine de la valeur de fond plus élevée que les autres. En revanche, le pic de phosphore relevé à 2,5m est plus difficile à expliquer (apport par ruissellement, apport lié au karst ?). Exceptée cette valeur particulière, le phosphore total du printemps et de l'été reste relativement faible.

La teneur moyenne du phosphore total de la colonne d'eau du lac d'Ilay est, d'une manière générale, modérée et assez peu variable en cours d'étude puisqu'elle évolue de 0,025 à 0,038 mg/l. Elle est minimum en mars 2003, ce qui s'oppose aux résultats obtenus dans les 2 lacs Maclu où l'on observait les concentrations les plus fortes à l'issue du brassage hivernal. Les orthophosphates, inférieurs au seuil de détection à cette même époque, augmentent significativement en juin en surface et en profondeur. En septembre 2002, sans être abondants, ils sont encore détectables dans la couche euphotique contrairement à ce que l'on constatait dans le Grand Maclu.

Tableau 13 : Indice de la diagnose ( $I_{PTH}$ ) des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
$I_{PTH}$	35,8	59,6	54,7	47,7
Niveau trophique	mésotrophe	eutrophe	eutrophe proche du seuil de la mésotrophie	mésotrophe à la limite de l'eutrophie

Dans la zone euphotique du lac de Narlay (0 à 15 m environ), le rapport N/P (N minéral/ $P.P.O_4^{3-}$ ) se trouve le plus souvent dans la gamme de valeurs où les formes minérales du phosphore et de l'azote sont équilibrées vis à vis de la croissance algale (5 à 15). En juin 2003, elles sont inférieures à 5 et pourraient laisser suspecter que l'azote est alors limitant, ce qui favorise normalement les Cyanobactéries. Effectivement on constate qu'à cette époque, *Oscillatoria rubescens* domine le peuplement de phytoplancton.

Dans les lacs Maclu et Ilay, le phosphore minéral constitue probablement l'élément limitant la croissance algale (en septembre 2002 pour le Grand Lac et juin 2003 pour le Petit Lac) lorsqu'il n'est plus détectable dans toute la colonne d'eau. Les rapports N/P (N minéral/ $P.P.O_4^{3-}$ ) en témoignent en dépassant largement la valeur de 10-15 au delà de laquelle on considère que le milieu est carencé en phosphore.

En revanche, l'azote minéral dont les concentrations excèdent régulièrement 0,25 mg/l pour le Grand Maclu ne conduisent jamais à une valeur rapport N/P inférieure à 10 ne devant pas normalement tenir lieu de facteur nutritif limitant, tout comme pour le lac d'Ilay, hormis peut être en septembre 2002 à mi-hauteur de l'épilimnion.

Tableau 14 : Evolution temporelle et verticale du rapport N/P<sup>4</sup> de l'eau des 4 lacs (2002-2003).

Narlay				Grand Maclu				Petit Maclu				Ilay			
	9/9/02	17/3/03	3/6/03		10/9/02	4/4/03	2/6/03		10/9/02	4/4/03	2/6/03		9/9/02	17/3/03	2/6/03
-1 m	8,5	67,3	1,3	-1 m	120,6	26,1	16,7	-1 m	8,5	194,7	127,0	-1 m	22,5	109,9	12,1
-8 m	10,9	67,3	1,3	-5,5 m	154,4	217,5	199,2	-2,5 m	1,3	27,4	120,6	-6 m	1,3	109,9	78,4
-15 m	12,7	75,2	1,0	-10 m	248,1	217,5	19,0	-5 m	203,4	186,8	120,6	-12 m	14,3	105,9	113,1
-38 m	79,1	18,2	72,3	fond	234,3	26,6	25,7	fond	75,6	44,1	127,4	fond	1,3	109,9	20,8
intégré	4,5	67,3	0,9	intégré	157,7	25,6	19,9	intégré	66,1	183,6	138,5	intégré	1,7	101,9	86,0

### 1.6.3. Silice :

Les eaux des 4 lacs sont naturellement pauvres en silice, en accord avec la nature géologique calcaire des bassins versants (données anciennes et récentes). La concentration est inférieure à 2 mg/l en début de cycle (1,7 mg/l pour le Grand Maclu, 1,5 mg/l pour le Petit Maclu, inférieure à 1 mg/l pour Ilay) puis diminue progressivement en surface par fixation planctoniques. Les eaux profondes connaissent une accumulation des silicates en provenance des frustules de Diatomées.

En 1984, les concentrations de cet élément, assez fluctuantes au cours du cycle annuel pour le lac d'Ilay, étaient soulignées par les moyennes mensuelles dans la couche trophogène. Durant toute la stratification estivale, cet élément présente un net gradient vertical, les teneurs les plus élevées apparaissant à partir de 15 m de profondeur. Cette variation d'un mois à l'autre est probablement à corréliser avec l'évolution des populations de Diatomées.

## 1.7. Autres paramètres : Carbone organique (COT, COD), Fer :

### 1.7.1. Carbone organique (2002-2003) :

Le carbone organique total et le carbone organique dissous mesurés dans la couche euphotique des quatre lacs varie peu au cours des campagnes 2002-2003. Minimales en mars-avril avant le réveil biologique du printemps, Elles deviennent maximales en fin d'été, à l'issue de la période de plus forte production biologique.

Les valeurs sont faibles et indiquent des eaux normalement peu polluées drainant un bassin versant de type carbonaté qui favorise la dégradation des matières humiques (moyenne annuelle de 3,05 mg/l pour Ilay, comparée aux valeurs de 2,9 et 3,2 mg/l respectivement dans les Grand et Petit Maclu). Leur évolution temporelle est analogue, la gamme rencontrée dans le lac de Narlay allant de 2,85 mg/l en mars à 3,45 mg/l en août pour ce qui concerne le COT.

### 1.7.2. Fer :

*Le fer de l'eau provient à la fois des eaux de ruissellement et du sédiment. C'est un bon témoin de l'enrichissement des eaux profondes en minéraux qui se produit lorsqu'au niveau de l'interface eau-sédiment règne des conditions réductrices.*

*Dans les 4 lacs, le fer est à l'état de traces sur la majeure partie de la tranche d'eau (données anciennes et récentes), mais apparaît en concentrations notables à proximité du fond durant la stratification estivale, notamment à Narlay (3,85 mg/l en 1988) et au Petit Maclû (3,815 mg/l en septembre 2002).*

## 2. Les sédiments

### 2.1. Les données anciennes (Ilay-1986, Narlay-1988, Maclu-1985)

Tableau 15 : Etude physico-chimique des sédiments des 4 lacs.

	Narlay	Petit et Grand Maclu	Ilay
<b>Observations subaquatiques</b>		<p><u>Rive SE</u> : forte pente, gros blocs, reste de troncs d'arbres. Dans le petit lac, au niveau d'une arrivée d'eau froide on trouve des écrevisses américaines et des valves d'anodontes.</p> <p><u>Rive NO</u> : beine plus large, recouverte de vase claire. La faible pente permet le développement de ceintures végétales diversifiées.</p> <p>La zone profonde est formée de vase brune.</p>	<p>Cuvette profonde aux talus très redressés en amont du lac. La zone aval est moitié moins profonde et plus évasée.</p> <p>Les hauts fonds bordant les rives sont larges et envahis de végétaux aquatiques et de vase.</p> <p>Au nord, leur surface est plus limitée, rocailleuse et faiblement végétalisée (rive SE).</p>
<b>Aspect et texture</b>	<p>Sédiments acides, noirs et dégageant une odeur putride.</p> <p>Faible capacité réductrice.</p>	<p>Les pentes dissymétriques favorisent la mise en place de sédiments différents.</p> <p>Les sédiments des rives ouest, recouverts de ceintures végétales et riches en débris végétaux, sont de couleur claire en raison d'une grande quantité de carbonates.</p> <p>Les zones plus profondes sont recouvertes de sédiments très fins, homogènes de couleur marron.</p>	<p>Les sédiments rencontrés en bordure du lac se distinguent de ceux des zones profondes par leur aspect d'apparence plus hétérogène en couches plus épaisses pouvant contenir des débris végétaux parfois de plus grande taille.</p> <p>Dans les zones plus profondes, les sédiments sont d'allures plus homogènes, finement stratifiées, de couleur très sombre.</p>
<b>Phase solide</b>	<p>Proportion de MO et d'azote faible en rapport au phosphore.</p> <p>Ce phosphore se trouve presque en totalité sous forme biodisponible.</p>	<p>Les sédiments du Petit Maclu sont riches en substances organiques et en débris végétaux.</p> <p>Les sédiments du Grand Maclu sont en revanche très riches en carbonates.</p> <p>Les sédiments des deux lacs renferment assez peu de phosphore, et ceux prélevés en zone profonde témoignent de conditions d'évolution assez identiques. Ils caractérisent une tendance mésotrophe</p>	<p>Fortes teneurs en matière organique dans les parties centrales du lac.</p> <p>Elles s'accompagnent dans les eaux interstitielles de fortes concentrations en sels ammoniacaux, phosphate, fer et manganèse, lesquelles diffusent largement au cours de la période estivale et contaminent les eaux du lac.</p>
<b>Eau interstitielle</b>	<p>L'ammonium et les phosphates sont tous deux présents à très fortes teneurs et semblent constituer une des sources principales d'alimentation en substances nutritives des eaux du lac.</p> <p>Le relargage de phosphore et de fer alimente les eaux interstitielles, riches en <math>\text{NH}_4^+</math> (conditions réductrices).</p>	<p>Elles présentent la même abondance en sels de calcium que la phase solide et sont chargées en sels ammoniacaux : échanges entre les sédiments et l'eau en accord avec leur caractère réducteur.</p> <p>De même la présence de fer en solution résulte en partie de sa diffusion hors du sédiment.</p>	

## 2.2 Les données actuelles (2002-2003)

### 2.2.1. Physico-chimie de la phase solide

#### 2.2.1.1. Texture :

Les sédiments profonds des lacs de Narlay, du Grand Maclu et d'Ilay sont presque entièrement constitués de particules très fines (< 50 µ). Leur taux d'humidité est élevé, leur forte teneur en carbonate de calcium est liée à la nature géologique du substrat et du bassin versant des lacs, et vraisemblablement aussi à la précipitation de calcite lors des périodes d'intense photosynthèse des végétaux planctoniques ou rivulaires, comme cela a été observé in situ (par plongées) dans l'étude écologique de 1985 sur le Grand Maclu.

Tableau 16 : Texture de la phase solide des sédiments des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
Particules < 50 µ (% du poids sec)	98,3	76,7	90	91
Taux d'humidité (% du poids humide)	84,2	90,6	84,8	88,4
Teneur en carbonates (% du poids sec)	60,7	26,4	67,7	55,6

Avec 22,3% de particules comprises entre 200 et 50 microns et 76,7% inférieures à 50 microns, le sédiment du lac Petit Maclu se révèle un peu plus grossier que celui des 3 autres lacs étudiés. Son taux d'humidité est en revanche le plus élevé des 4 milieux, ce qui est à mettre en relation avec sa forte teneur en matière organique. Le faible pourcentage de carbonate de calcium contraste franchement avec ceux obtenus dans les 3 autres lacs étudiés (ils dépassent tous 55%), bien que la nature géologique du substrat soit la même. La cause est à rechercher dans l'accumulation de matière organique d'origine rivulaire probablement beaucoup plus élevée dans ce lac, même au fond, du fait de ses dimensions réduites.

#### 2.2.1.2. Matière organique :

La matière organique du sédiment des lacs de Narlay, du Grand Maclu et d'Ilay, évaluée par la perte au feu et le carbone organique, se révèle relativement élevée, tout comme l'azote Kjeldahl, directement lié à cette matière organique, qui présente lui aussi des teneurs assez fortes.

Les sédiments de Narlay et du Grand Maclu se différencient pourtant par leur rapport C/N, plus élevé dans le Grand Maclu. Ce résultat est sensiblement analogue à celui obtenu lors de l'étude réalisée en 1988. Au niveau de l'interprétation, l'accent était mis sur la différence d'origine et donc de nature de la matière organique sédimentée au fond de 2 lacs. Dans le Grand Maclu, le rapport relativement élevé était attribué à l'origine plutôt allochtone de la matière organique (macrophytes) alors qu'à Narlay, même en profondeur, c'est la prédominance de matériel algal (Oscillaire) à décomposition ralentie par l'ambiance anoxique, qui l'abaissait.

Tableau 17 : Phase solide des sédiments des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
Perte au feu (% du poids sec)	14,4	34,1	14,1	20,5
Carbone organique (% du poids sec)	5,6	16,5	6,5	9,3
Azote kjeldahl (% du poids sec)	0,60	1,30	0,50	0,80
C/N	9,3	12,7	13,0	11,6
Indice « stockage de la matière organique » (I <sub>PF</sub> )	61,4	81,2	60,9	69,5

La forte teneur en matière organique du sédiment d'Ilay, supérieure à celles des lacs de Narlay et de Grand Maclu, peut s'expliquer par l'emprise des végétaux sur la zone littorale. Le rapport C/N des sédiments d'Ilay, analogue aux valeurs trouvées en 1989 est ici, plus faible qu'aux Maclu, ce qui traduirait l'accumulation de matière organique littorale mal transformée, en voie d'humification en profondeur. Par rapport aux 3 autres lacs étudiés en 2002-2003, et plus généralement par rapport à d'autres lacs du Jura, le sédiment du lac d'Ilay se caractérise par sa nature mixte, à la fois organique et carbonatée (Verneaux et al, 1987).

Le sédiment du lac Petit Maclu est très riche en matière organique. Les valeurs de perte au feu, de carbone organique et d'azote Kjeldahl atteignent à peu près le double de celles trouvées dans les 3 autres lacs. L'enrichissement de la zone (relativement) profonde en matière organique allochtone est vraisemblablement bien plus rapide dans ce petit lac. Le rapport C/N, que l'on peut rapprocher des 23,3% de particules supérieures à 50 microns, laisse penser que la composante organique du sédiment est effectivement plutôt d'origine allochtone (débris encore assez grossiers provenant des ceintures végétales) et qu'elle n'est qu'en partie décomposée. Il témoigne bien de l'appartenance du Petit Maclu aux milieux dont le sédiment est particulièrement riche en matière organique. Il s'apparente dans la région Jura, aux lacs à « pôle organique, essentiellement allochtone » (Verneaux et al, 1987).

L'indice « stockage de la matière organique du sédiment », classe les lacs de Narlay, du Grand Maclu et d'Ilay dans les milieux à sédiment à composante organique élevée.

### 2.2.1.3. Phosphore :

Dans Narlay, les teneurs en phosphore (0,39% en P total et 0,347% en PINA) sont particulièrement fortes et témoignent toujours de la pollution ancienne du lac par des effluents agricoles. Depuis un peu plus de dix ans, le phosphore total stocké dans le sédiment ne semble guère avoir évolué si l'on se base sur les résultats de 1988.

La teneur en phosphore du sédiment du Petit Maclu est modérée (0,08% en P total) mais supérieure au Grand Maclu (0,05%) et identique à ce que l'on trouve dans le lac d'Ilay. En revanche, le pourcentage de phosphore facilement remobilisable, le P inorganique non apatitique (PINA), est sensiblement plus fort que dans le grand lac et que dans Ilay (0,042% contre respectivement 0,022% et 0,036%).

Tableau 18 : Indice « stockage des minéraux du sédiment » ( $I_{PTS}$ ) des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
$I_{PTS}$	86,5	48,7	37,4	48,7
Richesse du sédiment en phosphore	excessive	moyenne	pauvre	moyenne

La valeur de l'indice « stockage des minéraux du sédiment » classe le lac de Narlay dans les milieux à sédiment excessivement riche en phosphore, et constitue, à ce jour, le maximum atteint dans l'échantillon d'une cinquantaine de plans d'eau utilisé pour caler cet indice (CEMAGREF, 2003).

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

### 2.2.2.1. Minéralisation :

La conductivité de l'eau interstitielle de Narlay, comme pour les autres lacs étudiés, est forte et dépend principalement de la nature carbonatée du bassin versant. Elle se révèle cependant plus élevée que dans les lacs d'Ilay et Grand Maclu où pourtant on relève une teneur en ion  $Ca^{++}$  à peu près équivalente. Elle reste inférieure à celle du Petit Maclu dont l'eau interstitielle est particulièrement riche en calcium. La différence de minéralisation entre l'eau interstitielle de Narlay et celles des autres milieux tient pour l'essentiel à ses teneurs en nutriments plus élevées.

Tableau 19 : Minéralisation des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
Conductivité ( $\mu S/cm$ )	460	475	385	420
Calcium (mg/l de $Ca^{++}$ )	75	88	73	73

Le lac du Grand Maclu possède l'eau interstitielle la moins minéralisée des 4 plans d'eau étudiés.

### 2.2.2.2. Phosphore et Azote:

Effectivement, azote et phosphore abondent dans l'eau interstitielle de Narlay et leurs concentrations dépassent largement celles des lacs voisins. Elles résultent de l'ambiance réductrice régnant dans la totalité de l'hypolimnion une grande partie de l'année, qui au niveau du sédiment, induit un processus de relargage sans doute quasi constant. Les 2 indices, basés sur le phosphore et l'azote interstitiels, atteignent donc des valeurs élevées et classe ce lac dans les milieux nettement eutrophes.

Tableau 20 : Indices basés sur le phosphore ( $I_{PTI}$ ) et l'azote ( $I_{NH4}$ ) interstitiels des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
$I_{PTI}$	62,0	50,6	37,6	54,9
$I_{NH4}$	64,5	57,6	40,1	58,6

*Les teneurs en phosphore total ou en orthophosphates de Narlay sont, d'une manière générale, faibles et, pour les 4 milieux étudiés, intermédiaires entre celles du Grand Maclu et celles d'Ilay. Elles sont en tout cas assez largement inférieures à celles de Narlay (environ la moitié). Cette observation vaut aussi pour l'azote Kjeldahl de l'eau interstitielle. Par contre, les teneurs en ammonium du sédiment du Petit Maclu sont proportionnellement plus fortes (9,2 mg/l). Elles avoisinent celles relevées à Ilay (9,8 mg/l) et traduisent l'influence du phénomène de relargage facilité par les conditions réductrices observées au fond en fin d'été.*

*Que ce soit le phosphore total, l'azote Kjeldahl ou leurs formes minérales,  $PO_4^{3-}$  et  $NH_4^+$ , toutes leurs valeurs pour le lac du Grand Maclu sont inférieures d'un facteur d'environ 2 à 5 à celles relevées dans les autres plans d'eau. Ce sont les teneurs en nutriments qui expliquent cette différence puisqu'on s'aperçoit qu'elles y sont nettement plus réduites que dans les 3 lacs voisins. Les échanges entre le sédiment et l'eau du Grand Maclu apparaissent donc réduits, vraisemblablement pour deux raisons essentielles : une bonne protection du milieu vis à vis d'apports polluants qui maintient la production planctonique à un niveau très bas, et corrélativement, une ambiance moins réductrice à la surface du sédiment qui limite le relargage des minéraux.*

*Les indices, basés sur le phosphore et l'azote interstitiels, des lacs Petit Maclu et d'Ilay caractérisent les milieux dont le sédiment présente un potentiel de relargage assez important, et des milieux à tendance mésotrophe pour le Grand Maclu.*



### 3. Caractéristiques des peuplements (composantes biologiques) :

#### 3.1. Surveillance sanitaire des eaux de baignade :

Les services de la DDASS effectuent environ 6 analyses par an à la plage du camping de Narlay, exclusivement en période estivale propice à la baignade. Les résultats sont très satisfaisants. Sachant que la légende est la suivante (Tableau 21) : de 1992 à 1997, la qualité des eaux de baignade du Lac de Narlay était : **6A** (6 = nombre de prélèvements effectués).

A : bonne qualité ; critère :	80 % Coliformes < Nombre Guide = 100
	95 % Coliformes < Nombre Impératif = 2000
	90 % Streptocoques < Nombre Guide = 100
B : qualité moyenne	95 % Coliformes < Nombre Impératif = 2000
C : pollution momentanée	
D : mauvaise qualité	

Les analyses bactériologiques ne sont pas effectuées les lacs Maclu et d'Ilay, compte tenu de l'interdiction de la baignade.

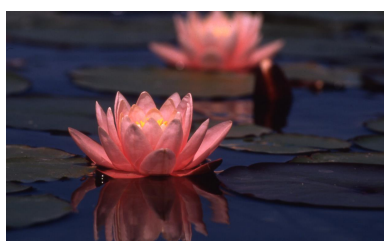
#### 3.2. Les Macrophytes :

Les végétaux forment des ceintures littorales et peuvent même tapisser la cuvette lacustre selon la nature du substrat, la profondeur et la transparence de l'eau. Ils forment de bons indicateurs de l'évolution historique naturelle des systèmes lacustres et de l'évolution de la pression anthropique. Les relevés effectués entre 1890 et 1895, [MAGNIN, 1904] constituent un référentiel précieux en terme de mesure d'évolution de la végétation aquatique des lacs jurassiens.

Tableau 22 : Comparaison de l'importance de la beine des 4 lacs et de leur colonisation (1985-1986-1988).

	Narlay	Petit-Maclu	Grand-Maclu	Ilay
% beine/surface lac (Sb/So)	14	51	71	40
% beine colonisée (Svb/Sb)	40	71	28	55

A Narlay le talus très abrupt et très étroit limite le développement de la végétation.



Le tableau page suivante (Tableau 23) décrit la situation actuelle des ceintures végétales des quatre lacs et leur évolution depuis 1904.

	Petit-Maclu	Grand-Maclu	Ilay
<b>Rive occidentale</b>	Caractère inhospitalier ; rares îlots de Characées et de Nénuphars.	Caractère inhospitalier dû à la pente forte et à la présence de gros blocs ; unique frange étroite (<3 m) et discontinue située à 3-6 m sous l'eau et composée de Characées ( <i>Chara vulgaris</i> et <i>C. hispida</i> ).	Beïne peu pentue assez bien représentée favorisant le développement de la végétation : - Scirpo-phragmitaie en bande continue jusqu'à 0,50 m au large. - Nupharaie de 0,5 à 2 m de profondeur ( <i>Nymphaea alba</i> puis <i>N. luteum</i> ).
<b>Rive orientale</b>	De l'extérieur vers le centre du lac: - Scirpo-phragmitaie en bande, à <i>Scirpus lacustris</i> et <i>Phragmites communis</i> . - Nupharaie, continue, à <i>Nuphar luteum</i> et <i>Nymphaea alba</i> (plus à l'extérieur que les précédentes). - Charaie sporadique au NO et SO, à <i>Chara vulgaris</i> (de 1 à 3 m) et <i>Chara hispida</i> (de 2 à 4 m).	Malgré une large beïne peu profonde, cette zone ne présente pas une végétation très diversifiée, ni très dense. De l'extérieur vers le centre du lac : - Scirpo-phragmitaie en bande continue, excepté. au niveau du chalet du propriétaire du lac, et de l'émissaire. Le groupement est clairsemé et à individus peu vigoureux. - Charaie bien représentée avec, de 0,5 à 3 m, <i>Chara vulgaris</i> ; de 3 à 6 m, <i>C. hispida</i> ; et jusqu'à 10-12 m, <i>C. globularis</i> . Quelques îlots de <i>Nuphar luteum</i> , <i>Nymphaea alba</i> et de <i>Potamogeton natans</i> .	Végétation plus limitée : - Scirpo-phragmitaie ( <i>Scirpus lacustris</i> , <i>Phragmites communis</i> ) en bande continue sur les 2/3 méridionaux ; plus ou moins large suivant la bathymétrie. - Nupharaie peu représentée ; Charaie très limitée, et composée de <i>Nitella</i> , <i>Chara hispida</i> et <i>C. strigosa</i> , localisée à 1-2 m de profondeur.
<b>Extrémité septentrionale</b>	Zones d'extension maximum de la végétation; <i>Myriophyllum spicatum</i> , et <i>Potamogeton natans</i> . Complètent le cortège floristique ci-dessus.	Deux parties floristiquement voisines, avec une Scirpo-phragmitaie et une Charaie bien développée, où, <i>Chara globularis</i> disparaît au nord. Nénuphars toujours bien disséminés en îlots. Présence exclusive sur ce secteur de <i>Myriophyllum spicatum</i> , <i>Potamogeton foliatus</i> et <i>Menyanthes trifoliata</i> .	Uniquement <i>Phragmites communis</i> et <i>Scirpus lacustris</i> , répartis en taches très lâches.
<b>Extrémité méridionale</b>			Scirpo-phragmitaie en bande interrompue au droit de l'émissaire, laissant place à <i>Chara hispida</i> entre 2 et 4 m de profondeur accompagné par <i>Myriophyllum spicatum</i> jusqu'à -3 m.
<b>Ile de la Motte</b>	/	/	Ceinturée par une Scirpo-phragmitaie, hormis à son extrémité méridionale (rocheuse et pierreuse) qui abrite un mélange moins dense. <i>Nuphar luteum</i> prend le relais au-delà d'un mètre de profondeur.
<b>Evolution depuis MAGNIN</b>	Disparition de <i>Potamogeton perfoliatus</i> . <i>Nuphar luteum</i> se rencontre peu en rive occidentale, les Characées sont moins abondantes ; demeure un problème de validation des taxons identifiés par Magnin.	Disparition des Nénuphars et de <i>Potamogeton perfoliatus</i> sur la rive orientale : sous l'impact éventuel une ancienne exploitation de carrière avec rejet de matériaux indésirables dans le lac. Régression de la Nupharaie et du groupement à <i>Potamogeton perfoliatus</i> localisé en rive occidentale. Développement important de la Charaie au détriment des 2 formations précédentes.	Disparition totale de la Potamaie ( <i>Potamogeton perfoliatus</i> ). Augmentation de l'abondance de <i>Chara hispida</i> = eau turbide ou polluée. Maintien des Hélophytes et des Nénuphars = marnage limité.
<b>Evolution à long terme</b>	Diminution des hydrophytes (Potamots), à rapprocher d'une modification de la qualité de l'eau par augmentation de la turbidité liée au déversement colmatant des particules fines de l'ancienne exploitation d'un éboulis sur la rive est.		Régression des hydrophytes (Potamots) à rapprocher d'une modification de la qualité de l'eau par augmentation de la turbidité.

### 3.3. Le Plancton :

#### 3.3.1. Le Phytoplancton :

Les échantillonnages phytoplanctoniques de Narlay (1988) ont souligné l'abondance de Cyanophycées dominées par *Oscillatoria rubescens*. Ce phénomène dit "du Sang des Bourguignons", par référence aux épisodes sanglants ayant eut lieu au lac de Morat (SE de Neuchâtel) au XV<sup>ème</sup> siècle, est apparu originellement à Narlay au cours du printemps 1975, et s'est renouvelé systématiquement les années suivantes. Ce phénomène semble actuellement en régression si le peuplement d'Oscillaires demeure très abondant et réapparaît régulièrement en hiver. Cette distribution saisonnière persiste en 2003 mais en 1988 l'extension annuelle de la prolifération soulignait l'importance de la charge trophique.

En août 2002, les Dinophycées (*Ceratium hirundinella*) occupent l'essentiel du peuplement du lac de Narlay, alors qu'en juin, les Chrysophycées (*Dinobryon divergens*) accompagnent les Cyanobactéries.

Les deux Maclú (1985) se comportent de la même façon, avec des dominants saisonniers suivants :

- ∅ en période hivernale, les peuplements sont composés essentiellement de Diatomées, dominantes jusqu'au début de la stratification estivale et associées aux Chrysophycées.
- ∅ en période estivale, les Diatomées (*Asterionella formosa*, *Synedra acus*, *S. ulna*) régressent et laissent la place aux Dinophycées (*Ceratium hirundinella* et *Peridinium* en juin). Les Chrysophycées présentent un développement maximal en juillet, associées à un léger développement de Cyanophycées, et dominant jusqu'en automne. A noter la présence de la cyanobactérie *Anabaena planctonica* en juin, août et septembre. En quantité, ces algues donnent un goût acre aux poissons et à l'eau et peuvent justifier un traitement particulier de l'eau de consommation.

Tableau 24 : Production primaire des lacs Maclú et d'Ilay (1985-1986).

	Petit et Grand Maclú	Ilay
Primaire journalière maximum	En été : 400 mg C/m <sup>2</sup> /j	En août : 1841,6 mg C/m <sup>2</sup> /j
Primaire annuelle	Petit-Maclú : 78,2 g C/m <sup>2</sup> Grand-Maclú : 51,2 g C/m <sup>2</sup>	211 C/m <sup>2</sup>

Globalement, deux types de peuplements distincts, à répartition saisonnière nette, sont rencontrés dans le lac d'Ilay (1986) :

- ∅ En période hivernale, associées aux Chrysophycées, les Diatomées dominent pour former jusqu'à 80% du peuplement en avril.
- ∅ En période estivale : les Diatomées (*Asterionella formosa*, *Synedra acus*, *S. ulna*) régressent et laissent la place aux Dinophycées (essentiellement *Ceratium hirundinella*). Les Chrysophycées présentent un développement maximal en septembre (80% du peuplement). A noter la présence d'un léger développement de Cyanophycées (*Anabaena planctonica*) en juillet.

En août 2002, la Cyanobactérie *Microcystis wesenbergii*, espèce proliférante et potentiellement toxique, apparaît notablement dans le Grand Maclú (abondance relative

de 20%), alors qu'en 1985 alors les Cyanobactéries étaient représentées surtout par *Gomphosphaeria aponina*, espèce perçue comme beaucoup moins indésirable. A l'inverse les Cyanobactéries étaient plus abondantes dans le Petit Maclu, (20% en 1985) au détriment des Chrysophycées qui ont régressé en 2003.

Lors de la campagne 2002-2003 (Tableau 25), les peuplements planctoniques des 4 lacs sont représentés par 3 classes d'algues dominantes : les Dinophycées, les Chrysophycées et les Cyanobactéries. En ce qui concerne le lac Petit Maclu, une quatrième classe d'algue domine aussi : les Diatomées.

Tableau 25 : Composition des peuplements algaux et Indices Planctoniques (IP) des 4 lacs (2002-2003).

		Taxons dominants	% d'abondance relative*	classe d'abondance	Position systématique	valeur indicielle	Participation à l'IP	IP
19 au 21 août 2002	Narlay	<i>Ceratium hirundinella</i>	90 à ≤ 100 %	5	Dinophycée	9	45	45
		<i>Ceratium hirundinella</i>	50 à ≤ 70 %	3	Dinophycée	9	27	48
	Grand Maclu	<i>Microcystis wesenbergii</i>	10 à ≤ 30 %	1	Cyanobactérie	16	16	
		<i>Dinobryon sociale</i>	10 à ≤ 30 %	1	Chrysophycée	5	5	
		<i>Peridinium aciculiformum</i>	0 à ≤ 10 %	0	Dinophycée	9	0	
	Petit Maclu	<i>Ceratium hirundinella</i>	30 à ≤ 50 %	2	Dinophycée	9	18	55
		<i>Microcystis wesenbergii</i>	30 à ≤ 50 %	2	Cyanobactérie	16	32	
		<i>Dinobryon sociale</i>	10 à ≤ 30 %	1	Chrysophycée	5	5	
		<i>Peridinium aciculiformum</i>	0 à ≤ 10 %	0	Dinophycée	9	0	
	Ilay	<i>Ceratium hirundinella</i>	30 à ≤ 50 %	2	Dinophycée	9	18	55
		<i>Microcystis wesenbergii</i>	30 à ≤ 50 %	2	Cyanobactérie	16	32	
		<i>Dinobryon sociale</i>	10 à ≤ 30 %	1	Chrysophycée	5	5	
<i>Dinobryon divergens</i>		0 à ≤ 10 %	0	Chrysophycée	5	0		
2 au 3 juin 2003	Narlay	<i>Oscillatoria rubescens</i>	50 à ≤ 70 %	3	Cyanobactérie	16	48	58
		<i>Dinobryon divergens</i>	30 à ≤ 50 %	2	Chrysophycée	5	10	
		<i>Anabaena spiroïdes</i>	0 à ≤ 10 %	0	Cyanobactérie	16	0	
		<i>Ceratium hirundinella</i>	0 à ≤ 10 %	0	Dinophycée	9	0	
	Grand Maclu	<i>Ceratium hirundinella</i>	50 à ≤ 70 %	3	Dinophycée	9	27	37
		<i>Dinobryon sociale</i>	30 à ≤ 50 %	2	Chrysophycée	5	10	
		<i>Synedra acus</i>	0 à ≤ 10 %	0	Diatomée	3	0	
		<i>Anabaena spiroïdes</i>	0 à ≤ 10 %	0	Cyanobactérie	16	0	
		<i>Dinobryon divergens</i>	0 à ≤ 10 %	0	Chrysophycée	5	0	
		<i>Asterionella formosa</i>	0 à ≤ 10 %	0	Diatomée	3	0	
	Petit Maclu	<i>Ceratium hirundinella</i>	50 à ≤ 70 %	3	Dinophycée	9	27	39
		<i>Peridinium aciculiformum</i>	10 à ≤ 30 %	1	Dinophycée	9	9	
		<i>Asterionella formosa</i>	10 à ≤ 30 %	1	Diatomée	3	3	
	Ilay	<i>Ceratium hirundinella</i>	50 à ≤ 70 %	3	Dinophycée	9	27	37
		<i>Dinobryon sociale</i>	30 à ≤ 50 %	2	Chrysophycée	5	10	
		<i>Anabaena spiroïdes</i>	0 à ≤ 10 %	0	Cyanobactérie	16	0	
<i>Botryococcus braunii</i>		0 à ≤ 10 %	0	Chlorophycée	12	0		
<i>Melosira granulata</i>		0 à ≤ 10 %	0	Diatomée	3	0		

Lors de la campagne 2002-2003 du lac d'Ilay, les Chrysophycées (*Dinobryon sp.*) et les Dinophycées (*Ceratium hirundinella*) constituent le fond du peuplement à 100% en juin et 60% en août. Les Cyanobactéries (*Microcystis wesenbergii*) prennent un développement important en août. En 1984, les Chrysophycées et les Dinophycées occupaient la quasi-

totalité du peuplement phytoplanctonique estival et les Cyanobactéries ne dépassaient pas 20% de l'abondance relative. Cette évolution en presque 20 ans montre une dégradation lente des peuplements phytoplanctoniques due à une part plus importante des Cyanobactéries.

Tableau 26 : Evolution de l'indice planctonique moyen des 4 lacs.

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
IP des anciennes campagnes (1984-1985-1988)	69 : eutrophe	42,5 : mésotrophe	42,5 : mésotrophe	30 : oligotrophe
IP 2003	51,5 : limite inférieure de l'eutrophie	47 : mésotrophe limite eutrophe	42,5 : mésotrophe	46 : mésotrophe

### 3.3.2. Le Zooplancton (données anciennes) :

Dans le Grand Maclu, la vie zooplanctonique se manifeste ici dès avril, juste après la fonte des glaces de mars. Le réveil printanier est plus tardif dans le Petit Maclu et consécutif à un dégel plus lent, en avril seulement. L'activité zooplanctonique y est cependant plus importante en durée et en intensité (3 fois supérieure en intensité).

Dans le lac d'Ilay, la vie zooplanctonique reprend également dès le dégel.

Les Rotifères constituent l'élément prépondérant du zooplancton des 3 lacs (plus de 50 % des effectifs), le maximum de biomasse relevé au printemps et décroissant à partir de juillet, pouvant être dû à un épuisement rapide de certains éléments nutritifs. Aucune conclusion ne peut être tirée de cette évolution quant à « l'état de trophie » des lacs, les rotifères rencontrés ne donnant pas d'indications suffisantes sur ce statut.

Tableau 27 : Abondance des peuplements planctoniques au cours de l'année (en individus/l) des lacs Maclu et d'Ilay (1985-1986).

	Petit Maclu période d'avril à juin	Grand Maclu période d'avril à août	Ilay
Densité totale	700	250	280 (d'avril à juillet)
Densité de Rotifères	658	213	250 (d'avril à juillet)
Densité de Copépodes	55	20	50 (d'avril à juillet)
Densité de Cladocères	40	5	10 (juillet, août) puis augmentation en hiver

### 3.4. La Macrofaune benthique :

#### 3.4.1. Les Insectes (données anciennes) :

La densité des espèces d'insectes identifiée en 1986 dans la zone littorale du lac d'Ilay (28 espèces) était inférieure à celle des lacs Maclu (50 espèces).

Les Trichoptères représentaient la plus grande richesse spécifique des lacs Maclu (en 1985) où 15 des 23 taxons répertoriés communs aux 2 lacs se distribuaient inégalement selon les stations prospectées, où les ceintures végétales et la nature du substrat diversifient nettement l'habitat aquatique.

Leur répartition était plus homogène dans le Petit-Maclu, où les taxons herbivores et détritivores dominaient le peuplement alors que les espèces carnassières étaient surtout représentées dans le Grand-Maclu. Les formes endobenthiques, *Ephemera vulgata*, *Caenis*, et *Sialis* étaient faiblement représentés dans le Petit-Maclu.

Dans le lac d'Ilay, les Trichoptères récoltés étaient différents et moins denses, l'absence de coléoptères dans le plan d'eau marquant également, à l'époque, la différence avec les Maclu (10 taxons).

Les zones profondes du lac d'Ilay n'étaient colonisées que par 2 espèces : *Sialis lutaria* (encore présent à 15 m) et *Chaoborus flavicans*, qui apparaissait à cette profondeur. La présence du mégaloptère *Sialis* (la « fausse petite bête » des pêcheurs) à cette profondeur soulignait une charge organique benthique importante sans altération marquée du sédiment. La présence de *Chaoborus* est à rapprocher des mauvaises conditions d'oxygénation du fond du lac (hypoxie) signalées plus haut. L'absence de *Leptophlébia*, bien représentée dans les lacs Maclu, soulignait également l'existence de conditions plus adverses dans la couche sédimentaire superficielle.

Aucune étude des peuplements d'insectes du lac de Narlay n'a été réalisée à ce jour.

### 3.4.2. Les Mollusques (indice malacologique : IMOL) :

Les travaux de Mouthon ont rendu ce groupe indispensable en terme d'analyse typologique et de la qualité des lacs.

Tableau 28 : Composition des peuplements malacologiques (Pisidies) récoltés dans les sédiments des 4 lacs (2002-2003).

		Narlay		Petit Maclu		Grand Maclu		Ilay	
		T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2
-1,5 m	<i>Pisidium hibernicum</i>			7	1				
	<i>Pisidium nitidum</i>			2	4				
	<i>Pisidium subtruncatum</i>			2	4				
-3 m	<i>Pisidium casertanum</i>								1
	<i>Pisidium hibernicum</i>					1	2		
	<i>Pisidium nitidum</i>					1	9		3
	<i>Pisidium subtruncatum</i>		4			4	7	5	1
-5 m	<i>Pisidium liljeborgii</i>			4					
	<i>Pisidium nitidum</i>			1	1				
	<i>Pisidium subtruncatum</i>			1	1				
-10 m	<i>Pisidium casertanum</i>	1					1		
	<i>Pisidium nitidum</i>								1
	<i>Pisidium subtruncatum</i>	6	1			2	1		
-30 m	/								
fond	<i>Pisidium conventus</i>		(-37 m)		(-10 m)		1 (-21 m)		(-25 m)

T1 = Transect 1 (amont du lac) ; T2 = Transect 2 (aval du lac)

La comparaison avec les relevés antérieurs (Mouthon - 1993) montre que la qualité malacologique du lac de Narlay s'est notablement améliorée depuis 1984, l'indice IMOL passant de 1 à 4. En effet, dans les relevés antérieurs, 2 espèces seulement, représentées par un seul individu (*Valvata piscinalis*, *Pisidium subtruncatum*), avaient été échantillonnées et semblait traduire la mauvaise qualité des sédiments. La présence de pisidies (2002-2003) à la profondeur de 10 m au niveau des deux transects montre que l'environnement chimique et/ou biologique (lié aux Cyanobactéries, par exemple) n'est plus limitant pour ces bivalves comme dans les années 80. L'absence de mollusques à la profondeur de 3 m au niveau du transect 1 est probablement plus liée au caractère peu biogène du plateau littoral dans ce secteur (faible largeur et forte pente) qu'à une mauvaise qualité des sédiments.

Les espèces trouvées à Ilay appartiennent à la faune des lacs Maclu (1985-1986). L'abondance et le nombre d'espèces décroissaient rapidement avec la profondeur, les Gastéropodes étant essentiellement limités aux zones littorales et sublittorales. Les bivalves (*Pisidium*) étaient encore présents à 20 m dans le Grand-Maclu, mais ne dépassaient guère 5 m dans le Petit-Maclu. Les Pisidies, généralement inféodés aux zones profondes, étaient présentes dans les fonds du Grand-Maclu, mais n'avaient pas été retrouvées dans le Petit-Maclu. Des conditions d'oxygénation moins favorables liées à un excès de MO non dégradée semblaient être à l'origine de l'absence de Mollusques en dessous de 5 m et au-delà de 25 m pour respectivement le Petit et le Grand-Maclu. Ceci semblait révéler le caractère sénescant du Petit-Maclu.

La distribution bathymétrique des espèces (présence de Pisidies jusqu'à 5 m de profondeur) est similaire à celle décrite dans la diagnose écologique du Petit Maclu réalisée en 1985.

L'indice IMOL des lacs Grand Maclu et d'Ilay est similaire à celui obtenu en 1983-1984. Toutefois, la présence (à confirmer) de *Pisidium* à la profondeur de 10 m au niveau du transect 2 peut être regardée comme une tendance à l'amélioration de la qualité malacologique de la partie aval du lac d'Ilay.

Tableau 29 : Indice malacologique ( $I_m$ ) des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
I <sub>OL</sub>	52	52	52	81,8

### 3.4.3. Les Oligochètes :

Liés à la nature et à la qualité des sédiments (oxygénation et matière organique), ils favorisent la minéralisation du substrat en mettant en contact l'eau et les sédiments par les nombreuses galeries qu'ils y creusent.

La diversité du peuplement du lac de Narlay en 2002-2003 (Tableau 30) apparaît limitée à 3 espèces et un genre de la famille des Tubificidae ou des Naididae à -3 et -10 m, aucun Oligochète ne figurant dans les sédiments de fond. En 1988, ils étaient représentés par la famille des Tubificidae à soies capillaires, groupe faunistique saprobionte associé à des sédiments déficitaires en oxygène ou/et pollués.

En 1985, 34 espèces étaient recensées dans les lacs Maclu ; 31 colonisaient le Grand-Maclu et 28 le Petit-Maclu. La forte richesse littorale de la famille des Naididae (15 espèces dans le Grand-Maclu, 17 dans le Petit-Maclu) attestait de l'importance des plantes aquatiques. En zone sublittorale, l'abondance des Tubificidae dans le Grand-Maclu était le signe d'une minéralisation plus accentuée des vases. En zone profonde, seul *Tubifex tubifex* colonisait le fond du Petit-Maclu (-10 m) et celui du Grand-Maclu (-25 m).

Les prélèvements 2002-2003 dans des lacs Maclu (Tableau 30) montrent une diversité spécifique faible très réduite au fond (*Aulodrilus plurisetus* dans le Petit Maclu, *Limnodrilus* et *Potamothrix* dans le Grand Maclu). De plus, l'absence de représentant des Tubificidae à soies capillaires et des Naididae sur l'ensemble des points échantillonnés dans le Petit Maclu, témoigne, dans une certaine mesure, d'une qualité très peu hospitalière des sédiments y compris à de faibles profondeurs. La présence de *Stylaria lacustris*, Naididae relativement sensible à la pollution, au niveau de l'épilimnion du Grand Maclu., témoigne d'une certaine qualité du milieu. Son absence à des profondeurs plus importantes rend compte de conditions sédimentaires moins hospitalières.

Les populations récoltées dans le lac d'Ilay en 1986, peu diversifiées et peu abondantes étaient comparables à celles des Lacs Maclu en 1985, sans s'améliorer, comme dans le Grand-Maclu, vers -15 m de profondeur. En 2002-2003, aucun Oligochète n'a été observé à -10 mètres à Ilay, un seul Tubificidae, *Aulodrilus plurisetus*, figurant dans les deux autres prélèvements.

D'une façon générale, dans les 4 lacs du Frasnais, la répartition bathymétrique des organismes prélevés en 2003 apparaît peu homogène et les abondances restent faibles.

Tableau 30 : Composition des peuplements d'Oligochètes collectés dans les sédiments des 4 lacs (2002-2003).

TAXONS	Effectifs en ind. / 0,1 m2											
	Narlay			Grand Maclu			Petit Maclu			Ilay		
	-3m	-10m	-37m	- 3m	-10 m	-21 m	-1,5m	-5m	-10m	-3m	-10m	-30m
TUBIFICIDAE									3			
Tubificidae sans soies capillaires	4				5					1		
Tubificidae avec soies capillaires	4	1		20	2							
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparède, 1862)				18	10	2	8					
<i>Limnodrilus claparedeanus</i> (Ratzel,1868)					5	1	2					
<i>Aulodrilus plurisetus</i> (Piquet, 1906)		12			2				10	10		2
<i>Potamothrix</i>		2				9						
NAIDIDAE												
<i>Dero digitata</i> (Müller,1773)	1			2								
<i>Stylaria lacustris</i> (Linne,1767)				15								
<b>Total</b>	9	15	0	55	24	12	10	0	13	11	0	2
<b>EOS2</b>	5,0	6,6	0	8,2	8,2	6,3	5,1	0	5,4	4,2	0	2,4

Les résultats obtenus en 2003 rendent compte d'une faible capacité des sédiments des lacs de Narlay, du Petit Maclu et d'Ilay à minéraliser, et d'une capacité moyenne pour le Grand Maclu. Les 4 lacs ont donc un faible potentiel métabolique.

Il est important de noter qu'en 2002-2003 la présence des deux taxons *Aulodrilus plurisetus* et *Potamothrix* représentant à eux seuls la presque totalité du peuplement d'Oligochètes à -10 mètres de profondeur témoignent de rejets d'origine anthropique dans le lac de Narlay. Les charges importantes en phosphore dans les sédiments ainsi que les relargages (ammonium, fer...) induits par la désoxygénation prolongée de l'hypolimnion, sont autant de facteurs limitants explicatifs de la pauvreté ou de l'absence des peuplements d'Oligochètes en zone profonde.

Les valeurs indicielles observées en 2002-2003 au fond des lacs Maclu et d'Ilay est à rapprocher des concentrations limitées en oxygène à certaines périodes de l'année à cette profondeur, mais également des températures observées qui caractérisent un lac "froid" à faible potentiel métabolique.

De manière générale, la très faible diversité des Oligochètes (parfois leur absence) dans le Petit Maclu et Ilay mais également l'absence d'espèce oxyphile rendent compte d'une qualité médiocre des sédiments au sein desquels la matière organique peine à être minéralisée. Ce qui était déjà le cas en 1986 pour le lac d'Ilay.

L'étude menée en 1985 sur le Grand Maclu concluait sur la présence d'un excès de matière organique mal minéralisée en profondeur et peu disponible pour le développement des Oligochètes. Cette conclusion semble s'imposer encore aujourd'hui.

Tableau 31 : Indice oligochète ( $I_{ol}$ ) des 4 lacs (2002-2003).

	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
$I_{ol}$	70,9	74,6	53,7	86,2

Les indices de Narlay, du Petit Maclu et d'Ilay caractérisent les milieux très peu favorables aux Oligochètes, et celui du Grand Maclu correspond aux milieux dont le sédiment possède une capacité minéralisatrice moyenne.

#### 3.4.4. Les Diptères Chironomidae et Chaoboridae (données anciennes):

Tableau 32 : Répartition des taxons dominants de diptères des lacs Maclu et d'Ilay (1985-1986).

	Grand et Petit Maclu	Ilay
Zone sublittorale	Taxons dominants : <i>Procladius</i> , <i>Tanytarsus</i> , <i>Einfeldia</i> ); le <i>Orthocladius</i> (lié à la végétation d'après Verneaux) domine dans le Grand-Maclu, alors que <i>Chironomus</i> (très résistant à la pollution) est plus abondant dans le Petit-Maclu.	Taxons dominants : <i>Procladius</i> , <i>Tanytarsus</i> , <i>Einfeldia</i> à évolution saisonnière semblable (maxi en juillet). Nombre très faible de taxons et densités élevées à rattacher à une richesse du sédiment en matière organique assimilable.
Zone profonde	Présence exclusive au fond du Petit-Maclu de <i>Chironomus anthracinus</i> , et de <i>Procladius</i> (gros carnassier) au fond du Grand-Maclu, en compagnie de <i>Ch. Anthracinus</i> et <i>Tanytarsus</i> , ce dernier révélateur d'une bonne qualité habitationale des sédiments profonds.	Présence exclusive (au-delà de 15 m de profondeur) des Tanypodinae et des genre <i>Chironomus</i> et <i>Chaoborus</i> .

En 1988 la densité des peuplements diminuait fortement à partir de -10 m, la présence de *Cricotopus* et d'*Eukiefferiella* à -15 et -39 mètres pouvant être associée à l'existence d'arrivées d'eaux karstiques profondes. Aucune larve entière n'a été retrouvée lors de la campagne allégée du lac de Narlay (automne 1989), les identifications ayant

uniquement porté sur quelques capsules céphaliques (*Ablabesmyia*, *Procladius*, *Chironomus*).

Les peuplements de Chironomidae (23 taxons) apparaissaient relativement pauvres dans les zones sublittorales et très réduits dans les zones profondes des lacs Maclu.

La très faible densité du peuplement chironomidien du lac d'Ilay (11 taxons) en faisait le plus pauvre des lacs du Jura étudiés jusqu'en 1986. L'absence des Orthocladiinae, et la rareté des Tanytarsini soulignaient cette remarque.

Les résultats d'Ilay apparaissaient très liés à la proportion de matière organique des sédiments profonds et à leur faible taux de carbonates. Ces éléments faunistiques militaient, à l'époque pour une surproduction de matière organique par les ceintures végétales et en provenance du bassin versant, par rapport aux capacités d'autoépuration de la masse d'eau.

Après les études passées consacrées aux sédiments lacustres, les auteurs (VERNEAUX J., VERNEAUX V., GUYARD A. 1993-1995) ont mis au point une nouvelle **méthode de classification biologique des lacs fondée sur une analyse comparative de la macrofaune des sédiments** ; celle-ci est réalisée selon un protocole d'échantillonnage précis, fondé sur des éléments relatifs (profondeurs relatives, nombres d'échantillons relatifs à la longueur des isobathes) afin de pouvoir comparer des lacs aux profondeurs maximales très différentes.

**D'après la classification provisoire établie par le professeur Verneaux :**

**Ilay** est méso-dysbiotique (état intermédiaire entre les lacs qui ne fonctionnent pas très bien et ceux qui fonctionnent bien).

**Grand-Maclu** est méso-eubiotique (faune moyennement dense mais de bonne qualité).

**Narlay** est oligo-dysbiotique (peu de faune dans ces sédiments et sont repères d'un mauvais fonctionnement du système).

### 3.5. Les Poissons en 1985 :

#### 3.5.2. Composition :

Aucune donnée piscicole rationnelle n'est disponible pour le lac de Narlay, (composition et état sanitaire du peuplement). Nul alevinage n'a été pratiqué depuis 1983, date d'entrée en propriété de la commune.

Les rendements de capture (Tableau 33) des lacs Maclu (1983) sont les plus bas enregistrés sur les lacs jurassiens, Ilay (1985) occupant la troisième position dans cette série jurassienne.

	Petit et Grand-Maclu	Ilay
Rendement de capture	4,5 g/m <sup>2</sup>	36,3 g/m <sup>2</sup>

Le Grand-Maclu était davantage occupé en zone littorale qu'en zone pélagique et les peuplements des 2 lacs étaient dominés par le Gardon, la Perche arrivant en seconde position, les trois autres espèces (Rotengle, Brochet et Tanche) étant très peu représentées.

*Les lacs Maclu s'apparentaient à la famille des lacs à Gardon et carnassier (Perche et Brochet), la régression de la Nupharaie et de la Potamaie au profit du développement de la Charaie pouvant être interprétée, à l'époque comme facteur limitant la population de Brochet. L'alevinage en Ombles datant d'une cinquantaine d'années s'est soldé par un échec du fait d'un habitat non adapté et de l'impact éventuel des anciens rejets de particules fines de l'exploitation de l'ancienne carrière.*

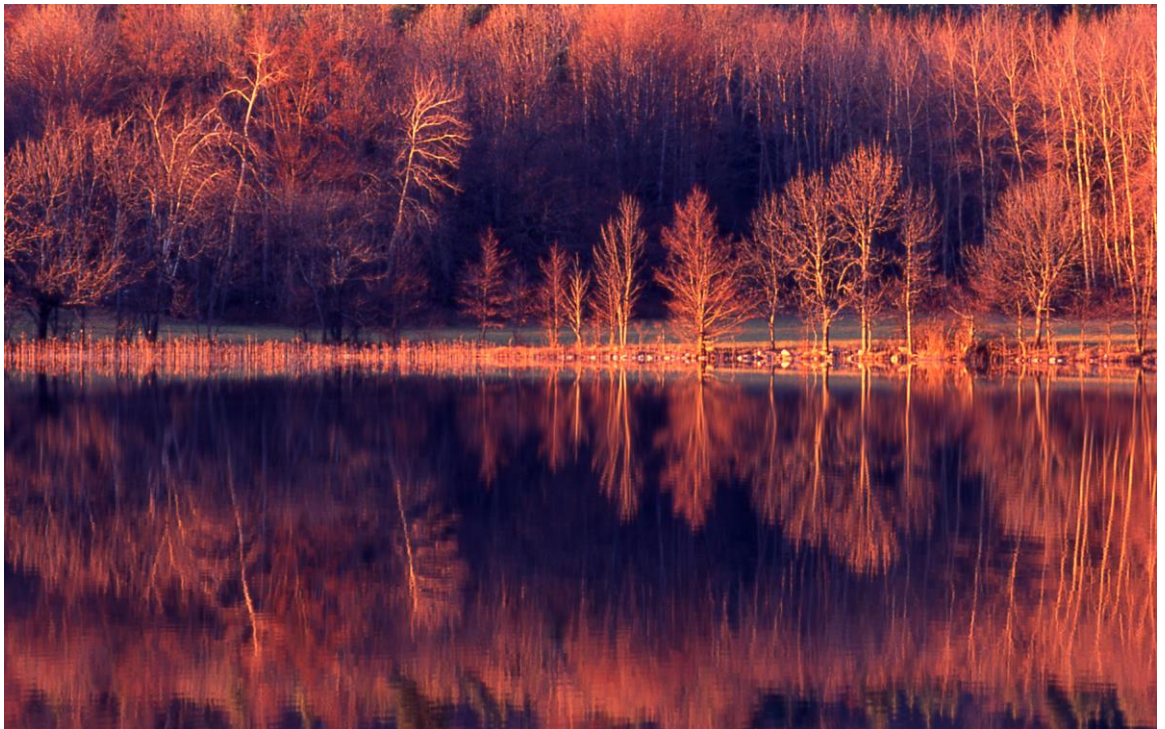
*La zone littorale du lac d'Ilay était dominée par le Gardon, le Rotengle et la Tanche, alors que sa zone pélagique était occupée majoritairement par le Corégone.*

*Le lac d'Ilay s'apparentait donc, au vu de ces résultats à la famille des lacs à Corégone, Cyprinidés et carnassiers (Brochet, Perche). La faible représentation de ces derniers (3% de la biomasse échantillonnée) pouvait être associée à une insuffisante gestion piscicole :*

- ⊗ aucun alevinage récent,*
- ⊗ alevinage ancien catastrophique et mort instantanée de tous les brochetons,*
- ⊗ pêche sélective,*
- ⊗ braconnage probable mais qui ne pouvant expliquer à lui seul la faible représentation du Brochet.,*
- ⊗ problème de reproduction de la Perche.*

### **3.5.2. Etat sanitaire :**

*Parasitisme intestinal ancien par *Triaenophorus* (Cestode parasite à l'état adulte de l'intestin du Brochet et de la Perche) dont le cycle parasitaire se réalise encore actuellement dans le lac d'Ilay. Au niveau sérologique : existence de Virémie Printanière des Cyprinidés (Gardon, Rotengle, Tanche) et de la Nécrose Pancréatique Infectieuse.*

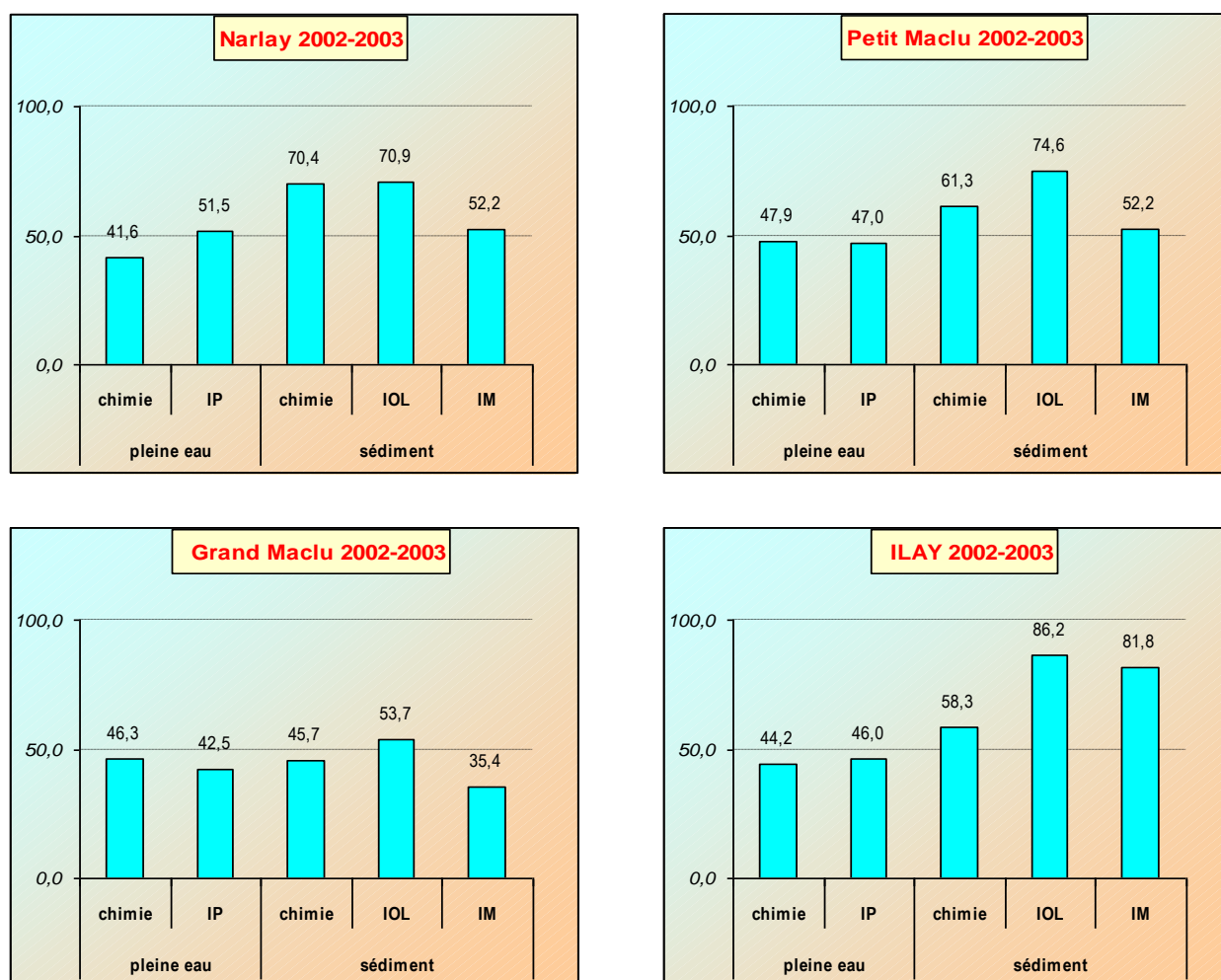


## 4. Synthèse de la diagnose écologique

### 4.1. Bilan des études 2002-2003

La dispersion de la gamme des indices obtenus pour le lac de Narlay est relativement forte puisqu'elle s'étend de 41,6 à 70,9. Elle est toutefois moins marquée que pour le lac d'Ilay. L'indice moyen de chimie de l'eau est sensiblement inférieur aux autres indices mais il minimise la qualité de ce compartiment pour les raisons évoquées précédemment.

Figure 33 : Comparaison des indices chimiques et biologiques des 4 lacs.



La méthode de calcul des indices suppose que le mélange vertical des eaux à la fin de l'hiver s'est produit complètement, ce qui a normalement pour effet de recycler les nutriments du fond dans l'ensemble de la masse d'eau et de favoriser la recharge des couches profondes en oxygène dissous. Cela ne semble pas avoir été le cas à Narlay en 2002-2003 et les indices obtenus ne reflètent qu'imparfaitement la qualité chimique réelle

de la pleine eau. L'indice basé sur le phytoplancton dépasse le seuil de 50 et se révèle ainsi le plus élevé des 4 lacs étudiés. Il traduit la prédominance des Cyanobactéries à Narlay.

Ce plan d'eau se distingue également par la valeur particulièrement forte de l'indice chimique moyen du sédiment. Celle-ci tient en partie, comme pour les 3 autres lacs étudiés, au pourcentage élevé de matière organique mais surtout, dans le cas de Narlay, à l'excessive réserve en phosphore stockée dans le sédiment. Les indices calculés à partir des biocénoses traduisent, comme on pouvait s'y attendre, une qualité biologique médiocre du sédiment sans toutefois qu'elle apparaisse plus mauvaise qu'à Ilay ou au Petit Maclu.

Les 2 indices caractérisant la pleine eau et l'indice malacologique situent le lac Petit Maclu dans les milieux de qualité moyenne. Les 2 autres, l'indice moyen de chimie du sédiment qui est tiré vers les fortes valeurs essentiellement par sa teneur en matière organique (cf. § 2.2.1.2.) et l'indice « Oligochètes » déclassent le plan d'eau vers le haut de l'échelle correspondant aux milieux eutrophes.

En fait, le lien inverse que l'on observe entre la qualité des peuplements d'Oligochètes et la teneur en matière organique du sédiment, mais qui ne semble pas concerner directement les mollusques, a déjà été mis en évidence. Le cas particulier du Petit Maclu est rapporté par Lafont et al (1991) et constitue un exemple typique des milieux apparemment exempts de pollution, mais où la nature organique et corrélativement peu carbonatée du sédiment nuit à sa capacité métabolique à minéraliser la matière organique. Cette remarque vaut sans doute également pour le Grand Maclu et le lac d'Ilay qui sont cependant, par leur dimensions supérieures, moins sujets à l'accumulation de matière d'origine allochtone.

Les différents indices du lac Grand Maclu s'inscrivent dans une gamme de valeurs relativement homogène, comprise entre 35,4 et 53,7. En termes classiques de trophie, elles qualifieraient le plan d'eau de mésotrophe. D'une manière générale, sa qualité chimique et biologique apparaît satisfaisante. Toutefois, pas plus que pour les 3 autres lacs, même si l'hypothèse d'un facteur climatique semble la plus vraisemblable, la cause exacte du déficit en oxygène en fin de période hivernale n'est pas clairement élucidée. Il serait intéressant de vérifier si ce phénomène possède un caractère exceptionnel ou au contraire s'il s'inscrit dans la durée, auquel cas la carence printanière et l'appauvrissement du stock en oxygène hypolimnique en été, quoi que plus modéré que pour les 3 autres lacs, constituerait un élément préoccupant pour le devenir du plan d'eau.

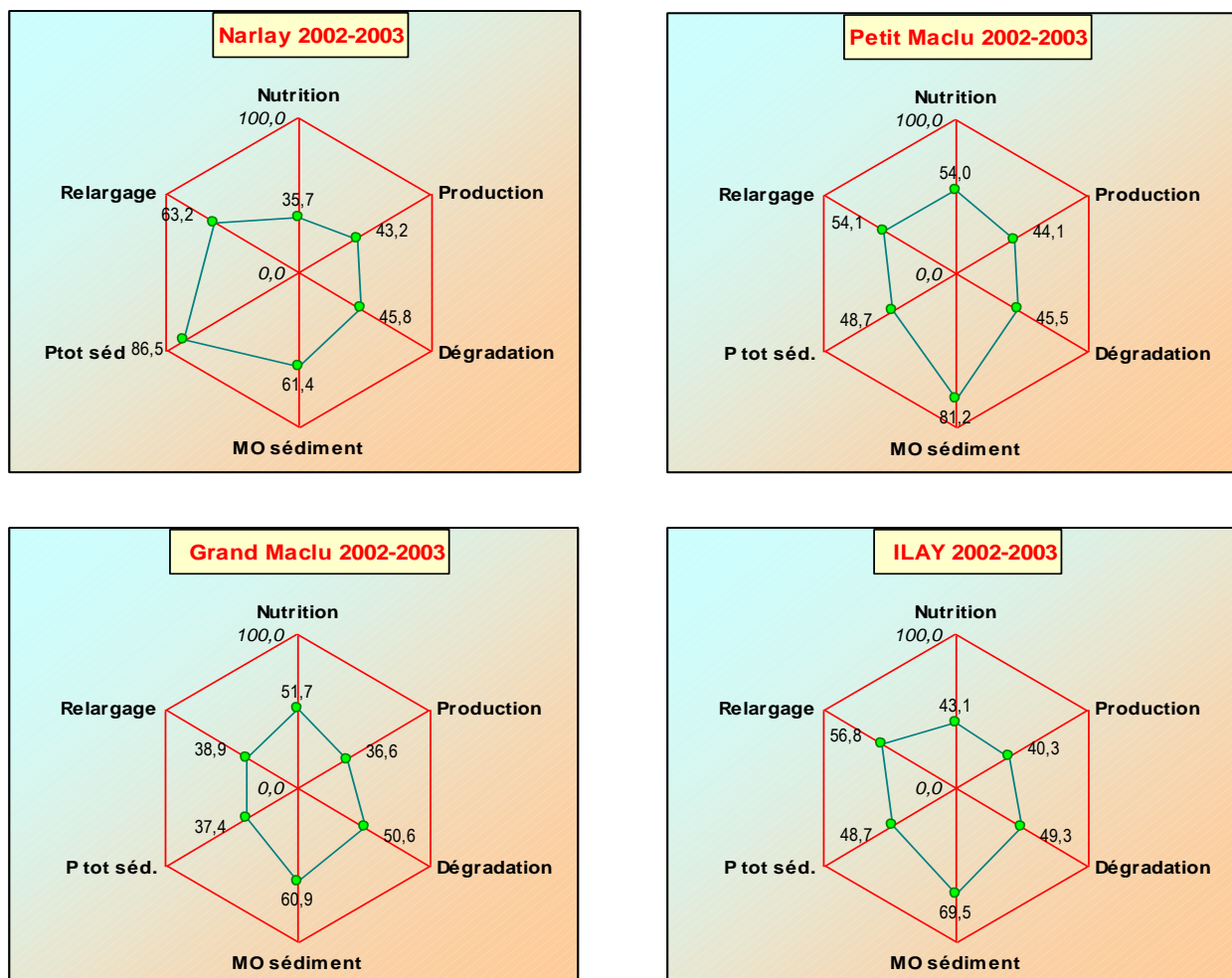
La figure 33 met en évidence le contraste existant entre la pleine eau et le sédiment du lac d'Ilay, dû aux fortes valeurs des 2 indices biologiques  $I_{O_2}$  et  $I_M$  qui tranchent avec l'ensemble des autres. Ils traduisent la mauvaise capacité biogénique du sédiment éloigné dehors de la surface. En revanche, l'adéquation entre l'indice planctonique et l'indice physico-chimique de pleine eau est correcte. Les 2 indices biologiques du sédiment confirment ici le rôle limitant joué par la raréfaction de l'oxygène dissous observée dès 15 m de profondeur en été. Apparemment, les faibles apports en éléments nutritifs limitent favorablement la production algale, l'accumulation de la matière organique provenant des ceintures végétales et du bassin versant forestier serait plutôt à l'origine du déficit sévère en oxygène hypolimnique, limitant fortement l'installation profonde de la faune sédimentaire.

Ce déficit a pu être aggravé par la météorologie particulière de l'hiver 2002-2003 ou des années précédentes et traduit par une homogénéisation incomplète au brassage de fin d'hiver.

## 4.2. Synthèse de la physico-chimie 2002-2003

Les indices de l'eau du lac de Narlay donnent une vision optimiste de la qualité physico-chimique du lac, ceux résultant des analyses de sédiment marquent sans ambiguïté le caractère médiocre du sédiment. L'indice « Matière Organique du sédiment » exprime, comme pour les autres plans d'eau étudiés, la nature organique des dépôts du fond qui tient pour l'essentiel à la richesse végétale de leur environnement. A Narlay, toutefois, comme cela a été suggéré par les travaux de l'Université de Franche-Comté, le faible rapport C/N traduirait l'influence d'apports où domine la matière organique d'origine planctonique.

Figure 34 : Comparaison des indices fonctionnels physico-chimiques des 4 lacs.



La qualité physico-chimique des lacs Maclu s'avère relativement bonne dans l'ensemble, l'accumulation de débris organiques allochtones semble excéder la capacité d'assimilation et de minéralisation du milieu. La principale conséquence se manifeste dans la désoxygénation partielle de l'hypolimnion en été, qui est toutefois plus limitée pour le

Grand Maclu que dans les 3 autres lacs. L'influence des ceintures végétales est renforcée pour le Petit lac du fait de ses dimensions modestes.

Le lac d'Ilay peut être considéré comme un milieu fragile du fait de sa situation géographique, de qualité physico-chimique moyenne, et qui peine à assimiler la matière organique provenant, apparemment pour l'essentiel, de ses ceintures végétales. Il n'est pas impossible non plus que les conditions climatiques ayant régné au cours de l'hiver 2002-2003 aient eu pour résultat d'accentuer les difficultés d'assimilation du lac en réduisant sa réserve printanière en oxygène hypolimnique.

Le lac de Narlay apparaît toujours comme un milieu possédant une réserve interne en phosphore considérable, celle-ci soutenant une production algale qui ne paraît pas cependant particulièrement élevée en 2002 et 2003. Il n'est pas impossible que les conditions climatiques sévères propres à la région, mais aussi peut être, celles particulières aux hivers récents qui auraient pu empêché le mélange complet du lac en hiver, aient freiné son essor.

Tableau 34 : Comparaison des indices spécifiques des 4 lacs (2002-2003).

Indices	Narlay	Petit Maclu	Grand Maclu	Ilay
Richesse de l'eau en nutriment en fin de mélange hivernal	mésotrophe	limite méso et eutrophe	limite méso et eutrophe	mésotrophe
Intensité de la production planctonique	limite méso et eutrophe	mésotrophe	mésotrophe	mésotrophe
« relargage »	eutrophe	eutrophe	mésotrophe	eutrophe

### 4.3. Comparaison avec les études précédentes

Depuis les mesures effectuées en 1988 dans le lac de Narlay, les teneurs en nutriments de la zone euphotique ont peu évolué si ce n'est une tendance à la baisse de l'azote alors qu'à l'inverse le phosphore aurait augmenté. La composition minérale et organique du sédiment s'avère stable, l'eau interstitielle se révélant toutefois plus minéralisée à la faveur d'une hausse sensible de sa teneur en phosphore qui témoigne d'un relargage plus intense qu'en 1988. La qualité du compartiment biologique apparaît meilleure qu'il y a quelques années puisque l'on observe une moindre proportion de Cyanobactéries, même si *Oscillatoria rubescens* (= *Planktothrix rubescens*) est toujours dominante en été. L'indice IMOL a notablement augmenté alors que l'indice Oligochètes se révèle stable.

L'impression générale est que le lac de Narlay « digère » fort lentement la charge polluante emmagasinée depuis plus d'une quinzaine d'années. Ses caractéristiques géomorphologiques (altitude, climat régional rude, indice de creux élevé, temps de séjour probablement long, situation abritée des vents...) contribuent vraisemblablement à ralentir le processus d'amélioration de la qualité du milieu.

De manière analogue au Grand Maclu, c'est finalement l'impression de stabilité de l'écosystème qui prévaut pour le Petit Maclu, si l'on excepte toutefois la baisse manifeste en oxygène dissous observée depuis les mesures effectuées en 1983 et 1984.

*Pour les 4 lacs, l'origine de cette carence en oxygène hypolimnique n'est pas clairement identifiée mais le phénomène qui se révèle commun à l'ensemble des 4 lacs étudiés plaide de préférence pour une cause liée à des variations météorologiques, voire climatiques.*

*Depuis les mesures effectuées en 1984, la zone euphotique du lac d'Ilay semble s'être très légèrement enrichie en azote minéral, le phosphore minéral ségeant, lui, toujours en deçà des seuils de détection. Comme ce dernier est apparemment l'élément limitant la production primaire planctonique il est logique que celle-ci n'ait pas augmenté sensiblement, ce que semblent vérifier les pigments chlorophylliens et la transparence.*

*La composition de la phase solide du sédiment du lac d'Ilay se révèle stable entre 1984 et 2002. Les teneurs plus fortes mesurées en 1989 tiennent vraisemblablement à la profondeur d'échantillonnage moins élevée que pour les 2 autres études (25 m au lieu de 30 m). L'eau interstitielle s'avère plus minéralisée qu'en 1984, les teneurs en nutriments ayant significativement augmenté. Cette hausse est à associer à la dégradation des conditions d'oxygénation au niveau du fond, et au relargage consécutif d'éléments minéraux comme le fer, l'ammonium, les phosphates. La biologie a apparemment peu évolué. La tendance suggérée par le phytoplancton et les Oligochètes, en supposant qu'elle soit significative, irait plutôt vers une légère dégradation du milieu.*

Tableau 35 : Evolution de quelques paramètres caractéristiques de l'état des 4 lacs.

Paramètres	Narlay		Petit Maclu		Grand Maclu			Ilay			
	Diagnose rapide 1990 et étude M.O. 1988	Diagnose 2002-2003	Etude écologique 1985	Diagnose 2002-2003	Etude écologique 1985	Etude sédiment 1988	Diagnose 2002-2003	Etude écologique 1986	Etude matière organique 1988-89	Diagnose 2002-2003	
<b>Descripteurs nutriments de la zone euphotique<sup>1</sup></b>	N. min « hiver » <sup>2</sup> : moyenne N. min « été » : N total « été » : P. minéral « hiver » : moyenne P. minéral « été » : P total « été »	0,150 mg/l 0,079 mg/l 1,455 mg/l ≈ 0,003 mg/l ≈ 0,002 mg/l 0,015 mg/l	0,132 mg/l 0,031 mg/l 1,013 mg/l < 0,01 mg/l 0,015 mg/l 0,05 mg/l	0,308 mg/l 0,153 mg/l 0,200 mg/l < 0,003 mg/l < 0,003 mg/l < 0,003 mg/l	0,359 mg/l 0,200 mg/l 0,200 mg/l < 0,003 mg/l < 0,003 mg/l < 0,003 mg/l	0,304 mg/l 0,184 mg/l 0,184 mg/l < 0,003 mg/l < 0,003 mg/l < 0,003 mg/l	- - - - - -	0,418 mg/l 0,349 mg/l 0,349 mg/l 0,016 mg/l ≈ 0,01 mg/l	0,156 mg/l 0,082 mg/l 0,082 mg/l < 0,003 mg/l < 0,003 mg/l	- ≈ 0,12 mg/l - < 0,01 mg/l < 0,01 mg/l	0,199 mg/l 0,093 mg/l 0,093 mg/l < 0,01 mg/l < 0,01 mg/l
<b>Descripteurs production primaire de la zone euphotique en été</b>	moy. Transparence : moy. Chloro_a + Phéop_a :	6,5 m env. 9 mg/m <sup>3</sup>	4,8 m 5,9 mg/m <sup>3</sup>	5,9 m 1,4 mg/m <sup>3</sup>	4,4 m 5,7 mg/m <sup>3</sup>	6,6 m 1,9 mg/m <sup>3</sup>	- -	4,5 m 2,3 mg/m <sup>3</sup>	4,3 m 4,1 mg/m <sup>3</sup>	- -	4,8 m 4,1 mg/m <sup>3</sup>
<b>Oxygène dissous d'été</b>	max. épilimnion : min. hypolimnion :	15,4 mg/l le 19/09 3 mg/l à 38m, le 13/06, puis 0 mg/l par la suite	16 mg/l le 20/08 ≈ 0 mg/l dès 25m, le 3/06	11,2 mg/l en juillet 5,0 mg/l à 10m en août	10,6 mg/l le 10/09 0,1 mg/l dès 9m, le 19/08	13,5 mg/l en août 5,1 mg/l à 25m en août	- 7,3 mg/l à 25m, le 5/08	13,8 mg/l le 20/08 0,1 mg/l à 26m, le 10/09	11,2 mg/l en juillet 3,4 mg/l à 20m en août	10 mg/l le 23/08 0 mg/l dès 20m, le 23/08	10,8 mg/l le 21/08 0 mg/l dès 20m, le 21/08
<b>Minéraux du sédiment profond en fin d'été</b>	CaCO <sub>3</sub> : P. Total :	65 % 0,55 % - 0,38%	60,7 % 0,39 %	33,0 % 0,114 %	26,4 % 0,08 %	73 % 0,061 %	≈ 71 % 0,06 %	67,7 % 0,05 %	60 % 0,087 %	62 % 0,25 %	55,6 % 0,080 %
<b>Matière organique du sédiment profond fin d'été</b>	Perte au feu : Carbone organique :	9,0 %-16,9% 4,0 %- 6,1%	14,4 % 5,6 %	33,0 % 16,6 %	34,1 % 16,5 %	12,0 % 6,0 %	16,2 % 6,8 %	14,1 % 6,5 %	20,4 % 10,5 %	24,7 % 12,8 %	20,5 % 9,3 %
<b>Minéralisation de l'eau interstitielle en fin d'été</b>	Conductivité (25°C) P. total : Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ):	391 µS/cm 0,36-0,57 mg/l 13,5 mg/l	460 µS/cm 0,93 mg/l 13,4 mg/l	407 µS/cm 0,09 mg/l 7,9 mg/l	475 µS/cm 0,42 mg/l 9,2 mg/l	379 µS/cm 0,13 mg/l 6,1 mg/l	- - -	385 µS/cm 0,17 mg/l 3,5 mg/l	385 µS/cm 0,13 mg/l 7,22 mg/l	- - -	420 µS/cm 0,57 mg/l 9,8 mg/l
<b>Phytoplancton d'été</b>	Taxons dominants : Maxi % Cyanobactéries IP (2003)	Cyanobactéries et Chrysophycées ≈ 90% 69	Dinophycées et Cyanobactéries ≈ 60% 51,5	Dino et Chrysophycées ≈ 20% 42,5	Dino et Chrysophycées ≈ 40% 47	Chryso et Dinophycées ≈ 10% 42,5	- - -	Chryso et Dinophycées ≈ 20% 42,5	Chryso et Dinophycées ≈ 20% 30	- - -	Chryso et Dinophycées ≈ 40% 46
<b>Mollusques</b>	IMOL	2	4	3	4	7	-	7	1	-	1
<b>Oligochètes</b>	EOS2	0 à - 37 m 6,8 à - 10 m	0 à - 37 m 6,6 à - 10 m	4,8 au fond	5,4 au fond	5,1 près du fond	-	6,3 à -21 m	5,5 au fond	-	2,4 au fond

<sup>1</sup> zone euphotique = 2,5 \* transparence de Secchi

<sup>2</sup> « hiver » = mars ou avril ; « été » = juin à septembre.

## TROISIEME PARTIE : BILAN ET PROPOSITIONS DE GESTION



## 1. Evaluation de la valeur patrimoniale

Les 4 lacs du Frasnois sont empreints d'un fort caractère endémique floristique (cf. tableau 36) du fait notamment de la présence du Nénuphar du Jura (*Nuphar jurana*) et du Nénuphar nain (*Nuphar pumilla*). Deux espèces protégées nationalement (Œillet superbe, Orchis de Spitzel) et pas moins de neuf espèces protégées localement complètent cet énoncé

Parmi le panel important d'insectes terrestres présents sur le domaine des 4 lacs, un seul, la leucchorine à front blanc, est inscrit sur la liste rouge des insectes en danger en France et protégé par l'arrêté ministériel du 22 juillet 1993. Aucune espèce d'insecte aquatique n'est protégée, néanmoins au sein de la biocénose du lac d'Ilay figure plusieurs espèces à valeur patrimoniale élevée et riches d'indications typologiques comme *Mysticides nigra*, *Ephemera danica*, *Ephemera vulgata*. Dans les lacs Maclu, le cortège d'insectes aquatiques laisse apparaître certaines espèces indicatrices de la qualité du milieu comme par exemple *Pisidium tenuilineatum*, espèce polluo-sensible garante de lacs de bonne qualité.

Huit espèces d'amphibiens (cf. tableau 37) protégées au plan national dont quatre au niveau européen par la Directive Habitat (CEE 21.5.92), particulièrement le Sonneur à ventre jaune et le Triton crêté ainsi que cinq espèces de reptiles de même statut européen ajoutent à ce cortège patrimonial. La spécificité particulière du site est par ailleurs enrichie par la présence du Lynx, du Putois, de l'Ecureuil, de la Belette, de la Martre, de la Fouine, de l'Hermine, tous protégés à l'échelle nationale, et de nombreuses espèces d'oiseaux (cf. tableaux 38-39).

Cette richesse patrimoniale est d'autant plus remarquable que la superficie cumulée des bassins versants des lacs ne couvre que 7,05 Km<sup>2</sup>.

Les sites les plus fragiles sont les marais et tourbières, les ceintures végétales, les pentes rocheuses et les éboulis calcaires. Les falaises bordant les lacs Maclu sont le lieu de prédilection de nombreuses espèces et notamment du Faucon pèlerin qui est protégé par un Arrêté de Protection de Biotope (APB).

Les 4 lacs du Frasnois sont donc le siège d'un capital patrimonial rare et sont protégés par deux ABP, un site classé et un site inscrit.



Tableau 36 : La Flore protégée des bassins versants des 4 lacs (Inventaire des plantes protégées en France - P. Danton et M. Baffray- 1995).

Nom vernaculaire	Localisation	Statut
Aconit anthora	La Chaux du Dombief	protégé
Anthyllide des montagnes	La Chaux du Dombief	protégé
Epervière à feuilles de scorzonère	La Chaux du Dombief	protégé
Epervière lisse	La Chaux du Dombief	rare
Fougère des marais	Le Frasnois	protégé
Gentiane pneumonanthe	La Chaux du Dombief Le Frasnois	protégé
Grassette vulgaire	La Chaux du Dombief	protégé
Nénuphar du Jura	La Chaux du Dombief	rare
Œillet superbe	La Chaux du Dombief Le Frasnois	protégé
Ophrys araignée	La Chaux du Dombief Le Frasnois	protégé
Orchis de Spitzel	Le Frasnois	protégé
Orchis brûlé d'été	Le Frasnois	rare
Pédiculaire des forêts	Le Frasnois	protégé
Troscart des marais	La Chaux du Dombief	protégé

Tableau 37 : Les amphibiens et reptiles protégés des bassins versants des 4 lacs (Livre rouge, WWF, Muséum National d'Histoire Naturelle, Ministère de l'Environnement - 1994).

Nom vernaculaire	A.M. du 22/7/93	Liste rouge	Directive habitats CEE 21/5/92	
			Annexe II	Annexe IV
Alyte accoucheur	X			X
Crapaud commun	X	à surveiller		
Grenouille de Lessona	X	à surveiller		X
Salamandre tachetée	X	à surveiller		
Sonneur à ventre jaune	X	vulnérable	X	X
Triton alpestre	X	vulnérable		
Triton crêté	X	vulnérable	X	X
Triton palmé	X	à surveiller		
Coronelle lisse	X	à surveiller		X
Couleuvre à collier	X	à surveiller		X
Lézard agile	X			X
Lézard des murailles	X	à surveiller		X
Lézard vert	X	à surveiller		X
Lézard vivipare	X	à surveiller		
Orvet	X	à surveiller		

Tableau 38 : Les oiseaux protégés des bassins versants des 4 lacs (Oiseaux menacés et à surveiller en France - G. Racamoro et D. Yeatman-Berthelot - 1999).

Nom vernaculaire	A.M. du 17/4/81 (A1)	Liste rouge	Directive habitats CEE 21/5/92			
			I	II/1	III/1	III/2
Alouette des champs		à préciser				
Bergeronnette des ruisseaux	X					
Bergeronnette grise	X					
Bouvreuil pivoine	X					
Bruant des roseaux	X					
Bruant jaune	X					
Busard Saint-Martin			X			
Canard colvert				X	X	
Chardonneret élégant	X					
Chevalier guignette		rare				
Cincla plongeur	X					
Cornille noire				X		
Etourneau sansonnet				X		
Faucon pèlerin		rare	X			X
Fauvette à tête noire	X					
Fauvette des jardins	X					
Geai des chênes				X		
Grand corbeau	X					
Grand tétras		en déclin	X	X		X
Grimpereau des bois	X					
Grive draine				X		
Grive litorne				X		
Grive musicienne				X		
Héron cendré	X					
Hirondelle de cheminée	X					
Martin-pêcheur	X		X			
Merle noir				X		
Mésange à longue queue	X					
Milan noir			X			
Milan royal			X			
Pic épeiche						
Pic noir			X			
Pie bavarde			X			
Pie-grièche écorcheur		en déclin		X		
Pinson des arbres	X					
Pipit des arbres	X		X			
Pouillot fitis	X					
Pouillot véloce	X					
Roitelet huppé	X					
Roitelet triple bandeau	X					
Rougegorge familier	X					
Rougequeue à front blanc	X	à préciser				
Rousserolle verderolle	X					
Sittelle torchepot	X					
Traquet tarius	X	en déclin				
Troglodyte mignon	X					

Tableau 39 : Les mammifères protégés des bassins versants des 4 lacs.

Nom vernaculaire	A.M. du 17/4/81	Liste rouge	Directive habitats CEE 21/5/92		
			II	IV	V
Belette	X	à surveiller			
Cerf élaphe			X	X	
Chamois					
Chat forestier	X	à surveiller		X	
Chevreuil					
Crossope aquatique	X				
Ecureuil roux	X	à surveiller			
Fouine	X				X
Grand murin	X		X		
Hérisson d'Europe	X				
Hermine	AM 30/5/97	à surveiller			
Lièvre brun					
Lynx boréal	AM 9/7/99 AM 30/5/97	en danger	X	X	
Martre	AM 30/5/97	à surveiller			X
Oreillard roux		à surveiller			
Putois					
Rat noir					
Rhinolophe sp		vulnérable	X		

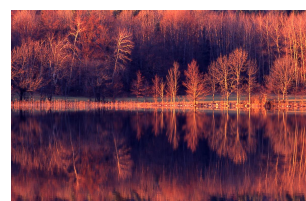


Tableau 40 : Les habitats protégés des BV 4 lacs par l'annexe de la directive habitat (fiches Natura 2000).

3140	eaux oligo-mésotrophes calcaires avec végétation benthique à Characées	
6210	pelouses sèches semi naturelles et faciès d'embuisement sur calcaires	
6410	prairies à molinies sur sols calcaires, tourbeux ou argilo-limoneux	prioritaire
6510	prairies maigres de fauche de basse altitude	
6520	prairies de fauche de montagne	
7210	marais calcaire à <i>Cladium mariscus</i>	prioritaire
7230	tourbières basses alcalines	
8160	éboulis médio européens calcaires des étages collinéen à montagnards	prioritaire
8210	pentons rocheuses calcaires avec végétation chasmophytique	
9150	hêtraies calcicoles à céphalantère	
9180	forêt de pentons, éboulis ou ravins avec Tilleul et Erable	prioritaire

## 2. Problèmes

### 2.1. Vulnérabilité

*Le lac de Narlay, profond, très creux, présente parfois un seul « retournement » dans l'année (méromictique) et la végétation aquatique de son pourtour est clairsemée sur bords abrupt. Le bassin versant estimé, assez réduit (2,45 Km<sup>2</sup>), fournit peu d'apports pluviaux relativement au volume propre du lac (8,2 millions de m<sup>3</sup>), ce qui induit un long temps de renouvellement moyen des eaux (2ans) par rapport aux autres lacs du Jura (1 an tout au plus).*

*Le renouvellement des eaux de fond est ainsi inférieure à une fréquence bisannuelle et induit une fragilité particulière du plan d'eau.*

*Ce statut a été révélé, à la suite du déversement pendant plusieurs années des effluents d'une fromagerie-porcherie, par l'apparition de couches anoxiques profondes, associées à la production d'hydrogène sulfureux et de fleurs d'eau printanières à *Oscillatoria rubescens*.*

*Les relevés 2002 de la diagnose rapide témoignent de l'engagement d'un lent rétablissement du plan d'eau.*

*Le lac d'Ilay transforme de la matière organique endogène (phytoplancton, ceintures végétales) et exogène (débris végétaux, feuilles, rejets humains diffus) dont l'importance dépasse les capacités du lac. Il existe de plus un risque d'accident routier sur la route longeant le lac (fuel...).*

### 2.2. Cohérence avec la régulation des débits et qualité du Hérisson

*Le Hérisson se constitue en partie à l'émissaire du lac d'Ilay en lien direct avec les lacs Maclu, complété par l'exutoire du lac de Bonlieu. En aval, le Hérisson traverse les lacs de Val et Chambly, avant d'entrer dans à la retenue de Blye.*



*Une gestion conservatoire de l'eau (débit réservé, qualité...) à la sortie du lac d'Ilay (en amont du Hérisson) implique une maîtrise cohérente des problèmes de qualité sur tout sur tout le cours du Hérisson.*

*D'après le Schéma Départemental Halieutique, plusieurs problèmes se font jour et doivent être intégrés aux programmes d'aménagement et de gestion des eaux engagés à l'échelle du BV (Hérisson, Sirène, Drouvenant) :*

- ⊗ Gestion des débits :*
  - débit réservé sur le Hérisson (usine hydroélectrique de Doucier),*
  - assèchement à Val-dessus , (curages et rectification du cours, digues)*
  
- ⊗ Altération du peuplement :*
  - mortalités piscicoles régulières.*
  
- ⊗ Pollution :*
  - par une pisciculture (Val),*
  - augmentations de températures estivales et rejets d'origine agricole (porcherie de Denezières).*

*Les investigations du domaine piscicoles montrent que la solution de ces problèmes pourrait constituer se traduire par un apport halieutique majeur, dans lequel le Hérisson pourrait jouer un rôle important dans la reproduction de l'Ombre.*

### 3. Propositions sommaires de gestion

Tableau 41 : Propositions de gestion des 4 lacs.

	Les mesures	Applications	Lacs concernés
<b>Gestion des composantes biologiques</b>	Protéger la petite île en face du camping	Installation de barrières limitant l'accès.	Narlay
	Maintien des ceintures végétales existantes	Amarrage des barques de pêche aux pontons existants dont certains sont à restaurer, afin de réduire le balayage et l'arrachement de hydrophytes par les coques sous l'effet du vent.	Narlay Ilay
	Gestion des saules qui envahissent les ceintures végétales	Coupe raisonnée sans brûlage sur place et exportation des produits loin du périmètre lacustre.	Ilay
	Protéger les espèces végétales remarquables	Inclusion du sentier botanique de la Fromagerie dans le périmètre de Natura 2000.	Ilay
	Eviter une pêche trop sélective	Promotion de la pêche du Corégone.	Ilay Petit-Maclu Grand-Maclu
<b>Gestion des activités</b>	Limitation des implantations touristiques « lourdes »	Maintenir l'interdiction de baignade dans les lacs Maclu et d'Ilay, et les sanitaires éloignés des plans d'eau de façon à préserver la ressource en eau potable.	Ilay Narlay
	Définir le débit maximum à pomper	En cas de construction de la nouvelle station de pompage ouest	Ilay
	Protéger l'alimentation en eau potable	Définition et mise en place des périmètres de protection des lacs utilisés pour l'alimentation en eau potable	Ilay Petit-Maclu
	Empêcher la circulation des véhicules à moteur sur les routes bordant les lacs	Réinstallation de blocs de pierre interdisant le passage des véhicules à moteur à l'exception des engins agricoles	Narlay Petit-Maclu Grand-Maclu
<b>Lutte contre les pollutions</b>	Réduction des apports dus aux activités agricoles	Gestion dans le cadre de la Charte Agricole et maintien de l'interdiction d'épandage à moins de 250 m des lacs.	Ilay Narlay Petit-Maclu Grand-Maclu
	Plan d'épandage des boues de la STEP (80 m <sup>3</sup> /an)	Identification par la Chambre d'agriculture du Jura de 9 ha de parcelles d'épandage hors des bassins versants des lacs. Localisation qui ne semble pas poser de problème pour la commune du Frasnois.	Narlay Ilay
<b>Suivi des lacs</b>	Limiter le marnage et mesurer les niveaux du lac	Construction envisageable d'un petit seuil /vanne de maîtrise des niveaux, notamment pour éviter un abaissement trop rapide du lac en période sèche. Ce programme devra être soumis à des mesures d'améliorations des conditions de gestion des niveaux à l'exutoire du lac des Rousses équipée d'une telle installation de façon à optimiser la gestion des équipements. Installation d'une échelle et d'un limnigraphe	Ilay
	Définir le BV hydrologique	Installation souhaitable d'une échelle de mesure des niveaux du lac et d'un limnigraphe sur une ou plusieurs années hydrologiques. Les conditions d'engouffrement rapide de l'exutoire dans le karst justifieront d'une réflexion particulière sur la mise en place d'un système de type seuil provisoire.	Narlay
	Planification hydrologique	Ces applications nécessiteront une concertation formalisée entre les différents propriétaires et gestionnaires des plans d'eau étroitement associés en terme de niveaux et d'échanges hydrologiques.	Ilay Maclu



# BIBLIOGRAPHIE

- 📖 DIAGNOSE RAPIDE DES MILIEUX LACUSTRES : LAC DE NARLAY (1990). SRAE FC, Agence de l'eau R.M.C., CEMAGREF Groupement de Lyon DQEPP. 30 pages.
- 📖 DIAGNOSE RAPIDE DU LAC GRAND MACLU (2003). DIREN FC, CEMAGREF Unité de Recherche Biologie des Ecosystèmes Aquatiques. 21 pages.
- 📖 DIAGNOSE RAPIDE DU LAC PETIT MACLU (2003). DIREN FC, CEMAGREF Unité de Recherche Biologie des Ecosystèmes Aquatiques. 22 pages.
- 📖 DIAGNOSE RAPIDE DU LAC ILAY (2003). DIREN FC, CEMAGREF Unité de Recherche Biologie des Ecosystèmes Aquatiques. 22 pages.
- 📖 DIAGNOSE RAPIDE DU LAC NARLAY (2003). DIREN FC, CEMAGREF Unité de Recherche Biologie des Ecosystèmes Aquatiques. 22 pages.
- 📖 DIAGNOSTIC SYNTHETIQUE ET AXE DE GESTION CONCERNANT LES LACS DE NARLAY, ILAY ET LES DEUX MACLU (2003). Céline Bernard, Maîtrise BPE, Université FC, DIREN FC ; 36 pages.
- 📖 DANTON P., BAFFRAY M., sous la direction scientifique de Jean-Pierre REDURON (1995). Inventaire des plantes protégées en France. Yves ROCHER, AFCEV, Nathan. 292 pages.
- 📖 GOMEZ J.L. (2003). La seigneurie monastique d'Ilay : mille ans d'interactions entre l'homme et son environnement. Validation première année du diplôme de l'EHESS. 28 pages.
- 📖 JOVENIAUX A. (1993). Atlas des oiseaux nicheurs du Jura. Groupe ornithologique du Jura. 429 pages.
- 📖 FERREZ Y., PROST JF., ANDRE M., CARTERON M., PIGUET A., MILLET P., VANDAM JC. (2001). Atlas des plantes rares ou protégées de Franche-Comté. Société d'horticulture du Doubs et des amis du jardin botanique, DIREN-FC, Conseil Régional de Franche-Comté, DDAF, Société d'Histoire Naturelle du Doubs, Espace Naturel Comtois, Office National des Forêts, Naturalia. 310 pages.
- 📖 LAC D'ILAY : ETUDE ECOLOGIQUE (1986). SRAE, DRAF, Conseil régional de FC, Agence de bassin R.M.C., Ministère de l'environnement, Préfecture de la région de FC. 95 pages.

- 📖 LACS JURASSIENS : PAYSAGES DE FRANCHE-COMTE (1996). Edition CPIE de Franche-Comté. 65 pages.
- 📖 LE LAC DE NARLAY : EVOLUTION DE QUELQUES COMPOSANTES HYDROBIOLOGIQUES EN RELATION AVEC LA PROLIFERATION D'UNE CYANOPHYCEE : OSCILLATORIA RUBESCENS (1977). Ministère de l'agriculture, SRAE région FC. 33 pages.
- 📖 LE LIVRE ROUGE : INVENTAIRE DE LA FAUNE MENACEE EN FRANCE (1994). Ministère de l'Environnement, Direction de la nature et des paysages et Direction de l'eau. WWF, Muséum National d'Histoire naturelles, Nathan. 175 pages.
- 📖 LES LACS DU DEPARTEMENT DU JURA ET LEUR BASSIN VERSANT (2000). Conseil Général du Jura, DIREN FC, Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse. 212 pages.
- 📖 LES LACS MACLU : ETUDE ECOLOGIQUE (1983). SRAE, DRAF, Conseil régional de FC, Agence de bassin R.M.C., Ministère de l'environnement. 104 pages.
- 📖 ROBERT J.Y. (1997) Atlas commenté des insectes de Franche-Comté, tome 1 : Colléoptères Cerambicydae. Office Pour l'Information Eco-entomologique de Franche- Comté, Insectarium-Muséum d'histoire naturelle, La Citadelle. 201 pages
- 📖 ROCAMORA G., YEATMAN-BERTHELOT D. (1999). Oiseaux menacés et à protéger en France. Liste rouge et recherche de priorités (population, tendances, menaces, conservation). Société d'études ornithologiques de France / Ligue pour la protection des oiseaux. 560 pages.
- 📖 PINSTON H., CRANEY E., PEPIN D., MONTADERT M., DUQUET M., (2000). Atlas commenté de répartition "Amphibiens et reptiles de Franche-Comté". Observatoire régional de l'environnement de FC, Groupe naturaliste de Franche-Comté. 116 pages.
- 📖 PROST J.M. (2001) Atlas commenté des insectes de Franche-Comté, tome 2 : Libellules et Demoiselles. OPIE-FC, Insectarium-Muséum d'histoire naturelle, La Citadelle. 184 pages.
- 📖 VERNEAUX J., VERNEAUX V., GUYARD A. (1993-1995). Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques - Chap. I : Variété et densité de la faune, Chap II : Nature de la faune, Chap III : Relations entre données biologique et variables du milieu - Annales de Limnologie, vol. 29 n°1 - p59-77 ; vol. 29 n°3-4 p.383-393 ; vol. 31 n°4 p.277-286.

# ANNEXES

- ☑ ANNEXE 1 : Fiche individuelle du lac de Narlay.
- ☑ ANNEXE 2 : Fiche individuelle des deux lacs Maclu.
- ☑ ANNEXE 3 : Fiche individuelle du lac d'Ilay.
- ☑ ANNEXE 4 : Courbes bathymétriques des lacs Narlay, Petit Maclu, Ilay, Grand Maclu d'après Delbecque (1998)
- ☑ ANNEXE 5 : Schéma structural simplifié des formations géologiques des bassins versants des lacs d'Ilay, de Narlay, des deux Maclu.
- ☑ ANNEXE 6 : Tableaux de bilans hydrologiques du lac d'Ilay (1982-1985).
- ☑ ANNEXE 7 : Couverture végétale des bassins versants des lacs d'Ilay et des deux Maclu (1985-1986)
- ☑ ANNEXE 8 : Associations végétales des lacs Petit et Grand Maclu (1985).
- ☑ ANNEXE 9 : Composition des ceintures végétales du lac d'Ilay (1986).
- ☑ ANNEXE 10 : Protocole de prélèvements et d'analyses (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 11 : Méthode d'analyses utilisées (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 12 : Physico-chimie des eaux de surface de Narlay (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 13 : Physico-chimie des eaux de surface du Grand Maclu (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 14 : Physico-chimie des eaux de surface du Petit Maclu (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 15 : Physico-chimie des eaux de surface d'Ilay (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 16 : Physico-chimie du sédiment des 4 lacs (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 17 : Résultats des mesures des profils de température et d'oxygène dissous des 4 lacs (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 18 : Grille d'aide à l'interprétation des principaux paramètres de la diagnose rapide (2002-2003).

- ☑ ANNEXE 19 : Indices chimiques et biologiques caractérisant le lac de Narlay (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 20 : Indices chimiques et biologiques caractérisant le lac Grand Maclu (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 21 : Indices chimiques et biologiques caractérisant le lac Petit Maclu (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 22 : Indices chimiques et biologiques caractérisant le lac d'Ilay (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 23 : Mode de calcul du Nouvel Indice Phytoplancton (2002-2003).
- ☑ ANNEXE 24 : Inventaire des plantes rares ou protégées des 4 lacs. (Source : Atlas des plantes rares et protégées de Franche-Comté, Y. FERREZ, J.F. PROST, 2001)
- ☑ ANNEXE 25 : Les coléoptères (Cerambycidae) et libellules présents sur les bassins versants des 4 lacs. (Sources : JY ROBERT, 1997, Atlas commenté des insectes de Franche-Comté tome 1. JM PROT, 2001, Atlas commenté des insectes de Franche-Comté tome 2)
- ☑ ANNEXE 26 : Les Amphibiens et Reptiles observés près des 4 lacs. (Source : H PINSTON 2000, Atlas commenté des Amphibiens et Reptiles de Franche-Comté)
- ☑ ANNEXE 27 : Résultats des échantillonnages de poissons des lacs d'Ilay et des deux Maclu (1986-1985).
- ☑ ANNEXE 28 : Les oiseaux observés sur le site des 4 lacs. (Source : A. JOVENIAUX, 1993, Atlas des oiseaux nicheurs du Jura,)

## ANNEXE 1 : Fiche individuelle du lac de Narlay.

<b>Localisation</b>	Bassin supérieur de l'Ain – Sud de Champagnole (« Ecosse Jurassienne ») Commune de Le Frasnois
<b>Propriétaires</b>	Commune de Le Frasnois
<b>Police des eaux</b>	DDAF
<b>Régime de pêche</b>	Association privée non agréée
<b>Etudes effectuées</b>	Suivi physico-chimique – SRAE, 1975-1980 Diagnose rapide – SRAE-CEMAGREF, 1988 Analyse physico-chimique des sédiments – Université Franche-Comté, 1988 Diagnose rapide – SRAE-CEMAGREF, 2002-2003
<b>Altitude de l'eau (m)</b>	748
<b>Superficie du lac (ha)</b>	41
<b>Longueur maximum (m)</b>	950
<b>Largeur maximum (m)</b>	625
<b>Profondeur maximum (m)</b>	40
<b>Volume du lac (m<sup>3</sup>)</b>	8 200 000
<b>Superficie du BV hydrographique (km<sup>2</sup>)</b>	BV topo : 0,3
<b>Origine géologique</b>	Glaciaire et effondrements en terrains calcaires fissurés.
<b>Alimentation et écoulements : affluents et émissaires</b>	Ruissellements. Emissaire de Grand-Maclu. Emergence (faible débit) : zone du Douillon Petites émergences (débit faible) ; certaines en communications avec pertes, à l'Est de Le Frasnois Apports sous-lacustres probables (sources limnocrènes karstiques). Ruisseau de 100 m, puis entonnoir (Ouest) et communication avec résurgence du Moulin (affluent de Chalain, coloration SRAE, 1973)
<b>Renouvellement (j) Marnage (m)</b>	Difficilement estimable (émissaire en charge en période de hautes eaux)
<b>Type de lac</b>	Dimictique de 2 <sup>ème</sup> ordre (2 recirculations) – possibilité de comportement méromictique (absence de circulation automnale)
<b>Usages du lac</b>	Baignade – Pêche amateur – camping communal (O)
<b>Occupation des sols du BV</b>	Forêts (124 ha) – Elevages (bovins) – Population : 112-400 hab (1988)
<b>Caractéristiques de l'eau</b>	Désoxygénation hypolimnique – Sursaturation épilimnique pendant stratification estivale – Forte charge en MO endogène (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )
<b>Caractéristiques des peuplements</b>	Faible capacité biotique
<b>Niveau trophique</b>	Dystrophique – faible niveau (oligotrophie) - oligo-dysbiotique
<b>Evolution du lac et aménagements effectués</b>	Suppression des principales sources de pollution (effluents agro-alimentaires : fromagerie-porcherie – 1980)
<b>Points positifs</b>	Aucun rejet (1998)
<b>Problèmes</b>	Etat de dégradation prononcée ; Désoxygénation importante (au fond en été) ; Excès de MO ; forte charge de P, Fe et Si (relargage des sédiments – réduction forte) ; Algues bleues (rôle de P et Fe relargués en milieu réducteur : Feuillade, 1976) ;
<b>Particularités</b>	Développement de fleurs d'eau à Oscillaires (1975, encore abondantes) – Importance des apports phytoplanctoniques autochtones – Emissaire en charge en période de hautes eaux – Ilots sous-lacustre émergeant pendant basses eaux – Sédiments fins, acides ; MO et N modérée, H <sub>2</sub> S, P élevé – Eaux interstitielles : NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , P : élevés

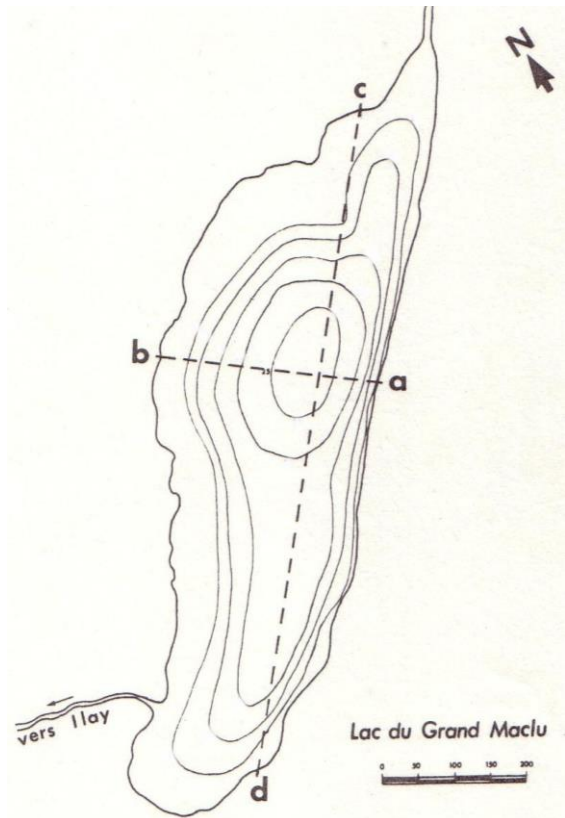
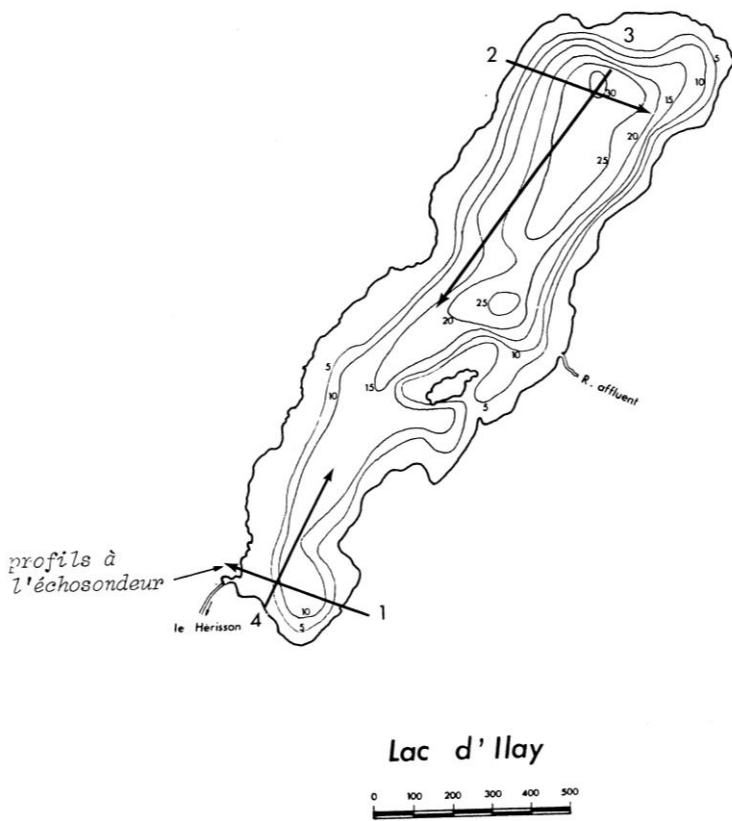
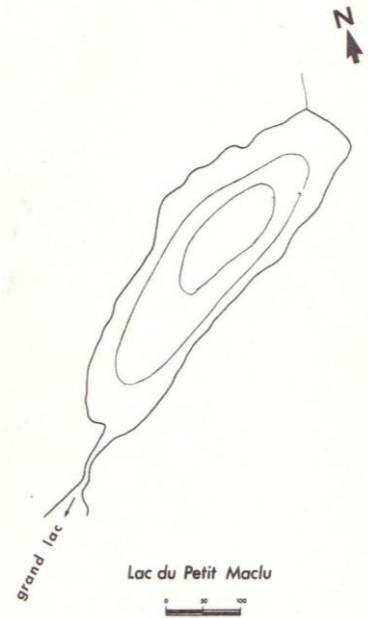
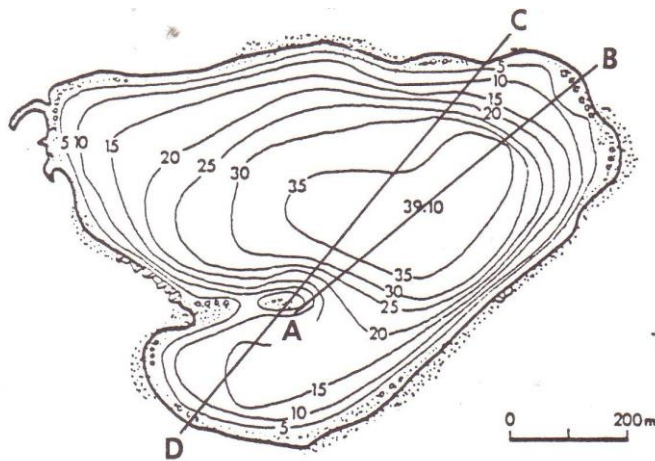
## ANNEXE 2 : Fiche individuelle des deux lacs Maclu.

	Grand Maclu	Petit Maclu
<b>Localisation</b>	Bassin supérieur de l'Ain – Sud de Champagnole (« Ecosse Jurassienne ») Commune de Le Frasnois et de la Chau-du-Dombief	
<b>Propriétaires</b>	M. de Tézou (région parisienne)	M. Pelletier-Guyon (Périgny)
<b>Etudes effectuées</b>	Etude écologique – SRAE, 1985 Diagnose rapide – SRAE-CEMAGREF, 2002-2003	
<b>Altitude de l'eau (m)</b>	779	779,4
<b>Superficie du lac (ha)</b>	21	4,5
<b>Longueur maximum (m)</b>	1120	500
<b>Largeur maximum (m)</b>	300	120
<b>Profondeur maximum (m)</b>	24	11
<b>Volume du lac (m<sup>3</sup>)</b>	2 658 000 (cf. Magnin)	344 000 (cf. Magnin)
<b>Superficie du BV hydrographique (km<sup>2</sup>)</b>	BV topo : 1 BV hydro : 2	BV topo : 0,5 BV hydro : 1,13
<b>Origine géologique</b>	Glaciaire – barrage par moraine – vallée de Pannessières	
<b>Alimentation et écoulements : affluents et émissaires</b>	Ruissellements diffus. Fortes précipitations. Petite résurgence. Extrémité O : vers lac d'lay.	Ruissellements diffus. Fortes précipitations. Petite résurgence. Apports sous-lacustres probables (eau fraîche, à l'Est). Extrémité O : vers lac Grand Maclu.
<b>Renouvellement (j)</b>		
<b>Marnage (m)</b>		
<b>Type de lac</b>	Dimictique	
<b>Usages du lac</b>		AEP (Chaux-des-Crotenay – 400 hab.)
<b>Occupation des sols du BV</b>	Prairies (O) : 51 ha (47 % du BV) Forêts : 42 ha (26 % du BV) Ancienne carrière (E)	Forêts (88 % du BV) Prairies (O) : 25 ha (7 % du BV)
<b>Caractéristiques de l'eau</b>	Tourbière ; pas d'habitation ; camping sauvage ; épandage faible Qualité physico-chimique globalement satisfaisante (N, P : modérés) Bonne qualité bactériologique	
	Capacité de minéralisation de MO supérieure Dégradation physico-chimique en été	AEP sans problème majeur Excès de MO végétale mal minéralisée dans sédiments Désoxygénation hivernale
<b>Caractéristiques des peuplements</b>	Lacs peu productifs (production. Primaire, phytoplancton, poissons : faibles), végétation inégalement répartie	
<b>Niveau trophique</b>	Lacs oligo-mésotrophes (OCDE) ; méso-eubiotique	
<b>Evolution du lac et aménagements effectués</b>	Aucun rejet d'EU	
<b>Points positifs</b>	Faible pouvoir réducteur des sédiments (faible relargage)	
<b>Problèmes</b>	Dégradation physico-chimique en été (baisse O <sub>2</sub> , augmentation de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> et Fe)	Fragilité au niveau biologique (excès de MO mal minéralisée dans sédiments) Désoxygénation hivernale Camping sauvage
<b>Particularités</b>	Caractère lacustre conservé intact (même si envahissement de la tourbe)	Caractère sénescant : évolution lente et naturelle vers un système palustre (marécage) Apport sous-lacustre probable (E)

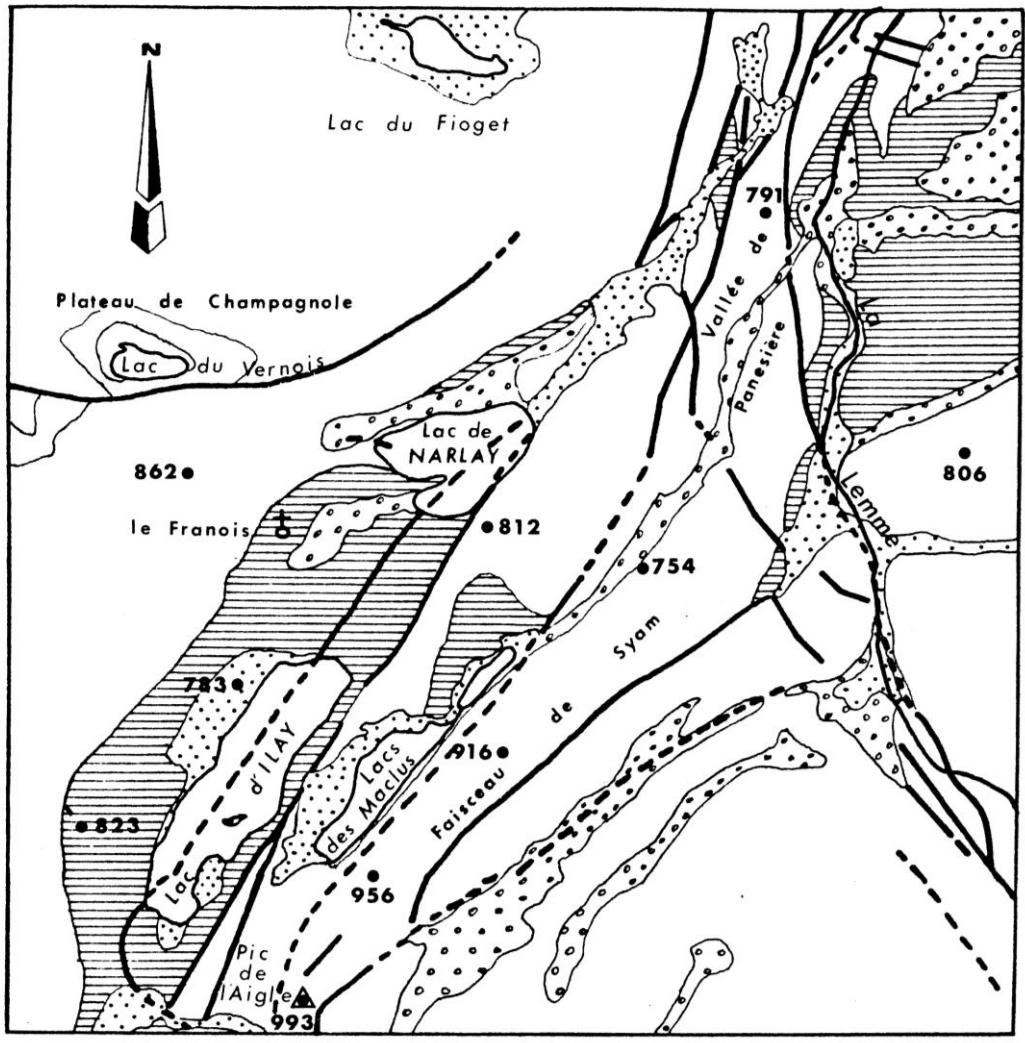
## ANNEXE 3 : Fiche individuelle du lac d'Ilay.

<b>Localisation</b>	Bassin supérieur de l'Ain – Sud de Champagnole (« Ecosse Jurassienne ») Commune de Le Frasnois
<b>Propriétaires</b>	Commune de Le Frasnois
<b>Etudes effectuées</b>	Etude écologique – SRAE, 1986 Diagnose rapide – SRAE-CEMAGREF, 2002-2003
<b>Altitude de l'eau (m)</b>	774
<b>Superficie du lac (ha)</b>	72
<b>Longueur maximum (m)</b>	1900
<b>Largeur maximum (m)</b>	400
<b>Profondeur maximum (m)</b>	15 et 32 (cuvette lacustre : 2 zones distinctes)
<b>Volume du lac (m<sup>3</sup>)</b>	7 700 000
<b>Superficie du BV hydrographique (km<sup>2</sup>)</b>	BV topo : 5,25 BV hydro : 5,5
<b>Origine géologique</b>	Cuvette glaciaire
<b>Alimentation et écoulements : Affluents</b>	Ruissellements Emissaire de Grand-Maclu Emergence (faible débit) : zone du Douillon
<b>Emissaires</b>	Ruisseau du Hérisson (extrémité Sud) : écoulement superficiel puis souterrain ; équipé d'un limnigraphe SRAE
<b>Renouvellement (j)</b>	10-13 mois
<b>Marnage (m)</b>	Limité (présence d'Hélophytes, de Nénuphars) ; mais pompage AEP
<b>Type de lac</b>	Dimictique (gel tous les hivers pendant 3-4 mois)
<b>Usages du lac</b>	AEP (10 000 équ/hab, 138 000 m <sup>3</sup> /an – 1996 – Communes du Frasnois)
<b>Occupation des sols du BV</b>	Prairies (60 % - N+NO) – Forêts (45 ha – Est ; feuillus, résineux) – Marécages (10 ha – Ouest) – Peu d'habitations – Installation de loisirs : néant – Epanchage faible
<b>Caractéristiques de l'eau</b>	Forte minéralisation (CO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) ; NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> important
<b>Caractéristiques des peuplements</b>	Productivité primaire : forte – Etat biologique dégradé au fond
<b>Niveau trophique</b>	Mésotrophe (OCDE) ; méso-dysbiotique
<b>Evolution du lac et aménagements effectués</b>	Aucun rejet d'EU dans le lac (depuis 1996) Profonde évolution de la flore algale (depuis 1900, augmentation de turbidité)
<b>Points positifs</b>	Aucun rejet d'EU dans le lac (depuis 1996) Epanchage faible
<b>Problèmes</b>	Surcharge en MO (élimination contrariée par conditions climatiques et morfo-dynamiques défavorables : gel prolongé, profondeur moyenne faible) Désoxygénation (au fond, en été) – Baignade sauvage – Destruction des végétaux (barques) Conditions réductrices (diffusions-relargages importants à partir des sédiments : NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , P, Fe, Mn – riches en MO)
<b>Particularités</b>	Présence d'une île – Fragilité de l'écosystème (état de dégradation) – Gel + caractéristiques morfo-dynamiques : concentrent MO au fond (minéralisation de MO incomplète)

**ANNEXE 4 : Courbes bathymétriques des lacs Narlay, Petit Maclu, Grand Maclu, Ilay d'après Delebecque (1898).**



**ANNEXE 5 : Schéma structural simplifié des formations géologiques des bassins versants des lacs d'Ilay, de Narlay, des deux Maclu et du Vernois.**



ECHELLE : 1 / 50 000<sup>e</sup>



## ANNEXE 6 : Tableaux de bilans hydrologiques du lac d'Ilay (1982-1985).

*Tableau 1 : Bilan pour l'année hydrologique 01/10/1982 au 30/09/1983.*

Date	Prélèvement (m <sup>3</sup> )	Ecoulement (m <sup>3</sup> /s)	Ec (m <sup>3</sup> )	Pluie (mm)	ETR (mm)
octobre	9565	0,267	715132,8	216,5	
novembre	11030	0,302	782784	209,7	
décembre	10688	0,51	1365984	285,1	
01/01/1983	10028	0,31	830304	198,6	
février	10426	0,302	730598,4	167,4	
mars	14421	0,32	857088		
avril	11539	0,6	1555200	324,2	
mai	12025	0,725	1941840	398,3	
juin	17403	0,178	461376	87,9	
juillet	16543	0,063	168739,2	65	
août	11357	0,011	29462,4	141,1	
septembre	8721	0,222	575424	215,6	
<b>Cycle 1982-1983</b>	<b>143746</b>		<b>10013932,8</b>	<b>2461,2</b>	<b>483</b>

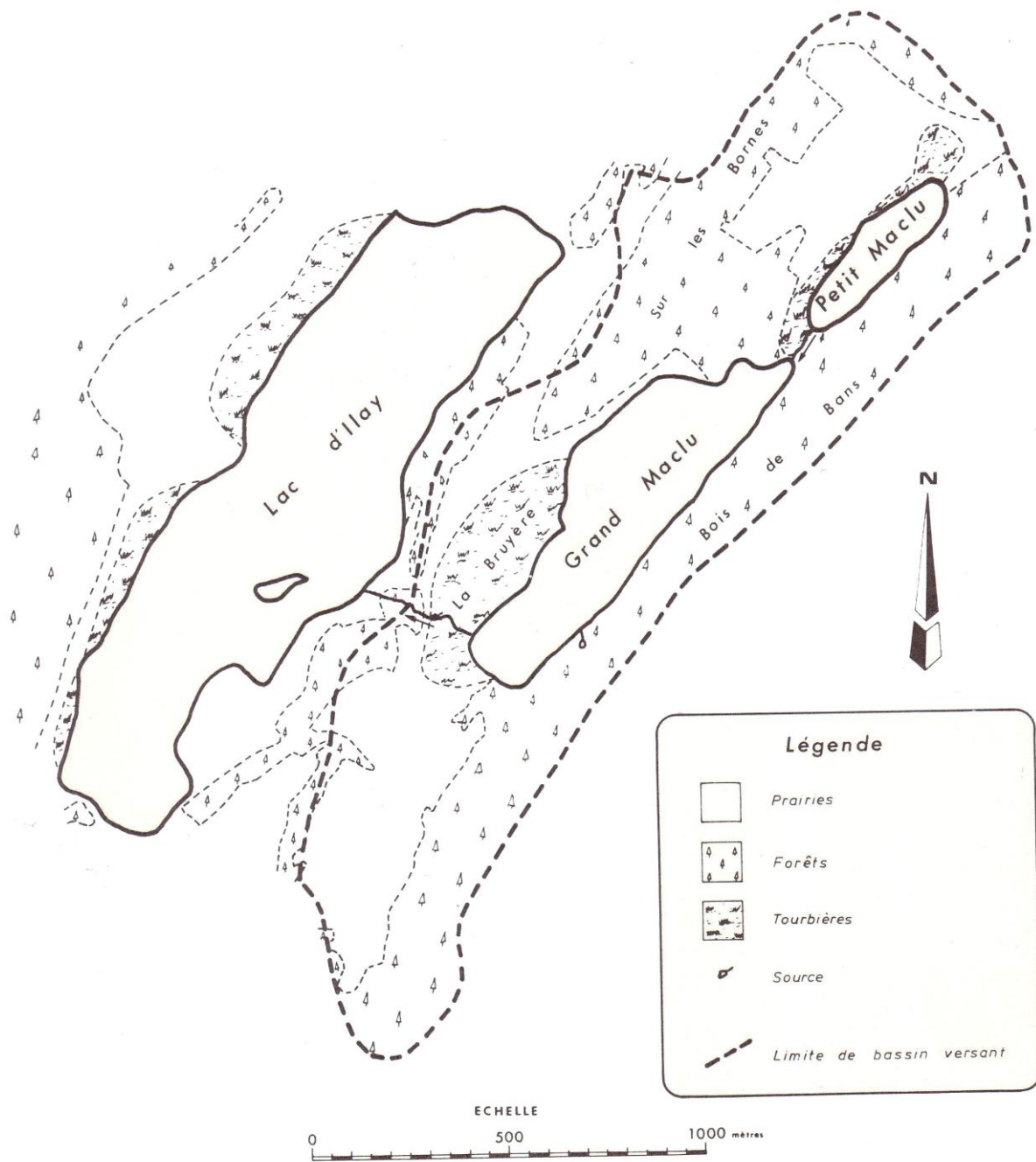
*Tableau 2 : Bilan pour l'année hydrologique 01/10/1983 au 30/09/1984.*

Date	Prélèvement (m <sup>3</sup> )	Ecoulement (m <sup>3</sup> /s)	Ec (m <sup>3</sup> )	Pluie (mm)	ETR (mm)
octobre	9053	0,16	428544	124,5	
novembre	10049	0,164	425088	190,2	
décembre	8724	0,4	1071360	124,3	
01/01/1984	9933	0,477	1277596,8	250,7	
février	8390	0,5	1252800	202,1	
mars	8945	0,16	428544		
avril	9582	0,226	585792	41,4	
mai	10379	0,167	447292,8	185,2	
juin	8992	0,172	445824	109,5	
juillet	12882	0,045	120528	56,1	
août	10500	0,013	34819,2	64	
septembre	9911	0,154	399168	279,5	
<b>Cycle 1983-1984</b>	<b>117340</b>		<b>6917356,8</b>	<b>1749</b>	<b>440</b>

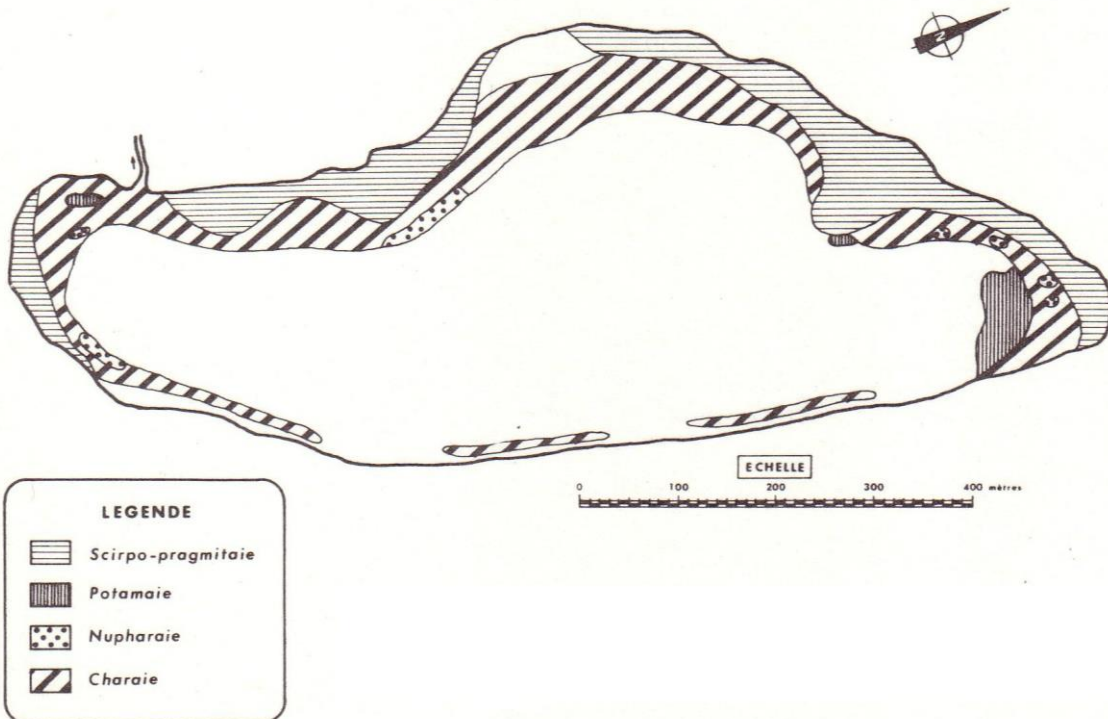
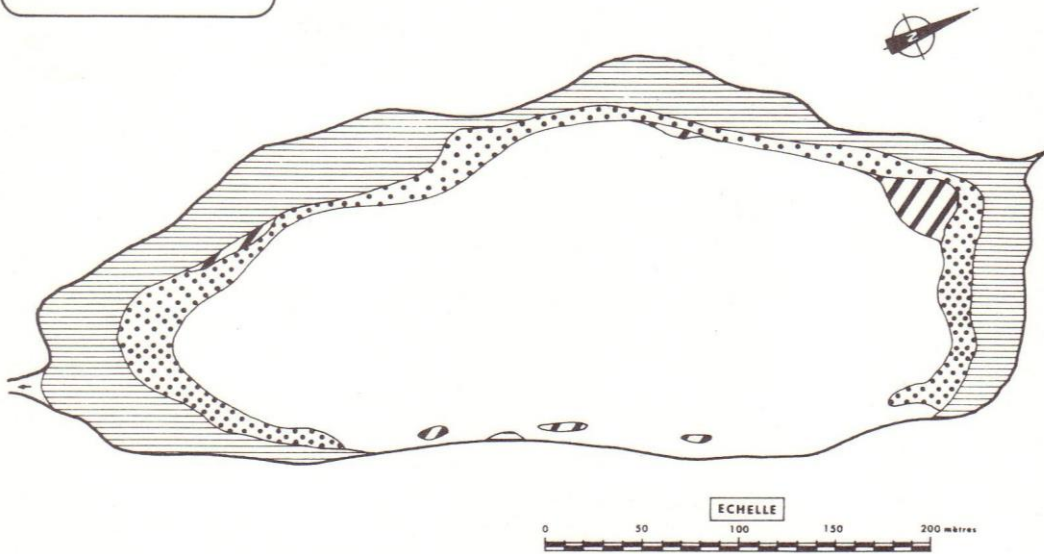
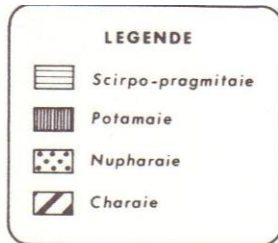
*Tableau 3 : Bilan pour l'année hydrologique 01/10/1984 au 30/09/1985.*

Date	Prélèvement (m <sup>3</sup> )	Ecoulement (m <sup>3</sup> /s)	Ec (m <sup>3</sup> )	Pluie (mm)	ETR (mm)
octobre	8599	0,328	878515,2	179,9	
novembre	9426	0,187	484704	128,2	
décembre	10824	0,267	715132,8	131,3	
01/01/1985	14825	0,248	664243,2	171,4	
février	11467	0,384	928972,8	115	
mars	12211	0,212	567820,8		
avril	8937	0,342	886464	200,6	
mai	7669	0,317	849052,8	197,9	
juin	6911	0,191	495072	187,4	
juillet	10908	0,118	316051,2	130	
août	11315	0,074	198201,6	119,1	
septembre	10822	0,037	95904	52	
<b>Cycle 1984-1985</b>	<b>123914</b>		<b>7080134,4</b>	<b>1735,4</b>	<b>470</b>

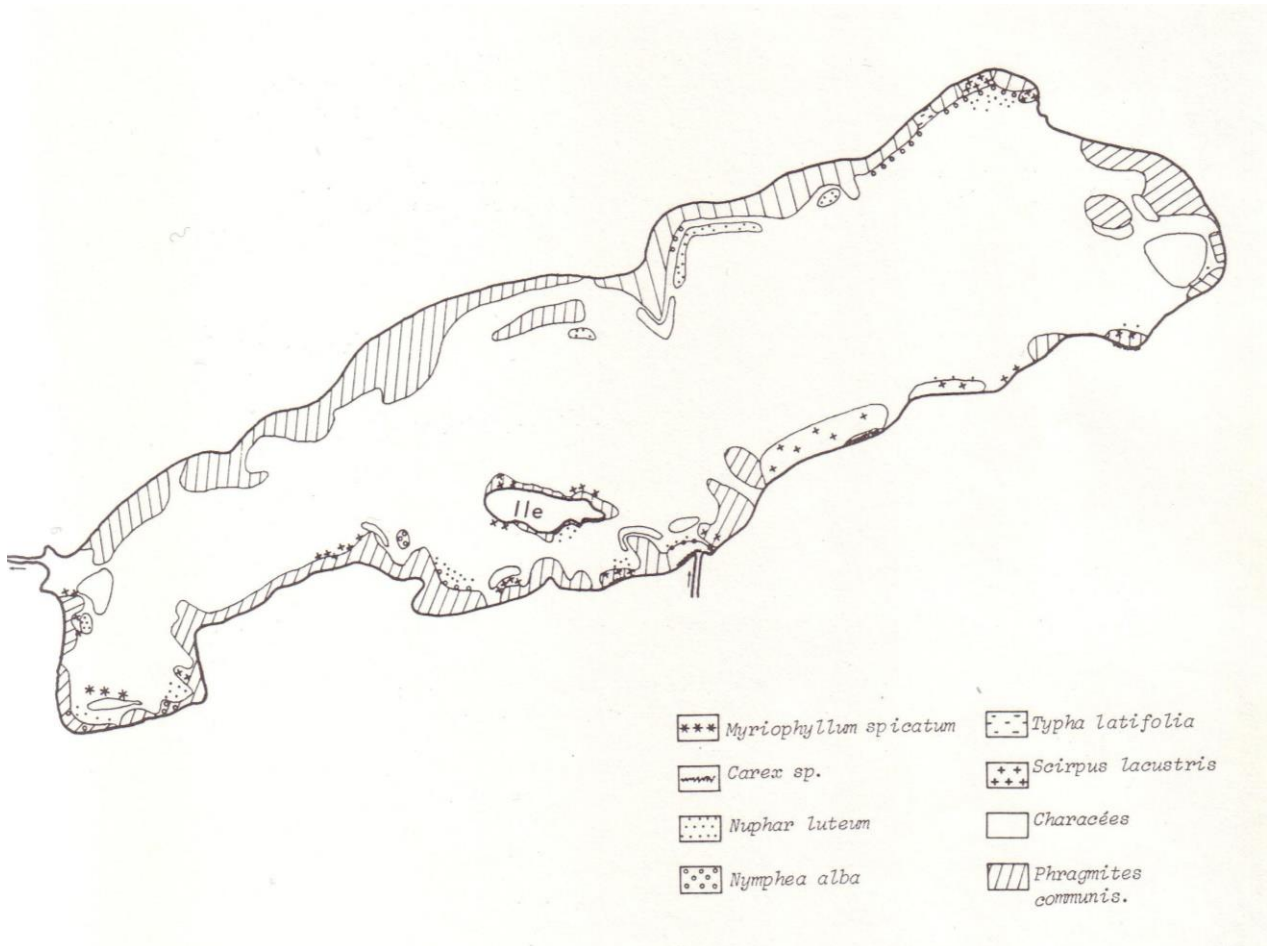
**ANNEXE 7 : Couverture végétale des bassins versants des lacs d'Ilay et des deux Maclu (1985-1986) :**



# ANNEXE 8 : Associations végétales des lacs Petit et Grand Maclu (1985).



**ANNEXE 9 : Composition des ceintures végétales du lac d'Ilay (1986).**



## ANNEXE 10 : Protocole de prélèvements et d'analyses (2002-2003).

Les prélèvements et les mesures de terrain ont été effectués par la DIREN de Franche-Comté aux dates de prélèvement indiquées dans le Tableau 2. Les prélèvements dédiés à la biologie des sédiments ont été effectués une première fois en octobre 2002 puis, au vu de la pauvreté des biocénoses obtenue, une deuxième campagne de vérification a été effectuée en collaboration avec le CEMAGREF de Lyon le 17 septembre 2003.

*Tableau 4 : Dates de prélèvement et de réception des échantillons de la diagnose du lac de Narlay*

Campagne de terrain		« été »	« fin de stratification estivale »	campagne supplémentaire	« brassage hivernal »	« printemps »
Mesures de terrain	Effectuées le	20/08/02	09/09/02	29/10/02	17/03/03	03/06/03
Eaux de surface	Prélevées	20/08/02*	09/09/02	-	17/03/03	03/06/03
	Reçues au labo.	23/08/02	12/09/02	-	19/03/03	04/06/03
Plancton	Prélevé	20/08/02	-	-	-	03/06/03
Sédiment	Prélevé	-	29/10/02	-	-	-
	Reçu au labo	-	04/11/02	-	-	-

*Tableau 5 : Dates de prélèvement et de réception des échantillons de la diagnose du Grand Maclu.*

Campagne de terrain		« été »	« fin de stratification estivale »	« brassage hivernal »	« printemps »
Mesures de terrain	Effectuées le	20/08/02	10/09/02	4/04/03	02/06/03
Eaux de surface	Prélevées	20/08/02*	10/09/02	4/04/03	02/06/03
	Reçues au labo.	23/08/02	12/09/02	8/04/03	04/06/03
Plancton	Prélevé	20/08/02	-	-	02/06/03
Sédiment	Prélevé	-	29/10/02	-	-
	Reçu au labo	-	04/11/02	-	-

*Tableau 6 : Dates de prélèvement et de réception des échantillons de la diagnose du Petit Maclu.*

Campagne de terrain		« été »	« fin de stratification estivale »	campagne supplémentaire	« brassage hivernal »	« printemps »
Mesures de terrain	Effectuées le	19/08/02	10/09/02	19/10/02	4/04/03	02/06/03
Eaux de surface	Prélevées	19/08/02*	10/09/02	-	4/04/03	02/06/03
	Reçues au labo.	23/08/02	12/09/02	-	8/04/03	04/06/03
Plancton	Prélevé	19/08/02	-	-	-	02/06/03
Sédiment	Prélevé	-	29/10/02	-	-	-
	Reçu au labo	-	04/11/02	-	-	-

*Tableau 7 : Dates de prélèvement et de réception des échantillons de la diagnose du lac d'Ilay.*

Campagne de terrain		« été »	« fin de stratification estivale »	« brassage hivernal »	« printemps »
Mesures de terrain	Effectuées le	21/08/02	09/09/02	17/03/03	02/06/03
Eaux de surface	Prélevées	21/08/02*	09/09/02	17/03/03	02/06/03
	Reçues au labo.	23/08/02	12/09/02	19/03/03	04/06/03
Plancton	Prélevé	21/08/02	-	-	02/06/03
Sédiment	Prélevé	-	28/10/02	-	-
	Reçu au labo	-	04/11/02	-	-

Les échantillons d'eau et de sédiment destinés à l'analyse physico-chimique sont conservés en flacons polyéthylène de 1 litre, au frais et à l'obscurité depuis le prélèvement jusqu'à la réception au laboratoire de Chimie des Eaux et des Sédiments du Cemagref de Lyon. Les échantillons biologiques des sédiments (oligochètes, mollusques) sont conservés dans le formol, ceux du plancton dans le lugol.

\* uniquement pour dosage pigments et carbone

## ANNEXE 11 : Méthode d'analyses utilisées (2002-2003)

<b>Eaux de surface et interstitielles</b>		
<b>Paramètres</b>	<b>Références</b>	<b>unités</b>
Transparence	Disque de Secchi	mètre
Température (profil vertical)	Thermomètre à sonde de profondeur	Degré Celsius
Oxygène dissous et (profils)	Oxymètre avec sonde de profondeur	mg/l
% de saturation en O2 dissous	Oxymètre avec sonde de profondeur	%
pH	NF T 90-008	Unité pH
Conductivité à 25°C	NF EN ISO 27888	μS/ cm
Matière en Suspension	NF EN 872	mg/l
Carbone Organique Total	NF T 90-102	mg/l
Azote Kjeldahl	NF EN 25663	mg/l
Phosphore total	NF T 90-023	mg/l
Fer total	FD T 90-112	mg/l
Hydrogénocarbonates HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NF EN ISO 9963-1	mg/l
Silice SiO <sub>2</sub>	NF T 90-007	mg/l
Nitrites NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NF EN 26777	mg/l
Nitrates NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NF EN ISO 13395	mg/l
Phosphates PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NF EN 1189	mg/l
Ammonium NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	NF T 90-015	mg/l
Chlorophylle_a et phéophytine_a	NF T 90-117	mg/m <sup>3</sup>
Manganèse Mn <sup>++</sup>	FD T 90-112	mg/l
<b>Sédiments</b>		
<b>Paramètres</b>	<b>Références</b>	<b>unités</b>
Granulométrie	CTGREF 1980	% poids sec
Refus > 2 mm	CTGREF 1980	%
Teneur en eau	CTGREF 1980	%
Carbonates CaCO <sub>3</sub>	CTGREF 1980	% poids sec
Perte au feu	CTGREF 1980	
Carbone organique	Analyse élémentaire Méthode interne instrumentale	% poids sec
Azote Kjeldahl		% poids sec
Phosphore total	CTGREF 1980	% poids sec
Phosphore PINA	Cemagref 1983	% poids sec

NB : Les analyses de phosphore interstitiel (P<sub>tot</sub> & PO<sub>4</sub>) sont effectuées après pressage du sédiment sous azote et acidification à pH 3.

Éléments soulignés : éléments mesurés à la fois dans l'eau et dans l'eau interstitielle.

## ANNEXE 12 : Physico-chimie des eaux de surface de Narlay (2002-2003)

Tableau 8 : Campagne de diagnose du 20/08/2002.

Paramètres	Profondeur					Intégré (0- 9 m)
pH terrain						
Conduct. terrain (microS/cm)						
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,45
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	3,10
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	1,9
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	0,5

Observations : Transparence : 3,6 m ; T° ext. : 19,0°C (10h30)

Tableau 9 : Campagne de diagnose du 09/09/2002.

Paramètres	Profondeur	- 1 m	- 8 m	- 15 m	- 38 m	Intégré (0- 13 m)
pH terrain		8,2	8,17	7,6	7,35	
Conduct. terrain (microS/cm)		213	240	270	291	
pH labo		8,2	8,1	7,6	7,5	8,1
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		230	260	290	310	250
M.E.S. (mg/l)		< 2	< 2	< 2	6	< 2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,35
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	3,05
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		< 0,5	0,5	< 0,5	1,8	0,6
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> )		< 0,02	0,02	< 0,02	0,03	< 0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> )		< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		< 0,04	< 0,04	0,25	1,30	0,04
Phosphore total (mg/l de P.)		0,02	0,02	0,10	0,04	0,04
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		< 0,03	< 0,03	0,05	0,04	0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		120	155	170	185	145
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		0,30	0,35	1,80	6,1	0,70
Fer (microg/l)		< 50	< 50	< 50	1713	< 50

Observations : Transparence : 5,2 m ; T° ext. : 18,0°C (10h30)

## ANNEXE 12 : Suite

Tableau 10 : Campagne de diagnose du 17/03/2003.

Paramètres	Profondeur	- 1 m	- 8 m	- 20 m	- 38 m	Intégré (0-8 m)
pH terrain		7,86	7,86	7,82	7,58	
Conduct. terrain (microS/cm)		257	257	259	273	
pH labo		7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		265	270	265	280	270
M.E.S. (mg/l)		< 2	< 2	2	4	2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	2,85
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	2,75
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		0,6	0,6	0,5	1,2	0,6
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		0,3	0,3	0,3	< 0,2	0,3
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		0,08	0,08	0,10	0,44	0,08
Phosphore total (mg/l de P.)		0,03	< 0,01	0,04	0,04	0,01
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		< 0,03	< 0,03	< 0,03	0,06	< 0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		165	170	170	180	170
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		1,3	1,2	1,4	2,5	1,4
Fer (microg/l)		< 50	53	53	691	54

Observations : Transparence : 3,2 m ; T°ext. : 11,0 °C (10h30)

Tableau 11 : Campagne de diagnose du 3/06/2003.

Paramètres	Profondeur	- 1 m	- 8 m	- 10 m	- 38 m	Intégré (0- 14m)
pH terrain		8,30	8,40	8,44	7,43	
Conduct. terrain (microS/cm)		246	245	240	305	
pH labo		8,4	8,5	8,5	8,0	8,2
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		260	255	260	300	265
M.E.S. (mg/l)		< 2	3	2	25	4
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,05
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	2,70
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	9,3
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	0,1
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		< 0,5	0,6	1,4	1,7	1,0
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,02	< 0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20	< 0,20
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		< 0,04	< 0,04	< 0,04	2,29	< 0,04
Phosphore total (mg/l de P.)		0,02	0,02	0,02	0,43	0,06
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		0,04	0,04	0,05	0,08	0,06
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		165	160	160	190	165
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		0,7	1,4	1,3	4,9	1,3
Fer (microg/l)		< 50	< 50	< 50	8558	112

Observations : Transparence : 5,7 m ; T°ext. : 17,0 °C (11h)

## ANNEXE 13 : Physico-chimie des eaux de surface du Grand Maclu (2002-2003)

Tableau 12 : Campagne de diagnose du 20/08/2002.

Paramètres	Profondeur					Intégré (0- 10 m)
pH terrain						
Conduct. terrain (microS/cm)						
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,30
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	3,05
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	1,9
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	0,4

Observations : Transparence : 3,5 m ; T° ext. : 21,5°C (10h30)

Tableau 13 : Campagne de diagnose du 10/09/2002.

Paramètres	Profondeur	- 1 m	- 5,5 m	- 10 m	- 26 m	Intégré (0- 9,5 m)
pH terrain		8,2	8,22	7,8	7,52	
Conduct. terrain (microS/cm)		222	223	276	281	
pH labo		8,1	8,1	7,7	7,5	8,1
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		245	240	300	300	255
M.E.S. (mg/l)		< 2	< 2	< 2	4	3
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,30
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	3,20
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		< 0,5	0,6	< 0,5	0,6	< 0,5
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		0,02	0,02	< 0,02	0,04	0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		1,0	1,0	1,9	0,7	1,2
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		< 0,04	0,09	0,07	0,37	0,04
Phosphore total (mg/l de P.)		0,02	< 0,01	0,01	0,10	0,01
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		140	140	174	180	150
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		0,50	0,50	1,6	5,0	0,75
Fer (microg/l)		< 50	< 50	484	919	< 50

Observations : Transparence : 3,8 m ; T° ext. : 12,4°C (11h)

## ANNEXE 13 : Suite

Tableau 14 : Campagne de diagnose du 04/04/2003.

Paramètres	Profondeur	-1 m	-5,5 m	-10 m	-26 m	Intégré (0- 14 m)
pH terrain		8,45	8,37	8,18	8,03	
Conduct. terrain (microS/cm)		266	263	265	266	
pH labo		7,1	7,4	7,6	7,7	7,8
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		250	265	275	280	270
M.E.S. (mg/l)		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	2,35
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	2,30
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		0,7	0,6	0,5	0,7	0,7
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		0,08	0,08	0,08	0,09	0,07
Phosphore total (mg/l de P.)		0,03	0,04	0,06	0,04	0,03
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		0,05	< 0,03	< 0,03	0,05	0,05
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		175	170	170	175	170
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		1,6	1,7	1,6	2,0	1,7
Fer (microg/l)		< 50	< 50	< 50	< 50	< 50

Observations : Transparence : 5,7 m ; T°ext. : 1,3 °C (11h)

Tableau 15 : Campagne de diagnose du 02/06/2003.

Paramètres	Profondeur	- 1 m	- 5 m	- 9 m	- 26 m	Intégré (0- 15m)
pH terrain		8,29	8,31	8,15	7,8	
Conduct. terrain (microS/cm)		253	256	264	270	
pH labo		8,4	8,3	8,4	8,2	8,3
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		270	280	270	285	275
M.E.S. (mg/l)		< 2	< 2	2	< 2	< 2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	2,60
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	2,55
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	1,7
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	0,5
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		0,5	0,8	< 0,5	< 0,5	0,5
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		1,4	1,7	1,5	1,5	1,7
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		< 0,04	< 0,04	0,04	0,10	< 0,04
Phosphore total (mg/l de P.)		0,03	< 0,01	0,03	0,03	0,03
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		0,06	< 0,03	0,06	0,05	0,06
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		170	175	170	180	170
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		1,4	1,5	0,5	2,6	0,9
Fer (microg/l)		< 50	< 50	< 50	51,4	< 50

Observations : Transparence : 6,1 m ; T°ext. : 18,0 °C (10h30)

## ANNEXE 14 : Physico-chimie des eaux de surface du Petit Maclu (2002-2003)

Tableau 16 : Campagne de diagnose du 19/08/2002.

Paramètres	Profondeur					Intégré (0- 10 m)
pH terrain						
Conduct. terrain (microS/cm)						
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,75
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	3,60
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	4,1
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	3,7

Observations : Transparence : 4,0 m ; T° ext. : 22°C (11 h)

Tableau 17 : Campagne de diagnose du 10/09/2002.

Paramètres	Profondeur	- 1 m	- 2,5 m	- 5 m	- 11,5 m	Intégré (0- 9,5 m)
pH terrain		8,27	8,29	7,43	7,40	
Conduct. terrain (microS/cm)		246	245	314	338	
pH labo		7,7	8,1	7,5	7,3	7,8
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		275	270	340	350	295
M.E.S. (mg/l)		4	3	4	13	5
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,70
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	3,65
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		< 0,5	0,7	0,9	1,5	0,5
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		< 0,02	< 0,02	0,12	< 0,02	0,03
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		< 0,04	0,11	0,45	1,25	0,14
Phosphore total (mg/l de P.)		0,02	0,10	0,01	0,03	0,01
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		< 0,03	0,24	< 0,03	0,04	< 0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		160	160	200	205	175
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		0,95	0,95	2,5	5,2	1,7
Fer (microg/l)		< 50	< 50	377	3815	195

Observations : Transparence : 3,8 m ; T° ext. : 14,5°C (13h)

## ANNEXE 14 : Suite

Tableau 18 : Campagne de diagnose du 04/04/2003.

Paramètres	Profondeur	- 1 m	- 2,5 m	- 5 m	- 11,5 m	Intégré (0- 10 m)
pH terrain		7,98	8,04	7,99	7,73	
Conduct. terrain (microS/cm)		283	283	284	316	
pH labo		7,8	7,9	7,8	7,8	7,8
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		285	295	270	335	315
M.E.S. (mg/l)		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	2,45
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	2,45
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		1,0	1,2	1,1	1,4	0,8
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		1,3	1,3	1,3	0,8	1,1
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		0,11	0,08	0,09	0,32	0,14
Phosphore total (mg/l de P.)		0,05	0,06	0,05	0,04	0,04
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		< 0,03	0,04	< 0,03	0,03	< 0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		190	185	190	200	190
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		1,2	1,2	1,2	2,4	1,5
Fer (microg/l)		< 50	< 50	< 50	146	85,5

Observations : Transparence : 4,5 m ; T°ext. : 1,0 °C (10h30)

Tableau 19 : Campagne de diagnose du 02/06/2003.

Paramètres	Profondeur	- 1 m	- 2,5 m	- 6 m	- 11,5 m	Intégré (0- 10m)
pH terrain		8,36	8,32	8,34	7,98	
Conduct. terrain (microS/cm)		286	284	288	298	
pH labo		8,4	8,4	8,5	8,4	8,3
Conduct. labo 25 °C (microS/cm)		300	300	305	315	305
M.E.S. (mg/l)		< 2	< 2	< 2	< 2	< 2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,05
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	2,90
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	1,7
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	1,9
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		0,5	< 0,5	0,5	< 0,5	< 0,5
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		0,9	1,0	1,0	0,8	1,0
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		0,05	< 0,04	< 0,04	0,08	0,05
Phosphore total (mg/l de P.)		0,04	< 0,01	0,03	0,02	< 0,01
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		190	185	190	195	190
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		< 0,1	< 0,1	0,1	1,3	0,4
Fer (microg/l)		< 50	< 50	< 50	59,3	< 50

Observations : Transparence : 5,2 m ; T°ext. : 19,6 °C (11h)

## ANNEXE 15 : Physico-chimie des eaux de surface d'Ilay (2002-2003)

Tableau 20 : Campagne de diagnose du 21/08/2002.

Paramètres	Profondeur					Intégré (0-11 m)
pH terrain		-	-	-	-	-
Conduct. terrain (microS/cm)		-	-	-	-	-
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,45
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	3,30
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	1,8
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	5,0

Observations : Transparence : 4,3 m ; T° ext. : 19,2°C (11 h)

Tableau 21 : Campagne de diagnose du 09/09/2002.

Paramètres	Profondeur	-1 m	-6 m	-12 m	-29 m	Intégré (0-10 m)
pH terrain		8,27	8,26	7,3	7,55	-
Conduct. terrain (microS/cm)		181	181	243	254	-
pH labo		8,2	8,2	7,7	7,5	8,1
Conduct. labo 25 °C(microS/cm)		195	200	260	265	205
M.E.S. (mg/l)		2	<2	<2	5	<2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	3,30
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	3,20
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		<0,5	0,5	0,6	1,1	<0,5
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> )		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> )		<0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,2
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		0,04	0,81*	0,27	<0,04	<0,04
Phosphore total (mg/l de P.)		0,03	0,04	0,03	0,05	0,01
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		<0,03	0,03	0,06	0,04	0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		115	115	150	155	120
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		0,15	0,15	1,65	2,1	0,40
Fer (microg/l)		<50	<50	114	1875	<50

Observations : Transparence : 4,0 m ; T°ext. : 18,0 °C (13h)

\* valeur aberrante, non prise en compte dans l'interprétation

## ANNEXE 15 : Suite

Tableau 22 : Campagne de diagnose du 17/03/2003.

Paramètres	Profondeur	-1 m	-6m	-20m	-29 m	Intégré (0-13 m)
pH terrain		8,08	8,09	8,10	8,08	
Conduct. terrain (microS/cm)		228	228	229	228	
pH labo		7,1	7,6	7,9	7,9	7,9
Conduct. labo 25 °C(microS/cm)		220	235	240	245	235
M.E.S. (mg/l)		<2	<2	<2	<2	<2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	2,65
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	2,60
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	-
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		0,6	0,6	0,7	0,6	0,6
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		0,10	0,10	0,09	0,10	0,08
Phosphore total (mg/l de P.)		0,04	0,02	0,01	0,03	0,02
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		150	150	150	150	150
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		0,9	0,8	0,8	0,8	0,9
Fer (microg/l)		<50	<50	<50	<50	<50

Observations : Transparence : 5,1 m ; T°ext. : 13,0°C (12h30)

Tableau 23 : Campagne de diagnose du 02/06/2003.

Paramètres	Profondeur	-1m	-6m	-10m	-29m	Intégré (0-15m)
pH terrain		8,39	8,34	8,37	7,82	
Conduct. terrain (microS/cm)		223	223	225	235	
pH labo		8,3	8,3	8,3	8,2	8,3
Conduct. labo 25 °C(microS/cm)		235	240	240	245	240
M.E.S. (mg/l)		<2	<2	2	<2	<2
C.O.T. (mg/l)		-	-	-	-	2,80
C.O.D. <0,22 microns (mg/l)		-	-	-	-	2,80
Chlorophylle_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	1,1
Phéophytine_a (mg/m <sup>3</sup> )		-	-	-	-	0,3
Azote Kjeldahl (mg/l de N)		1,4	0,7	0,6	0,6	0,7
Nitrite (mg/l de NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrate (mg/l de NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		0,5	0,5	0,8	0,6	0,6
Azote ammoniacal (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )		<0,04	0,05	0,05	0,26	0,04
Phosphore total (mg/l de P.)		0,01	0,03	0,05	0,03	0,02
Orthophosphate (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )		0,03	<0,03	<0,03	0,05	<0,03
Hydrogénocarbonate (mg/l de HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )		145	145	150	150	150
Silice (mg/l de SiO <sub>2</sub> )		0,1	0,1	<0,1	1,8	0,1
Fer (microg/l)		<50	<50	<50	98	<50

Observations : Transparence : 6,1 m ; T°ext. : 18°C (11h)

## ANNEXE 16 : Physico-chimie du sédiment des 4 lacs (2002-2003)

Paramètres	lac de Narlay 29/10/2002	lac Grand Maclu 29/10/2002	lac Petit Maclu 29/10/2002	lac d'Ilay 28/10/2002
<b>Phase solide</b>				
<b>Granulométrie</b> (% du poids sec)				
0 à 50 microns (%)	98,3	90,0	76,7	91,0
50 à 200 microns (%)	1,7	9,2	22,3	8,2
200 à 500 microns (%)	0	0,8	1,0	0,8
500 à 2 000 microns (%)	0	0	0	0
refus > 2 mm (g P.sec/l)	0	0	0	0
<b>Teneur en eau</b> (% du poids humide)				
	84,2	84,8	90,6	88,4
<b>Carbonate de calcium</b> CaCO <sub>3</sub> (% du poids sec)				
	60,7	67,7	26,4	55,6
<b>Perte au feu</b> (% du poids sec)				
	14,4	14,1	34,1	20,5
<b>Carbone organique</b> (% du poids sec)				
	5,6	6,5	16,5	9,3
<b>Azote kjeldahl</b> (% du poids sec)				
	0,60	0,50	1,30	0,80
<b>C/N</b>				
	9,3	13,0	12,7	11,6
<b>Phosphore total</b> (% du poids sec)				
	0,39	0,05	0,08	0,08
<b>Phosphore PINA</b> (% du poids sec)				
	0,347	0,022	0,042	0,036
<b>Eau interstitielle</b>				
<b>pH</b>				
	7,0	7,3	7,2	6,8
<b>Conductivité à 25°C</b> (microS/cm)				
	460	385	475	420
<b>Azote Kjeldahl</b> (mg/l de N)				
	12,6	5,3	7,8	10,5
<b>Phosphore total</b> (mg/l de P)				
	0,93	0,17	0,42	0,57
<b>Orthophosphate</b> (mg/l de PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )				
	2,40	0,37	1,13	1,75
<b>Azote ammoniacal</b> (mg/l de NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )				
	13,4	3,50	9,20	9,8
<b>Calcium</b> (mg/l de Ca <sup>++</sup> )				
	75	73	88	73

# ANNEXE 17: Résultats des mesures des profils de température et d'oxygène des 4 lacs (2002-2003)

Tableau 24 : Lac de Narlay.

profils des paramètres de terrain																				
20-août-02				9-sept-02				29-oct-02				17-mars-03				3-juin-03				
prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	O2 à %sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.
0	21,6	9,6	120,0	0	19,1	9,3	110,7	0	11,7	9,3	93,9	0	4,5	8,2	69,8	11,7	0	20,7	7,8	95,9
1	21,6	9,6	120,0	1	19,1	9,3	110,7	1	11,7	9,3	93,9	1	4,5	8,0	68,1	11,7	1	20,0	7,7	93,2
2	21,6	9,6	120,0	2	19,1	9,2	109,5	2	11,7	9,3	93,9	2	4,5	7,9	67,3	11,7	2	19,2	8,3	98,4
3	21,6	9,6	120,0	3	19,1	9,2	109,5	3	11,7	9,3	93,9	3	4,5	7,9	67,3	11,7	3	16,9	8,7	99,0
4	21,5	9,7	120,9	4	19,1	9,3	110,1	4	11,7	9,3	93,9	4	4,5	7,9	67,3	11,7	4	16,1	8,9	99,6
5	20,2	10,8	131,2	5	19,1	9,3	110,7	5	11,7	9,3	93,9	5	4,3	7,9	66,5	11,8	5	14,8	9,8	106,6
6	19,3	11,2	133,8	6	19,0	9,4	111,6	6	11,4	9,3	93,3	6	4,3	7,8	66,1	11,8	6	11,5	11,5	116,3
7	15,8	16,0	177,8	7	18,6	9,7	114,3	7	11,3	9,3	93,2	7	4,3	7,8	66,1	11,8	7	9,8	11,5	111,8
8	11,4	15,5	156,4	8	14,2	14,6	156,8	8	11,3	9,3	93,2	8	4,3	7,7	65,3	11,8	8	8,4	11,5	108,1
9	9,8	15,4	149,7	9	11,3	14,4	145,0	9	11,3	9,3	93,2	9	4,3	7,7	64,8	11,8	9	7,4	11,6	106,3
10	8,4	14,0	131,6	10	9,3	14,3	137,4	10	11,3	9,2	92,1	10	4,3	7,6	64,4	11,8	10	6,3	12,1	107,9
11	7,7	15,5	143,1	11	8,3	14,7	137,8	11	11,2	9,1	91,4	11					11	5,8	10,5	92,6
12	7,2	13,0	118,6	12	7,4	15,1	138,4	12	11,1	9,2	92,2	12					12	5,4	8,5	74,2
13	6,4	12,0	107,3	13	6,4	9,5	85,0	13	7,5	11,5	105,7	13					13	4,7	4,3	36,8
14	6,0	6,0	53,1	14	5,7	0,3	2,6	14	7,0	5,0	45,4	14					14	4,4	4,1	34,8
15	5,6	0,4	3,3	15	5,3	0,2	1,7	15	6,0	0,1	0,9	15	4,2	7,4	62,6	11,8	15	4,3	4,0	33,9
20	5,0	0,1	0,9	20	4,7	0,1	0,9	20	4,8	0,1	0,9	20	4,2	6,1	51,6	11,8	20	4,3	1,9	16,1
25				25	4,5	0,1	0,8	25	4,6	0,1	0,9	25	3,8	5,5	46,0	12,0	25	4,2	0,2	1,7
30	4,6	0,1	1,1	30	4,5	0,1	0,6	30	4,6	0,1	0,9	30	3,9	3,6	30,2	11,9	30	4,2	0,3	2,5
35				35	4,5	0,0	0,2	35	4,6	0,1	0,9	35	4,0	1,5	12,6	11,9	35	4,2	0,3	2,5
38				38				38	4,5	0,1	0,9	38	4,2	0,3	2,5	11,8	38	4,3	0,7	5,9
40	5,3	0,4	3,3	40	4,5	0,0	0,3	40				40					40			

Tableau 25 : Lac du Grand Macflu.

profils des paramètres de terrain																
20-août-02				10-sept-02				4-avr-03				2-juin-03				
prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	O2 à %sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.
0	20,5	9,4	114,6	0	17,8	9,5	109,7	0	6,1	9,6	84,9	11,3	0	19,9	8,0	96,4
1	20,5	9,3	113,4	1	17,8	9,5	109,7	1	6,1	9,5	83,6	11,3	1	19,8	7,9	95,1
2	20,5	9,3	113,4	2	17,8	9,5	109,7	2	6,1	9,4	83,1	11,3	2	17,0	8,2	93,2
3	19,7	10,3	123,6	3	17,8	9,5	109,7	3	6,2	9,4	83,3	11,3	3	15,6	8,2	90,4
4	18,5	10,8	126,5	4	17,7	9,4	108,4	4	6,1	9,3	82,2	11,3	4	15,1	8,3	90,6
5	18,1	10,9	126,7	5	17,7	9,5	109,6	5	5,6	9,3	81,2	11,5	5	14,5	8,3	89,4
6	17,3	11,4	130,3	6	17,6	9,5	109,3	6	5,7	9,2	80,5	11,4	6	13,3	8,7	92,2
7	14,7	13,8	149,4	7	18,1	12,1	140,7	7	5,3	9,2	79,7	11,5	7	11,5	9,4	94,7
8	12,9	12,8	133,2	8	12,9	11,3	117,6	8	5,0	9,1	78,0	11,7	8	9,1	9,3	88,6
9	11,1	11,8	118,1	9	10,3	9,5	92,6	9	4,8	9,0	77,0	11,7	9	8,1	9,0	83,7
10	9,9	10,4	101,4	10	8,9	8,0	75,8	10	4,6	9,0	76,5	11,8	10	6,9	7,0	63,1
11				11	8,5	7,4	69,5	11					11	6,6	8,5	76,1
12				12	8,1	7,7	71,6	12					12			
13				13	7,8	6,3	58,2	13					13			
14				14	7,5	5,8	53,1	14					14			
15	6,8	4,9	44,1	15	7,1	4,8	43,6	15	4,2	8,3	69,8	11,9	15	5,4	6,5	56,5
16				16	6,8	3,2	28,8	16					16			
17				17	6,7	2,6	23,3	17					17			
18				18	6,6	2,3	20,6	18					18			
20	6,6	3,8	34,0	20	6,5	1,7	15,2	20	4,1	8,2	68,8	11,9	20	5,2	5,5	47,3
25	6,5	0,2	1,8					25					25	5,2	3,8	32,6
26				26	6,4	0,1	1,2	26					26			
27				27				27	4,2	7,4	62,2	11,9	27	5,9	0,3	2,6

## ANNEXE 17: Suite

Tableau 26 : Lac du Petit Maclu.

profils des paramètres de terrain																				
19-août-02				10-sept-02				29-oct-02				4-avr-03				2-juin-03				
prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	O2 à %sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.
0	21,7	9,8	121,7	0	17,8	10,6	122,4	0	9,6	8,4	81,0	0	6,4	8,9	79,3	11,2	0	20,3	7,4	90,6
1	21,4	9,8	121,6	1	17,9	10,6	122,1	1	9,6	8,4	81,0	1	6,4	8,8	78,4	11,2	1	20,3	7,4	90,6
2	20,0	10,1	122,0	2	17,8	10,6	122,4	2	9,6	8,4	81,0	2	6,4	8,8	78,4	11,2	2	17,4	7,9	90,5
3	18,6	10,5	123,2	3	17,8	10,5	121,2	3	9,6	8,3	80,0	3	6,4	8,7	77,5	11,2	3	15,8	7,9	87,5
4	17,9	10,4	120,4	4	17,8	10,5	121,2	4	9,6	8,2	79,1	4	6,4	8,6	76,6	11,2	4	15,0	7,9	86,1
5	17,2	10,3	117,0	5	17,7	10,4	120,0	5	9,6	8,2	79,1	5	6,3	8,3	73,8	11,3	5	13,3	9,4	98,6
6	16,1	10,1	112,6	6	16,4	7,3	82,2	6	9,6	8,2	79,1	6	5,9	7,8	68,2	11,4	6	10,4	10,5	103,1
7	13,4	4,4	46,3	7	14,4	2,0	21,5	7	9,6	8,2	78,6	7	5,2	6,3	54,1	11,6	7	8,6	10,1	95,1
8	12,2	1,1	11,5	8	12,8	0,1	1,0	8	9,6	8,2	78,6	8	5,1	4,9	42,0	11,7	8	7,9	8,4	77,7
9	11,1	0,2	2,0	9	11,2	0,1	1,0	9	9,6	8,2	78,6	9	5,1	4,4	37,7	11,7	9	7,6	6,9	63,4
10	10,3	0,2	2,2	10	10,8	0,1	1,0	10	9,6	8,1	78,1	10	5,1	3,4	29,1	11,7	10	7,4	5,7	52,1
11				11	10,4	0,1	1,2	11	9,5	7,9	76,0	11	5,0	3,6	30,8	11,7	11	7,3	3,6	32,8

Tableau 27 : Lac d'Ilay.

profils des paramètres de terrain																
21-août-02				9-sept-02				17-mars-03					2-juin-03			
prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.	O2 à %sat.	prof.	temp.	O2 dis.	%sat.
0	21,0	9,3	115,1	0	18,6	9,6	113,3	0	4,9	11,0	94,8	11,60	0	20,6	8,5	104,4
1	20,9	9,3	115,5	1	18,6	9,5	112,2	1	4,7	10,1	86,6	11,66	1	20,6	7,8	95,2
2	20,9	9,3	115,5	2	18,6	9,5	112,2	2	4,6	10,1	86,4	11,69	2	20,5	7,8	95,6
3	20,8	9,2	113,4	3	18,6	9,5	112,2	3	4,5	10,0	85,3	11,73	3	17,3	7,9	90,8
4	20,4	9,8	119,8	4	18,6	9,5	112,2	4	4,4	9,9	84,2	11,76	4	16,0	7,9	88,4
5	19,1	10,8	128,9	5	18,6	9,5	112,2	5	4,4	9,9	84,2	11,76	5	15,3	7,9	87,1
6	18,6	10,8	127,5	6	18,6	9,5	112,2	6	4,3	9,9	84,2	11,79	6	15,0	7,8	85,4
7	18,2	10,7	125,3	7	18,3	9,4	110,3	7	4,3	9,9	84,2	11,79	7	14,4	7,9	85,4
8	17,0	10,5	120,0	8	18,3	9,5	111,5	8	4,3	9,9	84,2	11,79	8	12,6	8,9	92,4
9	14,5	10,5	113,8	9	15,7	9,4	104,4	9	4,3	9,8	83,1	11,79	9	10,1	9,2	90,2
10	11,5	8,7	86,1	10	12,0	7,5	76,8	10	4,3	9,8	83,1	11,79	10	8,6	9,0	85,2
11	10,0	7,3	71,4	11	10,1	5,5	53,9	11	4,3	9,8	83,1	11,79				
12	9,2	5,8	55,7	12	9,5	3,2	30,9	12	4,3	9,7	82,3	11,79				
13	8,6	6,1	57,8	13	8,9	3,9	37,2	13	4,3	9,7	82,3	11,79				
14	8,3	6,3	59,2	14	8,5	4,3	40,6	14	4,3	9,7	82,3	11,79	15	6,8	7,5	67,9
15	8,0	5,0	46,6	15	8,2	2,8	26,2	15	4,3	9,6	81,4	11,79				
16	7,8	3,0	28,2	16	8,0	2,1		16	4,3	9,6	81,4	11,79	20	6,0	5,5	48,8
17	7,5	2,4	22,3	17	7,8	1,6		17	4,3	9,6	81,4	11,79	25	6,0	5,5	48,8
18	7,4	1,9	17,7	18	7,6	1,1		18	4,3	9,5	80,6	11,79	26	6,0	5,5	48,8
19	7,2	1,2	11,1	19	7,4	0,6		19	4,3	9,5	80,6	11,79	27	6,0	5,5	48,8
20	7,1	0,6	5,5	20	7,3	0,0	0,4	20	4,3	9,5	80,6	11,79	28	5,8	5,5	48,5
25	6,9	0,1	0,9	25	7,0	0,1	0,9	25	4,2	3,3	27,9	11,82	29	6,0	2,5	22,2
30	6,9	0,1	0,9	29,5	7,0	0,2	1,8	31	4,3	0,4	3,4	11,79	30	5,9	0,7	6,2

## ANNEXE 18 : Grille d'aide à l'interprétation des principaux paramètres de la diagnose rapide (2002-2003)

**Gammes de variation de quelques paramètres de la diagnose rapide relevées dans un panel d'une cinquantaine de plans d'eau du Bassin RMC (selon rapport CEMAGREF 2003b)**

Compartiment fonctionnel	paramètre	Très faible	faible	moyen	élevé	Très élevé
Nutrition	P total hiver (microg/l)	< 3	3 à 10	10 à 25	25 à 100	> 100
	N total hiver (mg/l)	< 0,3	0,3 à 0,65	0,65 à 1,1	1,1 à 2,7	> 2,7
	N minéral hiver (mg/l)	< 0,1	0,1 à 0,25	0,25 à 0,6	0,6 à 1,5	> 1,5
	SiO <sub>2</sub> hiver (mg/l)	< 0,5	0,5 à 2	2 à 4	4 à 10	> 10
Production	Transparence été (m)	< 1,25	1,25 à 3	3 à 5	5 à 10	> 10
	Chlo.a+phéo.a été (mg/m <sup>3</sup> )	< 1,0	1,0 à 2,3	2,3 à 6,0	6,0 à 25	> 25
Dégradation	Cons. totale en O <sub>2</sub> (mg/l)	< 1	1 à 3	3 à 6	6 à 9	> 9
	Cons. journ. O <sub>2</sub> (mg/m <sup>3</sup> /j)	< 1	1 à 15	15 à 30	30 à 60	> 60
Stockage M.O. du sédiment	Perte au feu (%)	< 2,5	2,5 à 5,5	5,5 à 10	10 à 30	> 30
	N kjeldahl (%)	< 0,1	0,1 à 0,25	0,25 à 0,4	0,4 à 1	> 1
Stockage minéral du sédiment	P total (%)	< 0,02	0,02 à 0,05	0,05 à 0,1	0,1 à 0,25	> 0,25
	PINA (%)	< 0,01	0,01 à 0,025	0,025 à 0,05	0,05 à 0,15	> 0,15
Relargage	P tot eau interst. (mg/l)	< 0,05	0,05 à 0,15	0,15 à 0,5	0,5 à 2,5	> 2,5
	N tot eau interst. (mg/l)	< 2	2 à 4	4 à 8	8 à 15	> 15
	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> eau interst.(mg/l)	< 1	1 à 4	4 à 6	6 à 16	> 16

# ANNEXE 19 : Indices chimiques et biologiques caractérisant le lac de Narlay (2002-2003)

	<b>P total</b> en mg/l	<b>Indice P total hiver (I<sub>PTH</sub>)</b>	<b>Indice Nutrition</b> moyenne I P tot et I N tot hiver
intégré	0,01	35,8	
	<b>N total</b> en mg/l	<b>Indice N total hiver (I<sub>NTH</sub>)</b>	
intégré	0,670	35,7	35,7
N total = NK+ N-NO <sub>2</sub> +N-NO <sub>3</sub>			

	<b>Chloro_a+Phéop_a</b> en mg/m <sup>3</sup>	<b>Indice Pigments (I<sub>C</sub>)</b>	<b>Indice Production</b> moyenne I pigments et I Transp.
printemps	9,4		
été	2,4		
fin d'été			
moyenne	5,9	49,8	
	<b>Secchi</b> en m	<b>Indice Transparence (I<sub>T</sub>)</b>	
printemps	5,7		
été	3,6		
fin d'été	5,2		
moyenne	4,8	36,5	43,2

	<b>consommation journalière en O<sub>2</sub> dissous</b> en mg/m <sup>3</sup> /j	<b>(I<sub>O<sub>2</sub></sub>)</b>	<b>Indice Dégradation</b>
	25,1	45,8	45,8

	<b>Perte au feu du sédiment</b> en % du poids sec	<b>(I<sub>PF</sub>)</b>	<b>Indice Stockage Mat. Org. du sédiment</b>
	14,4	61,4	61,4

	<b>P total du sédiment</b> en % du poids sec	<b>(I<sub>PTS</sub>)</b>	<b>Indice Stockage minéraux du sédiment</b>
	0,39	86,5	86,5

	<b>P total eau interstitielle</b> en mg/l	<b>(I<sub>PTI</sub>)</b>	<b>Indice Relargage</b> moyenne I P tot et I NH <sub>4</sub> eau interstielle
	0,93	62,0	
	<b>N-NH<sub>4</sub> de l'eau interstitielle</b> en mg/l	<b>(I<sub>NH4I</sub>)</b>	
	10,4	64,5	63,2
NH <sub>4</sub> en N			

	<b>EOS2</b>		<b>Indice Oligochètes I<sub>OL</sub></b>
		3,3	70,9

	<b>IMOL</b>		<b>Indice Mollusques I<sub>M</sub></b>
		4,0	52

			<b>Indice Plancton IP</b>
			51,5

## ANNEXE 20 : Indices chimiques et biologiques caractérisant le lac du Grand Maclu (2002-2003)

P total en mg/l		Indice P total hiver ( $I_{PTH}$ )	Indice Nutrition moyenne I P tot et I N tot hiver
intégré	0,03	54,7	
N total en mg/l		Indice N total hiver ( $I_{NTH}$ )	51,7
intégré	1,064	48,8	
N total = NK+ N-NO <sub>2</sub> +N-NO <sub>3</sub>			

Chloro_a+Phéop_a en mg/m <sup>3</sup>		Indice Pigments ( $I_C$ )	Indice Production moyenne I pigments et I Transp.
printemps	2,2	34,4	
été	2,3		
fin d'été			
moyenne	2,3		
Secchi en m		Indice Transparence ( $I_T$ )	36,6
printemps	6,1	38,8	
été	3,5		
fin d'été	3,8		
moyenne	4,47		

consommation journalière en O <sub>2</sub> dissous en mg/m <sup>3</sup> /j		( $I_{O_2}$ )	Indice Dégradation
	31,9	50,6	50,6

Perte au feu du sédiment en % du poids sec		( $I_{PF}$ )	Indice Stockage Mat. Org. du sédiment
	14,1	60,9	60,9

P total du sédiment en % du poids sec		( $I_{PTS}$ )	Indice Stockage minéraux du sédiment
	0,05	37,4	37,4

P total eau interstitielle en mg/l		( $I_{PTI}$ )	Indice Relargage moyenne I P tot et I NH <sub>4</sub> eau interstielle
	0,17	37,6	
N-NH <sub>4</sub> de l'eau interstitielle en mg/l		( $I_{NH4}$ )	38,9
	2,7	40,1	
NH <sub>4</sub> en N			

EOS2		Indice Oligochètes $I_{OL}$
	7,3	53,7

IMOL		Indice Mollusques $I_M$
	7,0	35,4

Indice Plancton IP	
	42,5

# ANNEXE 21 : Indices chimiques et biologiques caractérisant le lac du Petit Maclu (2002-2003)

	<b>P total</b> en mg/l	<b>Indice P total hiver (I<sub>PTH</sub>)</b>	
intégré	0,04	59,6	<b>Indice Nutrition</b> moyenne I P tot et I N tot hiver  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">54,0</div>
N total = NK+ N-NO <sub>2</sub> +N-NO <sub>3</sub>			
	<b>N total</b> en mg/l	<b>Indice N total hiver (I<sub>NTH</sub>)</b>	
intégré	1,049	48,4	
printemps	3,6		<b>Indice Production</b> moyenne I pigments et I Transp.  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">44,1</div>
été	7,8		
fin d'été			
moyenne	5,7	49,2	
	<b>Secchi</b> en m	<b>Indice Transparence (I<sub>T</sub>)</b>	
printemps	5,2		
été	4,3		
fin d'été	3,8		
moyenne	4,43	39,0	
	<b>consommation journalière en O<sub>2</sub> dissous</b> en mg/m <sup>3</sup> /j	<b>(I<sub>O<sub>2</sub></sub>)</b>	<b>Indice Dégradation</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">45,5</div>
	24,7	45,5	
	<b>Perte au feu du sédiment</b> en % du poids sec	<b>(I<sub>PF</sub>)</b>	<b>Indice Stockage Mat. Org. du sédiment</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">81,2</div>
	34,1	81,2	
	<b>P total du sédiment</b> en % du poids sec	<b>(I<sub>PTS</sub>)</b>	<b>Indice Stockage minéraux du sédiment</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">48,7</div>
	0,08	48,7	
	<b>P total eau interstitielle</b> en mg/l	<b>(I<sub>PTI</sub>)</b>	<b>Indice Relargage</b> moyenne I P tot et I NH <sub>4</sub> eau interstielle  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">54,1</div>
	0,42	50,6	
	<b>N-NH<sub>4</sub> de l'eau interstitielle</b> en mg/l	<b>(I<sub>NH4I</sub>)</b>	
	7,2	57,6	
	<b>NH<sub>4</sub> en N</b>		
	<b>EOS2</b>	<b>Indice Oligochètes I<sub>OL</sub></b>	
	2,7	74,6	
	<b>IMOL</b>	<b>Indice Mollusques I<sub>M</sub></b>	
	4,0	52,2	
		<b>Indice Plancton IP</b>	
		47,0	

## ANNEXE 22 : Indices chimiques et biologiques caractérisant le lac d'Ilay (2002-2003)

	<b>P total</b> en mg/l	<b>Indice P total hiver (I<sub>PTH</sub>)</b>	
hiver	0,02	47,7	<b>Indice Nutrition</b> moyenne I P tot et I N tot hiver  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">43,1</div>
<small>N total = NK+ N-NO2+N-NO3</small>			
	<b>N total</b> en mg/l	<b>Indice N total hiver (I<sub>NTH</sub>)</b>	
hiver	0,737	38,4	
<b>Chloro_a+Phéop_a</b> en mg/m <sup>3</sup>			
printemps	1,4	<b>Indice Pigments (I<sub>c</sub>)</b>	<b>Indice Production</b> moyenne I pigments et I Transp.  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">40,3</div>
été	6,8		
fin d'été	4,1		
moyenne	4,1		
	<b>Secchi</b> en m	<b>Indice Transparence (I<sub>T</sub>)</b>	
printemps	6,1	<b>Indice Transparence (I<sub>T</sub>)</b>	<b>Indice Dégradation</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">49,3</div>
été	4,3		
fin d'été	4		
moyenne	4,8		
<b>consommation journalière en O<sub>2</sub> dissous</b> en mg/m <sup>3</sup> /j		<b>(I<sub>O<sub>2</sub></sub>)</b>	
30,0		49,3	
<b>Perte au feu du sédiment</b> en % du poids sec		<b>(I<sub>PF</sub>)</b>	<b>Indice Stockage Mat. Org. du sédiment</b>
fin d'été	20,5	69,5	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">69,5</div>
<b>P total du sédiment</b> en % du poids sec		<b>(I<sub>PTS</sub>)</b>	<b>Indice Stockage minéraux du sédiment</b>
fin d'été	0,08	48,7	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">48,7</div>
<b>P total eau interstitielle</b> en mg/l		<b>(I<sub>PTI</sub>)</b>	<b>Indice Relargage</b> moyenne I P tot et I NH <sub>4</sub> eau interstitielle  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">56,8</div>
fin d'été	0,57	54,9	
<b>N-NH<sub>4</sub> de l'eau interstitielle</b> en mg/l		<b>(I<sub>NH<sub>4</sub></sub>)</b>	
fin d'été	7,6	58,6	
<b>NH<sub>4</sub> en N</b>			
<b>EOS2</b>		1,2	<b>Indice Oligochètes I<sub>OL</sub></b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">86,2</div>
<b>IMOL</b>		1	<b>Indice Mollusques I<sub>M</sub></b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">82</div>
			<b>Indice Plancton IP</b>  <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">46,0</div>

## ANNEXE 23 : Mode de calcul du Nouvel Indice Phytoplancton (2002-2003)

Le calcul du nouvel indice proposé (Cemagref 2003), est calculé comme ( $Q_i \times A_j$ ).

- Les notes des groupes ( $Q_i$ ) sont définies ci-après :

Groupes algaux repères	$Q_i$
Desmidiées	1
Diatomées	3
Chrysophycées	5
Dinophycées et Cryptophycées	9
Chlorophycées (sauf Desmidiées)	12
Cyanophycées	16
Eugléniens	20

- Et l'échelle d'abondance relative ( $A_j$ ) est définie comme suit :

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

## ANNEXE 24 : Inventaire des plantes rares ou protégées des 4 lacs.

(Source : Atlas des plantes rares et protégées de Franche-Comté, Y. FERREZ, J.F. PROST, 2001)

La Chaux-du-Dombief	Le Frasnois	Chatelneuf
Aconit anthora <i>Aconitum anthora</i>	Oeillet superbe <i>Dianthus superbus</i>	Gentiane pneumonanthe <i>Gentiana pneumonanthe</i>
Anthyllide des montagnes <i>Anthyllis Montana</i>	Gentiane pneumonanthe <i>Gentiana pneumonanthe</i>	Gymnadénie très odorante <i>Gymnadenia odoratissima</i>
Œillet superbe <i>Dianthus superbus</i>	Ophrys araignée <i>Ophrys sphegodes</i>	Grassette vulgaire <i>Pinguila vulgaris</i>
Rossolis à feuilles rondes <i>Drosera rotundifolia</i>	Orchis de Spitzel <i>Orchis spitzelii</i>	
Gentiane pneumonanthe <i>Gentiana pneumonanthe</i>	Orchis brûlé d'été <i>Orchis ustulata</i>	
Epervière lisse <i>Hieracium laevigatum</i>	Pédiculaire des forêts <i>Pedicularis sylvatica</i>	
Epervière à feuille de scorzonère <i>Hieracium scorzonerifolium</i>	Grassette vulgaire <i>Pinguila vulgaris</i>	
Nénuphar du Jura <i>Nuphar jurana</i>	Fougère des marais <i>Thelypteris palustris</i>	
Ophrys araignée <i>Ophrys sphegodes</i>		
Grassette vulgaire <i>Pinguila vulgaris</i>		
Troscart des marais <i>Triglochin palustris</i>		

## ANNEXE 25 : Les coléoptères (Cerambycidae) et libellules présents sur les bassins versants des 4 lacs.

(Sources : JY ROBERT, 1997, Atlas commenté des insectes de Franche-Comté tome 1)

(Source : JM PROT, 2001, Atlas commenté des insectes de Franche-Comté tome 2)

<i>Agapanthia villosviridescens</i>	
<i>Agapanthia violacea</i>	
<i>Acanthocinus reticulatus</i>	"Longicorne"
<i>Saperda scalaris</i>	Saperde sclérifié
<i>Compsidia populnea</i>	

<i>Calopteryx splendens splendens</i>	Le Caloptéryx éclatant
<i>Calopteryx virgo virgo</i>	Le Caloptéryx vierge
<i>Platycnemis pennipes</i>	L'Agrion à large pattes
<i>Coenagrion puella</i>	L'Agrion jovencelle
<i>Coenagrion pulchellum</i>	L'Agrion gracieux
<i>Enallagma cyathigerum</i>	L'Agrion porte coupe
<i>Ischnura elegans</i>	L'Agrion élégant
<i>Pyrrhosoma nymphula</i>	La Nymphé au corps de feu
<i>Aeschna cyanea</i>	L'Aeschne bleue
<i>Aeschna grandis</i>	La Grande aeschne
<i>Anax imperator</i>	L'Anax empereur
<i>Brachytron pratense</i>	L'Aeschne printanière
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	Le Gomphe à pince
<i>Cordulegaster boltonii</i>	Le Cordulégastré annelé
<i>Cordulia aenea</i>	La Cordulie bronzée
<i>Somatochlora metallica</i>	La Cordulie métallique
<i>Leucorrhinia albifrons</i>	La Leucorrhine à front blanc
<i>Libellula quadrimaculata</i>	La Libellule à quatre tâches
<i>Orthetrum cancellatum</i>	L'Orthétrum réticulé
<i>Sympetrum danae</i>	Le Sympétrum noir
<i>Sympetrum sanguineum</i>	Le Sympétrum rouge sang
<i>Sympetrum vulgatum</i>	Le Sympétrum vulgaire

## ANNEXE 26 : Les Amphibiens et Reptiles observés près des 4 lacs.

(Source : H PINSTON 2000, Atlas commenté des Amphibiens et Reptiles de Franche-Comté)

<i>Salamandra salamandra</i>	Salamandre tachetée
<i>Alytes obstetricans</i>	Alyte accoucheur
<i>Anguis fragilis</i>	Orvet
<i>Bombina variegata</i>	Sonneur à ventre jaune
<i>Bufo bufo</i>	Crapaud commun
<i>Coronella austriaca</i>	Coronelle lisse
<i>Lacerta agilis</i>	Lézard agile
<i>Lacerta viridis</i>	Lézard vert
<i>Lacerta vivipara</i>	Lézard vivipare
<i>Natrix natrix</i>	Couleuvre à collier
<i>Podarcis muralis</i>	Lézard des murailles
<i>Rana kl. esculenta et R. lessonae</i>	Grenouilles verte et de Lessona
<i>Rana temporaria</i>	Grenouille rousse
<i>Triturus alpestris</i>	Triton alpestre
<i>Triturus cristatus</i>	Triton crêté
<i>Triturus helveticus</i>	Triton palmé
<i>Vipera aspis</i>	Vipère aspic

## ANNEXE 27 : Résultats des échantillonnages de poisson des lacs d'Ilay et des deux Maclu (1986-1985).

Données corrigées : surface pêchante de 1000m<sup>2</sup> par diamètre de maille et de 5000m<sup>2</sup> par zone.

	Zone littorale				Zone Pélagique				Echantillon global			
	Nb	% Nb	Poids (g)	% P	Nb	% Nb	Poids (g)	%P	Nb	% Nb	Poids (g)	% Poids
Brochet	16	1,1	3906	1,2	1	0,3	1395	1,2	17	0,9	5301	1,2
Corégone					171	48,4	108081	92,7	171	9,4	108081	24,9
Gardon	916	62,7	158300	49,9	175	49,6	4291	3,7	1091	60,1	162591	37,5
Perche	20	1,4	5010	1,6	6	1,7	2795	2,4	26	1,4	7805	1,8
Rotengle	445	30,5	85834	27,0					445	24,5	85834	19,8
Tanche	64	4,4	64450	20,3					64	3,5	64450	14,8
TOTAUX	1461		317500		353		116562		1814		434062	

Pm et PM : poids individuels minimum et maximum.

Tm et TM : tailles individuelles minimum et maximum.

Espèce	GRAND LAC				PETIT LAC			
	Nombre	Nombre (%)	Poids (g)	Poids (%)	Nombre	Nombre (%)	Poids (g)	Poids (g)
Gardon	463	86.7	15 724	49.6	365	63.6	9 404	37.7
Perche	36	6.7	6 501	20.5	186	32.4	4 762	19.1
Rotengle	26	4.9	7 592	23.9	6	1	2 210	8.9
Brochet	8	1.5	771	2.4	16	2.8	6 895	27.6
Tanche	1	0.2	1 135	3.6	1	0.2	1 670	6.7

## ANNEXE 28 : Les oiseaux observés sur le site des 4 lacs.

(Source : A. JOVENIAUX, 1993, Atlas des oiseaux nicheurs du Jura.)

<i>Ardea cinera</i>	Héron cendré
<i>Acrocephalus palustris</i>	Rousserolle verderolle
<i>Actitis hypoleucos</i>	Chevalier guignette
<i>Aegithalos caudatus</i>	Mésange longue queue
<i>Alauda arvensis</i>	Alouette des champs
<i>Alcedo atthis</i>	Martin-pêcheur
<i>Anas platyrhynchos</i>	Canard colvert
<i>Anthus trivialis</i>	Pipit des arbres
<i>Apus apus</i>	Martinet noir
<i>Buteo buteo</i>	Buse variable
<i>Carduelis cannabina</i>	Linotte mélodieuse
<i>Carduelis carduelis</i>	Chardonneret élégant
<i>Carduelis chloris</i>	Verdier d'Europe
<i>Certhia brachydactyla</i>	Grimpereau des jardins
<i>Certhia familiaris</i>	Grimpereau des bois
<i>Cinclus cinclus</i>	Cincla plongeur
<i>Circus cyaneus</i>	Busard Saint-Martin
<i>Corvus corax</i>	Grand corbeau
<i>Corvus corone</i>	Corneille noire
<i>Cuculus canorus</i>	Coucou gris
<i>Delichon urbica</i>	Hirondelle de fenêtre
<i>Dendrocopos major</i>	Pic épeiche
<i>Dryocopus martius</i>	Pic noir
<i>Emberiza citrinella</i>	Bruant jaune
<i>Emberiza schoeniclus</i>	Bruant des roseaux
<i>Erithacus rubecula</i>	Rougegorge familial
<i>Fringilla coelebs</i>	Pinson des arbres
<i>Garrulus glandarius</i>	Geai des chênes
<i>Hirundo rustica</i>	Hirondelle de cheminée
<i>Lanius collurio</i>	Pie-grièche écorcheur
<i>Milvus migrans</i>	Milan noir
<i>Milvus milvus</i>	Milan royal
<i>Motacilla alba</i>	Bergeronnette grise
<i>Motacilla cinerea</i>	Bergeronnette des ruisseaux
<i>Parus ater</i>	Mésange noire
<i>Parus caeruleus</i>	Mésange bleue
<i>Parus cristatus</i>	Mésange huppée
<i>Parus major</i>	Mésange charbonnière
<i>Parus montanus</i>	Mésange boréale
<i>Parus palustris</i>	Mésange nonette
<i>Passer domesticus</i>	Moineau domestique
<i>Phoenicurus ochruros</i>	Rougequeue noir
<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	Rougequeue à front blanc
<i>Phylloscopus collybita</i>	Puillot véloce
<i>Phylloscopus trochilus</i>	Puillot fitis
<i>Pica pica</i>	Pie bavarde
<i>Prunella modularis</i>	Accenteur mouchet
<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	Bouvreuil pivoine
<i>Regulus ignicapillus</i>	Roitelet triple bandeau
<i>Regulus regulus</i>	Roitelet huppé
<i>Saxicola rubetra</i>	Traquet tarier
<i>Serinus serinus</i>	Serin cini
<i>Sitta europaea</i>	Sittelle torchepot
<i>Strix aluco</i>	Chouette hulotte
<i>Sturnus vulgaris</i>	Etourneau sansonnet
<i>Sylvia atricapilla</i>	Fauvette à tête noire
<i>Sylvia borin</i>	Fauvette des jardins
<i>Tetrao urogallus</i>	Grand tétras
<i>Troglodytes troglodytes</i>	Troglodyte mignon
<i>Turdus merula</i>	Merle noir
<i>Turdus philomelos</i>	Grive musicienne
<i>Turdus pilaris</i>	Grive litorne
<i>Turdus viscivorus</i>	Grive draine



*Crédit photographique : DIREN Franche-Comté, Michel Loups.*