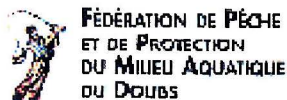




agence de l'eau
rhône méditerranée & corse
2-4, allée de Lodz
69363 LYON Cedex 07
Tél. 04 72 71 26 00 - Fax 04 72 71 26 01



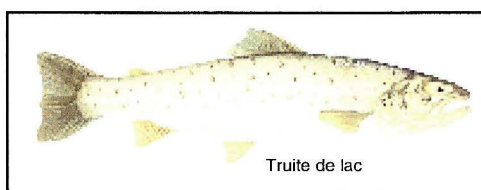
La Truite Pontissalienne

Diagnose écologique du lac de Remoray et de ses affluents

*Etat initial dans le cadre du suivi
de la dépollution du bassin versant*



Capsule céphalique de chironome



Truite de lac

Étude réalisée pour

la Communauté de Communes du Mont d'Or et des Deux Lacs

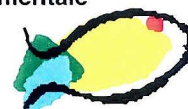
par : **le Bureau d'Etude Teleos**

Rapporteurs :
François DEGIORGI (synthèse)
Hervé DECOURCIERE



**Le Laboratoire de Biologie Environnementale
de l'Université de Franche-Comté**

Rapporteurs :
Anne Laure BORDERELLE
Valérie VERNEAUX



Le Conseil Supérieur de la Pêche
[DR5, DR9, brigade 25]

Rapporteurs :
Jean Claude RAYMOND
Sylvain RICHARD
André ROUSSELET

Juillet 2005

DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT ACTUEL DES COURS D'EAU AFFLUENTS.....	46
POTENTIELS PISCICOLES ET RESTAURATION PHYSIQUE : RAPPEL	47
ANALYSE SEMI-QUANTITATIVE DU MACROBENTHOS.....	48
<i>Principes, objectif et protocole d'étude</i>	48
<i>Analyse de la biocénose benthique du Ruisseau de Remoray aval</i>	52
<i>Analyse des biocénoses benthiques de la Drésine</i>	54
<i>Analyse de la biocénose benthique du Lhaut aval</i>	58
<i>Bilan des analyses biocénologiques des affluents du lac de Remoray</i>	62
PHYSICO-CHEMIE « CLASSIQUES » DES COURS D'EAU.	63
<i>Choix des paramètres et de la maille de mesures, fluctuations des débits</i>	63
<i>Teneurs en phosphore</i>	64
<i>Matières azotées</i>	65
<i>Matières carbonées et oxydabilité</i>	66
<i>Bilan sur la physico-chimie des 4 stations et estimations des flux</i>	69
RECHERCHE DE TOXIQUES DANS LES SÉDIMENTS DES COURS D'EAU	71
<i>Méthodes de prélèvements et d'analyse des sédiments de cours d'eau</i>	71
<i>Contaminations toxiques décelées</i>	71
<i>Limite de signification des trois analyses multirésidus</i>	73
BILAN SUR LA QUALITÉ DES AFFLUENTS.....	73
BILANS, RECHERCHES DES CAUSES ET CONCLUSIONS.....	74
SYNTHÈSE SUR L'ÉTAT DE SANTÉ DU LAC ET DE SES AFFLUENTS	74
CAUSES PREMIÈRES : RECHERCHES DES SOURCES DE TOXIQUES	75
1 <i>La scierie de Boujeons</i>	76
2 <i>La décharge à l'aval de Remoray</i>	77
3 <i>La place d'aspersion de bois de Labergement</i>	77
4. <i>Les établissements agricoles</i>	77
5. <i>Autres sources potentielles de contamination</i>	77
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	78
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	81
ANNEXES	87

Le bassin versant karstique de ce système aquatique complexe s'étend sur 24 km² à partir de points culminants à plus de 1000 m. Il est recouvert de forêts et de prairies ainsi que d'une proportion non négligeable de tourbières et de bas-marais.

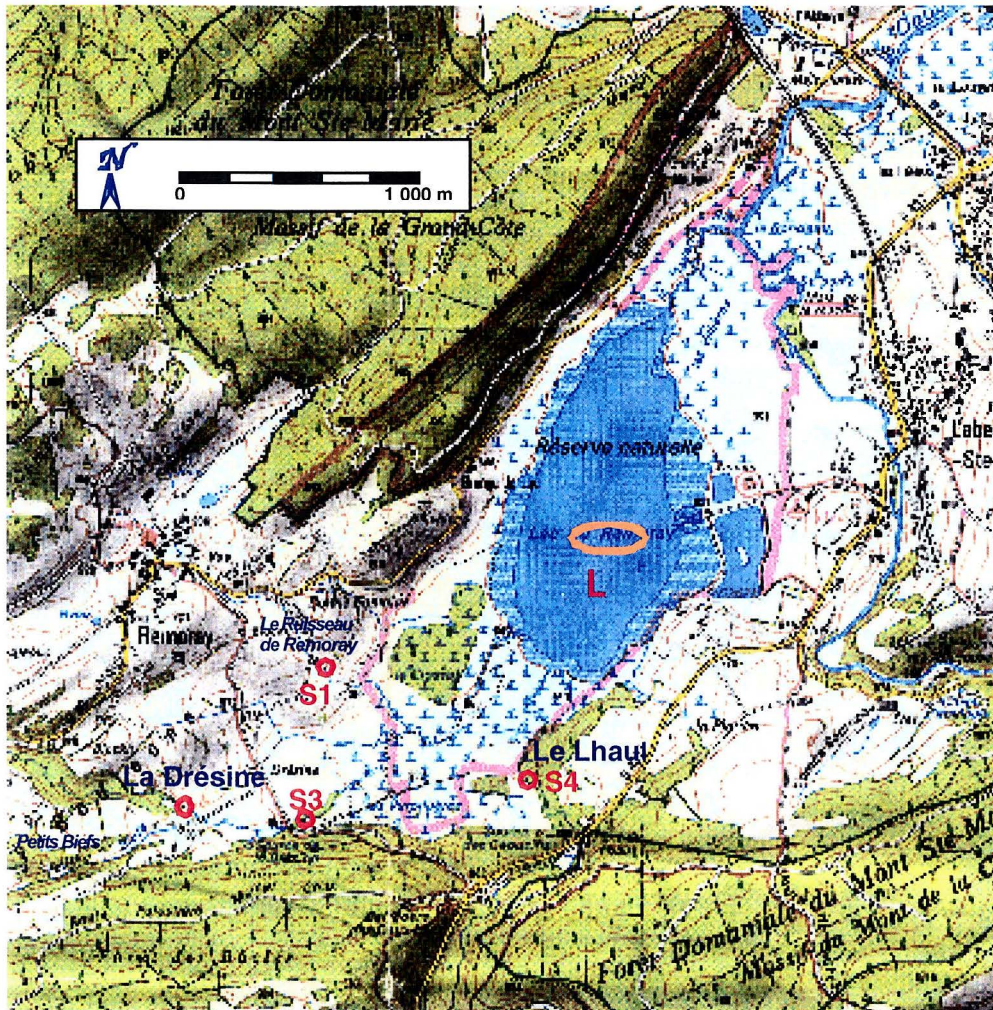


Figure 1. Localisation des milieux étudiés et des stations d'étude.

Pourtant, ces milieux aquatiques à forte valeur patrimoniale subissent depuis plusieurs décennies de nombreuses perturbations d'origine anthropique. En particulier, le lac reçoit par l'intermédiaire de ses affluents un flux important de pollution organique ou/et nutritive, d'origine domestique, agricole et agro-alimentaire ainsi qu'une contamination insidieuse par des toxiques (ELOY et GOGUILLY 2000, ADAM 2001).

Pour remédier à ces altérations, une collecte totale des rejets de la commune de Remoray va être entreprise simultanément à la mise en place d'un programme de résorption des pollutions organiques d'origine agricole. En outre, la mise aux normes d'une des scieries du bassin versant laisse espérer la suppression des contaminations toxiques. Parallèlement, des actions de restauration de la qualité physique des tributaires ont été et vont encore être effectuées.

Principes et stratégies d'étude

Cet état initial de la qualité des milieux aquatiques a été conçu pour mesurer l'efficacité des mesures de dépollution du bassin versant prévues à court terme ainsi que pour pouvoir les compléter en cas de besoin. Dans cette optique, un ensemble d'investigations standard a été effectué sur les tributaires et sur le lac lui-même (fig. 1).

Les mesures effectuées sur les afférences doivent permettre d'estimer les flux polluants reçus par le lac de Remoray. La diagnose du lac servira à réaliser un bilan de l'impact de cette pollution sur le plan d'eau. La nature des analyses effectuées et leur localisation ont été choisies de façon à atteindre 3 objectifs :

- 1°. Constituer un état initial composé d'une série de descripteurs sensibles aux variations de flux organiques et nutritifs entrants.
- 2°. Établir l'état de santé actuel du lac et des affluents, compte tenu de leurs potentiels.
- 3°. Évaluer les tendances évolutives du lac depuis une quinzaine d'années.

L'étude, initiée par un IBL au mai 2003 et par une campagne de pêche estivale en août 2003 a été véritablement lancée à la mi-avril 2004. Elle a comporté 6 grandes séries d'investigations centrées sur 4 sites d'eau courante criblant le système d'afférences et sur le lac lui-même (fig. 1 et tab. II).

Investigations	R. Rem.	Drésine PB	Drésine limni	Lhaut	Lac	
	Site 1	Site 2	Site 3	Site 4	Centre (L)	Tout le lac
Mesures et prélèvements physico-chimiques	8	8	8	8	4+1	
Recherche de toxiques sur sédiments	1	1	1	1		
Analyses de sédiments lacustres (9 placettes)						9
Étude de la macrofaune benthique des ruisseaux	MAG20	MAG20	IBGN	MAG20		
Indice Biologique Lacustre						IBL
Étude de l'ichtyofaune lacustre (pêches)						2+1 campagnes par filets verticaux

Tableau II. Synoptique des investigations réalisées

Les stations de mesures ont été localisées de la façon suivante :

État des potentiels biologiques lacustres et qualité du lac

L'ichtyofaune lacustre : structure et tendances évolutives

Intérêt et contrainte de l'utilisation de l'ichtyofaune lacustre

L'importance du volume des systèmes lacustres et la grande variabilité de leur métabolisme rendent difficile la caractérisation de leur potentiel et de leur fonctionnement (HUTCHINSON 1957, DUSSART 1966). Dans ce contexte, l'étude de leur ichtyofaune, en plus de fournir des éléments rationnels de gestion piscicole, constitue une base de diagnose globale fiable de ces milieux complexes.

En effet, les Poissons sont des consommateurs à cycle de vie pluriannuel impliqués dans un grand nombre de maillons de la chaîne. Les exigences écologiques contrastées des différentes espèces constitutives de ce groupe et la multiplicité des échelles de leur organisation spatiale en font des indicateurs intégrateurs des conditions mésologiques.

Toutefois, la mobilité des poissons requiert la mise en œuvre de méthodes d'échantillonnage robustes dont la résolution et les limites sont connues. Par conséquent, nous avons choisi le protocole dit des filets verticaux afin pouvoir comparer et interpréter l'image du peuplement obtenue sur Remoray à celles qui ont été enregistrées antérieurement et sur d'autres lacs (DEGIORGI et al. 1994-2001).

Protocole d'échantillonnage par filets verticaux

Technique des filets verticaux.

Les filets verticaux sont des nappes de filet verticales de faible largeur enroulées autour d'un tube PVC qui sert aussi de flotteur de surface. Cette technique, mise au point et utilisée par plusieurs auteurs anglo-saxons (HARTMANN 1962, HORAK & TANNER 1964, LACKEY 1968, BARTOO et al. 1973), a été testée et adaptée sur des lacs français par GRANDMOTTET et VAUDAUX (1989), puis GUYARD *et al.* (1989).

Des araignées multimailles ont été adjointes à ce dispositif pour prospecter plus rapidement mais de façon similaire les zones littorales (DEGIORGI 1994). Les deux dispositifs exercent en effet une action équivalente puisque chaque maille échantillonne toute la hauteur d'eau sur une largeur de deux mètres (fig. 3).

En outre, ils présentent des redondances ou des lacunes d'information sur la répartition verticale des poissons dont les bancs peuvent évoluer d'un jour à l'autre à des profondeurs différentes. Enfin, pour des raisons de coûts, les surfaces utilisées pour les petites mailles sont souvent plus petites.

En revanche, les filets verticaux ne capturent qu'une « fraction » limitée des bancs, mais ils échantillonnent simultanément toute la tranche d'eau. Le faible encombrement et les mortalités réduites autorisent la prospection de l'ensemble des habitats par le même dispositif ainsi que la réalisation de réplicats statistiques. Cette approche est donc particulièrement propice à l'application d'une stratégie de prospection standard de l'espace lacustre (DEGIORGI *et al.* 2001).

Stratégie d'échantillonnage

Afin d'obtenir une image stable et comparable des populations en présence, ce dispositif a été utilisé selon un protocole **standard** préalablement mis au point puis testé sur plusieurs lacs (DEGIORGI ET GRANDMOTTET 1993 -1994), et dont les modalités spatio-temporelles sont brièvement rappelées ci-dessous (DEGIORGI *et al.* 2001).

- 1) L'**effort de pêche unitaire** est constitué d'une batterie de 7 filets verticaux de taille de mailles variant de 10 à 60 mm par pas de 10 mm en passant par une maille de 15. Cet ensemble de 7 filets est disposé sur un poste déterminé pendant 24 heures.
- 2) Auparavant, l'espace lacustre a été divisé et cartographié **en compartiments d'attraction différentielle** en suivant une codification basée sur la topographie aquatique (morphologie de la cuvette, substrat et support, hauteur d'eau, ann. 1) : en effet, ces éléments définissent des **pôles** autour desquels l'ichtyofaune se répartit suivant des arrangements dynamiques (DEGIORGI et GRANDMOTTET, 1993).
- 3) Tous les compartiments sont alors échantillonnés **simultanément** au cours d'un **effort "global"** appelé aussi **séquence**, durant lequel l'effort unitaire est appliqué sur un poste pour chaque pôle. Cet effort global devient l'unité standard pour comparer les rendements de capture (CPUE).
- 4) Cet effort global est **répété trois fois** pour chaque campagne (ann.2)
L'originalité de cette démarche est de profiter de la maniabilité et de la petite taille des filets verticaux pour rechercher, durant un cycle de 24 heures, les poissons partout où ils sont. Comme les filets échantillonnent à chaque fois toute la tranche d'eau, il suffit de prospecter systématiquement le plan lacustre en le découpant en zone d'intérêts équivalents pour les poissons. La répétition de cette mesure réalisée sur 24 h permet de s'affranchir des variations aléatoires (en particulier périodes de mobilité ou d'immobilité particulière, vrillage d'un filet...).
- 5) Trois campagnes saisonnières sont préconisées afin de tenir compte de la différence de mobilité des différentes espèces ainsi que pour percevoir les variations de la répartition spatiale des poissons en rapport avec le métabolisme lacustre.

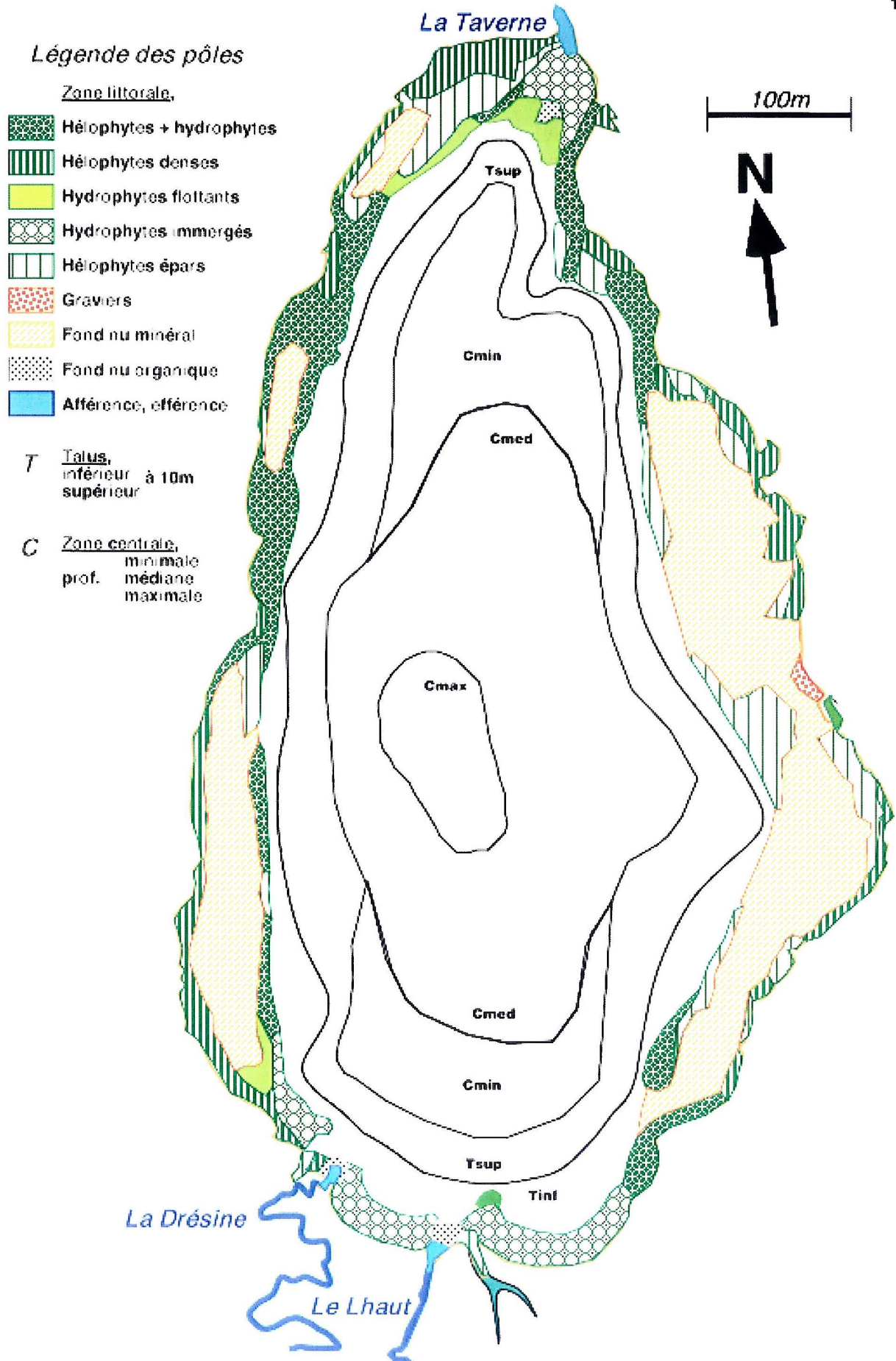


Figure 4. Cartographie des pôles d'attraction estivaux relevés en août 2003 sur Remoray

Le peuplement piscicole du lac de Remoray en 2003/2004

Les espèces de poissons et d'écrevisses en présence

L'application du protocole standard des filets verticaux a permis de capturer huit espèces de poissons et une d'écrevisse (tab. V). Ces 8 espèces dont 7 majoritaires et la truite ont aussi été capturées en 1990/1991 (DEGIORGI 1994). Les campagnes de 1977/1978 (Lab. Hydrobiol. 1978) avaient permis d'échantillonner les 7 espèces majoritaires mais pas de truite lacustre (forme capturée en deux exemplaires en 1991 et en un seul exemplaire en 2003).

CODE	Nom Français	Nom latin	statut	Polluosensibilité globale
Espèces capturées (2003/04)				
TDL	Truite de lac	<i>Salmo trutta lacustris</i>	Autochtone	Très exigeante
COR	Corégone	<i>Coregonus lavaretus</i>	Acclimaté	Exigeante
CHE	Chevesne	<i>Leuciscus cephalus</i>	Autochtone	Peu exigeante
BRO	Brochet	<i>Esox lucius</i>	Autochtone	Moyennement exigeante
PER	Perche	<i>Perca fluviatilis</i>	Autochtone	Moyennement exigeante
GAR	Gardon	<i>Rutilus rutilus</i>	Autochtone	Peu exigeante
TAN	Tanche	<i>Tinca tinca</i>	Autochtone	Moyennement exigeante
ROT	Rotengle	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	Autochtone	Très peu exigeante
OCL	Écrevisse américaine	<i>Orconectes limosus</i>	Exotique DB	peu exigeante.
Espèce signalées ou capturées antérieurement				
CMO	Carpe miroir (1991)	<i>Cyprinus carpio</i>	Acclimatée	Peu exigeante
GOU	Goujon (1991)	<i>Gobio gobio</i>	Autochtone	Exigeante
VAI	Vairon (1937)	<i>Phoxinus phoxinus</i>	Autochtone	Très exigeante en lac
VAN	Vandoise (1937-2001)	<i>Leuciscus leuciscus</i>	Autochtone	Très exigeante en lac
APP	Pieds Blancs	<i>Austropotomabius pallipes</i>	Autochtone	Très exigeant

DB : espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques (Loi Pêche).

Tableau V. Liste des espèces de poissons et d'écrevisses capturées (ou observées) dans le lac de Remoray en 1937 –1991 et 2004.

En revanche, en 1991, deux espèces ultra-minoritaires supplémentaires avaient été capturées. Il s'agissait d'une carpe miroir introduite à l'occasion d'alevinage dans la gravière connective et de deux goujons, reliquats d'un peuplement comportant plus d'espèces sensibles.

De même KREITMANN signalait-il en 1937 la présence de vandoise et de vairon en voie de régression dans l'ensemble Saint-Point -Remoray. Enfin, une vandoise rostrée a pu être capturée en 2001 dans la Basse-Drésine à proximité de la confluence à l'occasion de l'état initial des populations de truites de lacs effectués avant les travaux de restaurations de ce cours d'eau.

La comparaison de ces résultats avec ceux qui ont été obtenus sur une cinquantaine de plan d'eau avec le même protocole permet d'évaluer la signification des rendements obtenus. Les indices de densités et de biomasses toutes espèces confondues observés récemment sur Remoray se situent entre le 3^e et le 4^e échelon d'une échelle de cotation allant de 1 à 5 (fig. 5) et sont donc moyens.

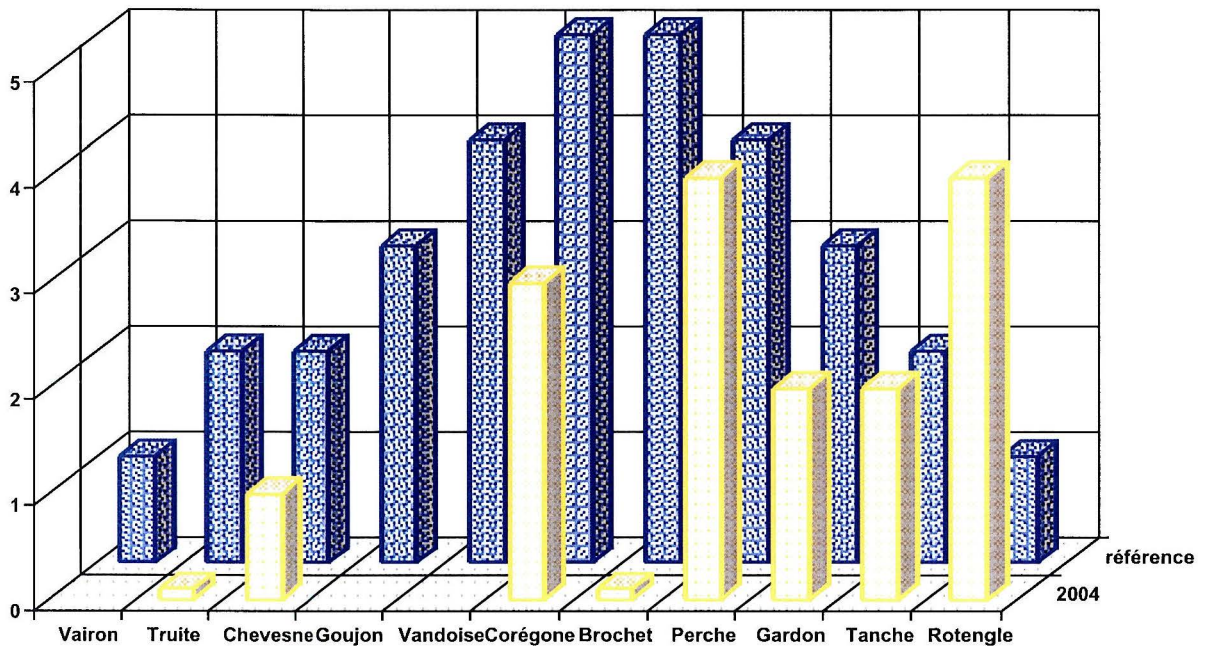


Figure 5. Structure du peuplement piscicole échantillonné à Remoray en 2003/2004 : image estimée d'après les indices d'abondance et essai typologique

En revanche, les rendements de captures de corégones en plan (c. à d. par séquence) ou en volume (c. à d. par surface de filet tendue) ne correspondent qu'à un indice de 3/5. Ces indices et leurs tendances évolutives doivent être interprétés en fonction du potentiel optimal lié au type écologique du lac considéré (cf. § interprétation). Auparavant, ils doivent être précisés et considérés à la lumière de la structure des populations et de leur répartition spatiale.

Parallèlement, l'exutoire constitué par la Taverne s'avérait alors particulièrement attractif. Les tributaires, et en particulier la Drésine, pourraient donc subir des contaminations annihilant leur attractivité potentielle.

Enfin, les hélophytes denses apparaissent très peu attractifs en été, sans doute à cause de leur densification accentuée entraînant la fermeture des espaces interstitiels. Corrélativement, la faiblesse des densités des captures effectuées à proximité des talus peu profonds en automne et au printemps apparaît plus étonnante.

Sur le plan vertical, la comparaison des CPUE par strates de profondeurs montre la désaffection progressive des poissons pour les couches profondes (fig. 6). En effet, si au printemps des captures ont pu être réalisées à toutes profondeurs, aucune prise n'a été effectuée en dessous de 20 m en été. Durant l'automne, les espèces exigeantes en oxygène comme les corégones et dans une moindre mesure les perches ne fréquentent donc plus les strates inférieures à 16m.

Cette diminution de l'espace utilisable par l'ichtyofaune est corrélée avec la désoxygénation progressive des fonds (cf. § III). Son amplitude est très similaire à celle qui avait été observée en 1990. Elle participe probablement à la limitation de la production piscicole.

Les populations piscicoles du lac de Remoray en 2003/2004

Corégones

La densité des Corégones est moyenne à forte. La présence de juvéniles de l'année (inférieur à 20 cm) démontre l'efficacité de la reproduction (fig. 7). Parallèlement la population comprend de très gros individus dépassant 58 cm.

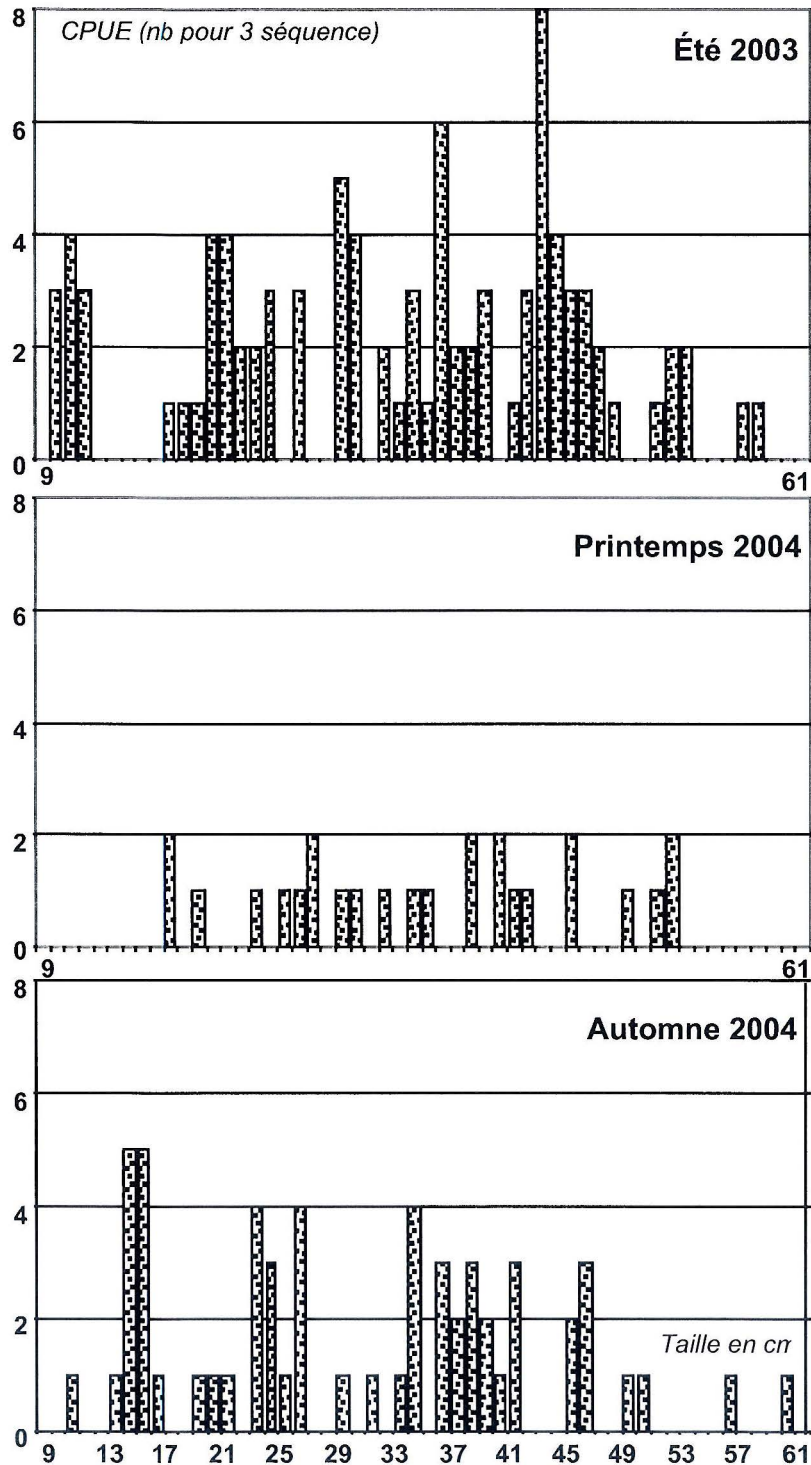


Figure 7 : structure taille fréquence de l'échantillon de corégone (2003 /2004)

Les gardons sont ubiquistes (ann. 3). Cependant, les adultes montrent une affection plus marquée pour les herbiers d'hydrophytes immergés en été et pour les talus au printemps et en automne. Les juvéniles ont été préférentiellement capturés à proximité des herbiers d'hydrophyte et des afférences en été, des talus au printemps et dans la zone centrale en automne au-dessus de la thermocline (fig. 6).

Perches

La structure en taille de l'échantillon de perches capturées en été 2003 montre un très fort potentiel de reproduction pour cette espèce (fig. 9). En revanche le nombre de juvéniles de plus d'un été apparaît nettement inférieur au potentiel. En outre la densité d'adultes de cette espèce a nettement baissé depuis 1991.

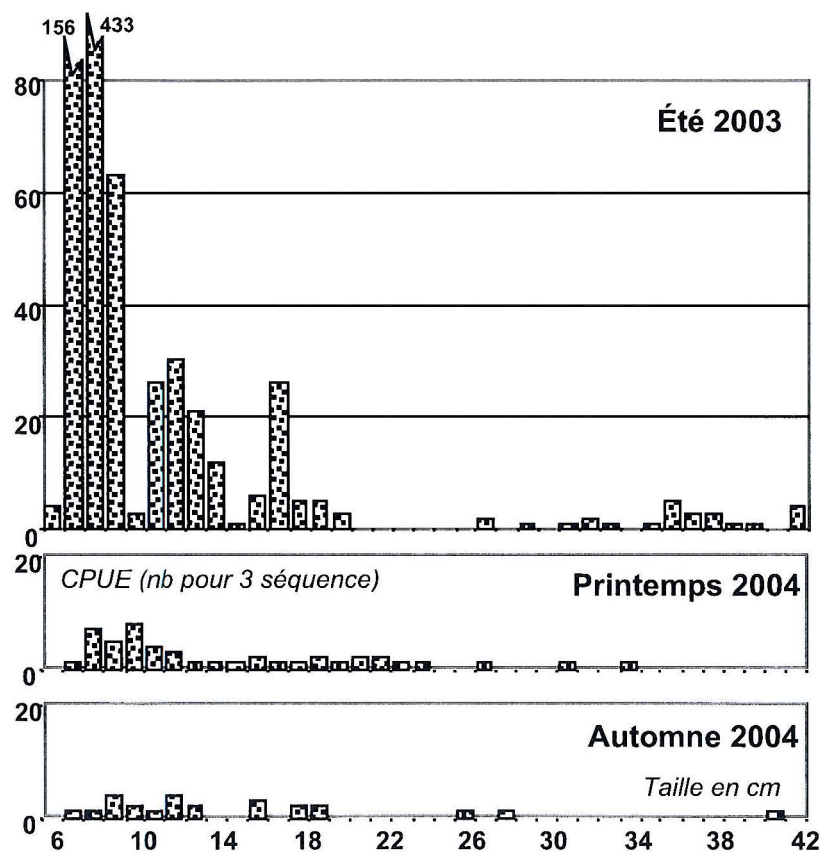


Figure 9 : structure taille fréquence de l'échantillon de perches (2003 /2004)

En été 2003, les perches juvéniles ont été observées préférentiellement au niveau des talus et des herbiers d'hydrophytes à feuilles flottantes (ann. 3). Cependant, leurs bancs pléthoriques ont, cette année-là, envahi pratiquement toute la masse d'eau de la zone centrale, en restant au-dessus de la thermocline. Pourtant la survie de ces juvéniles de l'année chute dès la fin de l'automne.

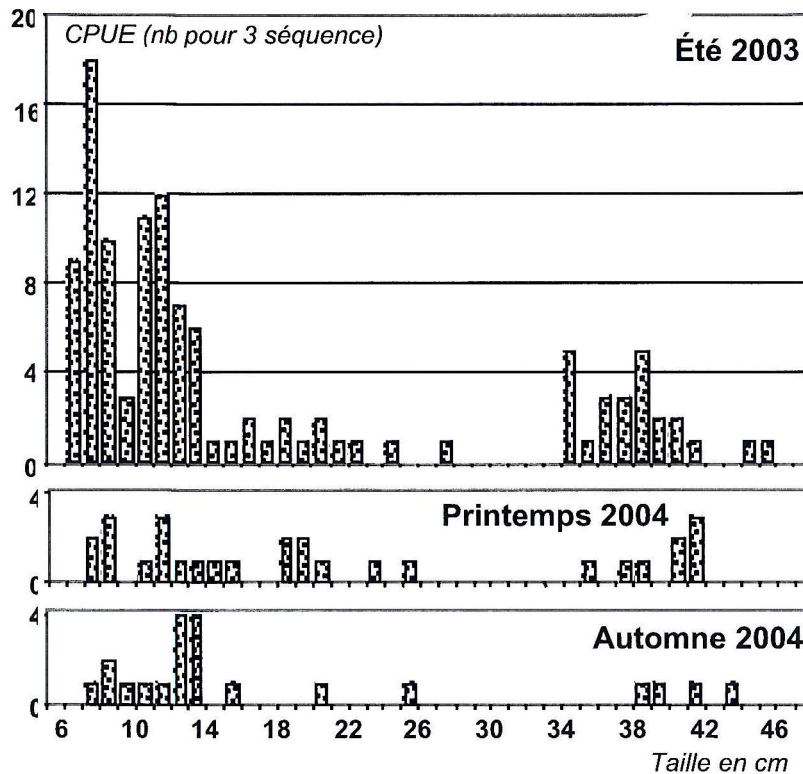


Figure 11 : structure taille fréquence de l'échantillon de rotengles (2003 /2004)

Cette espèce affectionne particulièrement les habitats touffus comme les herbiers doubles ou/et denses. Sa progression est sans doute liée à celle des herbiers (tab. VIII). Cependant, en été les juvéniles de cette espèce se retrouvent aussi dans les zones centrales et à proximités des afférences. Ils sont alors capturés presque uniquement dans le premier mètre de profondeur, souvent au ras de la surface.

Pôles littoraux	2004	1990
LAFF	0,63%	0,80%
LEFF	0,19%	0,25%
LFNM	42,34%	57,60%
LFNO	1,39%	0,80%
LGRA	0,13%	0,45%
LHHF	15,25%	9,60%
LHLD	13,61%	12,40%
LHLE	15,37%	10,00%
LHYF	9,58%	8,00%
LHYI	1,51%	0,10%

Tableau VIII. Évolution de la mosaïque des pôles de la zone littorale du lac de Remoray

Tendance évolutive et bilan 1991/2004

Dans l'ensemble, les résultats obtenus lors des trois campagnes de pêches aux filets montrent des rendements de capture très similaires à ceux qui avaient été enregistrés il y a 13 ans avec la même méthode de pêche et le même protocole d'échantillonnage. La cote de biomasse toutes espèces et toutes saisons confondues est un peu plus faible en 2003/2004 qu'en 1990/1991 mais reste du même ordre de grandeur.

Cependant, d'une part, cette abondance était déjà à cette époque nettement déficitaire par rapport aux potentiels piscicoles optimaux mesurés sur Saint-Point au même moment. En effet, les rendements de captures obtenus en 1992, à l'aide du même protocole standard sur ce deuxième plan d'eau était 2 à 3 fois supérieures selon l'espèce considérée. Le lac St-Point était alors eufonctionnel (VERNEAUX et al. 1991).

D'autre part la composition du peuplement semble avoir évolué (fig. 13 et tab. IX). En particulier le corégone, (espèce aimant l'eau froide et exigeante en oxygène) a quelque peu régressé. Parallèlement, le rotengle (espèce d'eau chaude et polluo-résistante) a nettement progressé, au détriment du gardon.

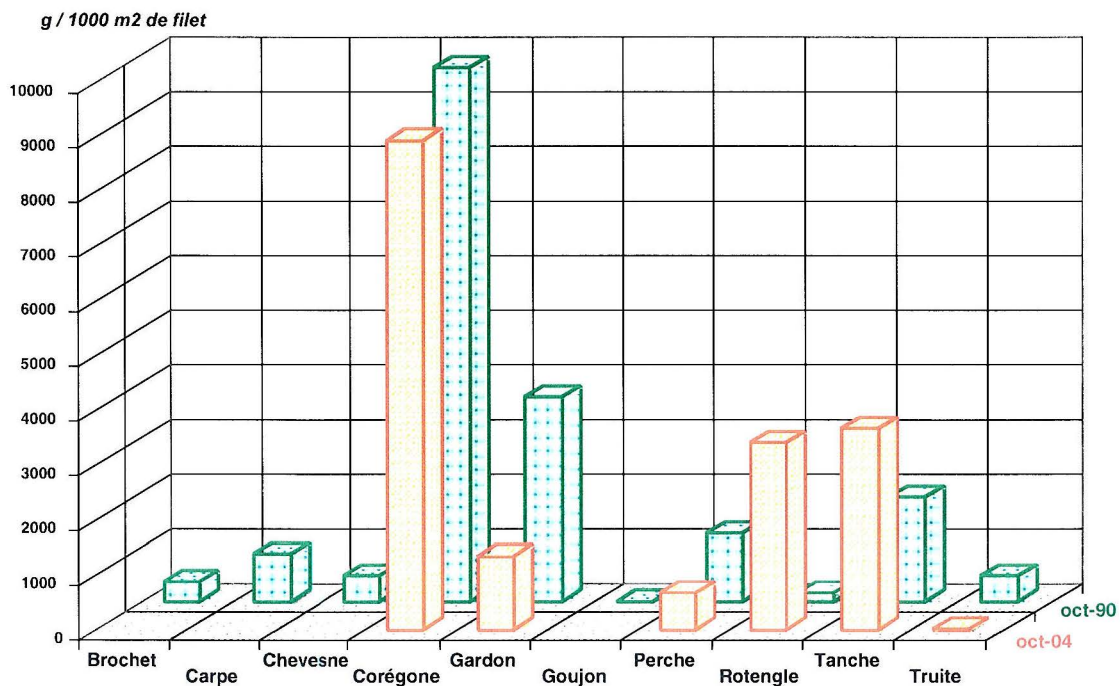


Figure 13. Évolution de la structure des échantillons pisciaires automnaux entre 1991 et 2004.

L'Indice Biologique Lacustre (IBL)

Méthodologie

Principes de l'IBL

La capacité biogénique des écosystèmes peut être évaluée par une étude de la structure des peuplements macrobenthiques selon la méthode de l'**Indice Biologique Lacustre** (IBL, VERNEAUX & *al.*, 2004). Cette approche pratique repose sur l'étude de la diversité, de la nature et de la distribution bathymétrique des communautés de macroinvertébrés vivant dans les sédiments, en relation avec les caractéristiques chimiques et physiques de l'interface eau-sédiments.

Occupant de nombreux niveaux trophiques (des consommateurs primaires aux carnassiers) et bénéficiant de cycles de vie d'au moins une année, le macrobenthos est hautement intégrateur de l'ensemble des phénomènes physiques, chimiques et biologiques se déroulant dans la masse d'eau et dans les sédiments. L'IBL repose sur un protocole d'échantillonnage reproductible et aboutit au calcul d'un indice compris entre 0 et 20 qui sanctionne la capacité biogène des lacs toutes causes confondues.

Protocole d'échantillonnage

Matériel

Les sédiments sont prélevés à l'aide d'une benne Eckman modifiée qui permet de récolter les cinq premiers centimètres de sédiments.

Période d'échantillonnage

Les campagnes d'échantillonnage du macrobenthos endopélique doivent avoir lieu avant les premières grandes émergences printanières (avril-mai).

Isobathes prospectées et nombre d'échantillons

L'échantillonnage se fait à deux profondeurs :

- en zone littorale à -2 mètres ($Z_l = 2\text{m}$)
- en zone profonde à $2/3$ de la profondeur maximale ($Z_f = 2/3 Z_{\text{max}}$).

Le nombre de prélèvements à effectuer est proportionnel à la longueur de chaque isobathe (L, km) :

- en zone littorale, $n_l = 4 \log_e(10 L_l + 1)$
- en zone profonde, $n_f = 2.5 \log_e(10 L_f + 1)$.

ql	Taxons repères (occ ≥ 50% nl)
1.0	<i>Ephemera</i> – <i>Paratendipes</i> – <i>Heterotrissocladius</i> – tout genre de PLECOPTERES
0.9	Tout genre de TRICHOPTERES et EPHEMEROPTERES sauf <i>Ephemera</i> et <i>Caenis</i>
0.8	Tout genre de <i>Diamesinae</i> et <i>Orthoclaadiinae</i> sauf <i>Cricotopus</i> (<i>sensu lato</i>) et <i>Heterotrissocladius</i> . Tout genre de <i>Tanytarsini</i> sauf <i>Cladotanytarsus</i> , <i>Paratanytarsus</i> et <i>Tanytarsus</i>
0.7	Tout genre de <i>Tanypodinae</i> sauf <i>Procladius</i> et <i>Tanypus</i> Tout genre de <i>Chironomini</i> sauf <i>Paratendipes</i> , <i>Dicrotendipes</i> , <i>Glyptotendipes</i> , <i>Tribelos</i> , <i>Chironomus</i>
0.6	<i>Sialis</i> , <i>Pisidium</i> , <i>Cladotanytarsus</i> , <i>Paratanytarsus</i> , <i>Tanytarsus</i> et <i>Prodiamesinae</i>
0.5	<i>Caenis</i> , <i>Tanypus</i> , <i>Dicrotendipes</i> , <i>Glyptotendipes</i> , <i>Tribelos</i> , <i>Cricotopus</i> (<i>sensu lato</i>)
0.4	<i>Chironomus</i> , <i>Procladius</i>
0.3	OLIGOCHAETA sauf Tubificidae
0.2	<i>Chaoborus</i> – Tubificidae sans soies capillaires
0.1	Tubificidae avec soies capillaires, NEMATODA

Tableau X. Indice de qualité des taxons repères de la zone littorale des lacs. Les taxons sont classés dans un ordre croissant d'euryécie.

Echantillonnage sur Remoray

Sur le lac de Remoray, les prélèvements ont été réalisés le 2 mai 2003. Quinze échantillons ont été collectés en zone littorale (-2 mètres) et 8 en zone profonde (-19 mètres). Ces 23 échantillons ont été répartis en 8 transects et 7 points littoraux complémentaires (fig. 15).

Niveaux supragénériques	Genres	Densité littorale		Densité
		nb/m ²	Occ. à ZI (%)	profonde nb/m ²
INSECTES				
ODONATES	<i>Platycnemis</i>	9	13,3	
TRICHOPTERES	<i>Holocentropus</i>	63	13,3	
	<i>Sericostoma</i>	9	26,7	
EPHEMEROPTERES	<i>Caenis</i>	312	100	
COLEOPTERES	<i>Plateumaris</i>	2	6,7	
MEGALOPTERES	<i>Sialis</i>	5	6,7	
DIPTERES				
Cératopogonidae		23	53,3	
Chaoboridae				350
Chironomidae	<u>Orthoclaadiinae</u>	<i>Corynoneura</i>	5	6,7
		<i>Cricotopus</i>	73	33,3
		<i>Psectrocladius</i>	22	33,3
	<u>Tanypodinae</u>	<i>Ablabesmyia</i>	34	33,3
		<i>Procladius</i>	346	93,3
		<i>Tanypus</i>	88	40
	<u>Chironominae</u>	<u>Tanytarsini</u>	1 543	100
		<i>Paratanytarsus</i>	57	40
		<i>Tanytarsus</i>	1 076	100
		<u>Chironomini</u>	1 227	26,7
		<i>Chironomus</i>		46
		<i>Cladopelma</i>	9	20
		<i>Cryptochironomus</i>	37	60
		<i>Demicryptochironomus</i>	2	6,7
		<i>Dicrotendipes</i>	48	20,0
		<i>Einfeldia</i>	536	80,0
		Endochironomus *	139	66,7
		<i>Glyptotendipes</i>	51	26,7
		<i>Microtendipes</i>	9	20,0
		<i>Pagastiella</i>	26	33,3
		Polypedilum*	45	60
		<i>Pseudochironomus</i>	23	33,3
MOLLUSQUES	BIVALVES	<i>Pisidium</i>	5	6,7
		<i>Sphaerium</i>	2	6,7
	GASTEROPODES	<i>Bithynia</i>	9	13,3
		<i>Gyraulus</i>	2	6,7
		<i>Physa</i>	5	6,7
CRUSTACES		<i>Asellus</i>	216	33,3
ANNELIDES	ACHETES	<i>Erpobdella</i>	17	26,7
		<i>Glossiphonia</i>	3	13,3
		<i>Helobdella</i>	11	26,7
OLIGOCHETES	Autres que Tubificidae		218	60
	Tubificidae	sans soie capillaire	1 068	100
		avec soies capillaires	412	86,7
NEMATODES			42	46,7
TOTAL			7 829	1450
Variété			41	9

Tableau XI. Macro-invertébrés prélevés en 2003 dans le lac de Remoray en suivant le protocole IBL (* : taxons indicateurs, ql =0,7).

Interprétation et évolution depuis 1993

Entre 1991 et 2003, la valeur de l'Indice Biologique Lacustre du lac de Remoray n'a pratiquement pas évolué (tab. XIII). Toutefois, l'indice biologique littoral est légèrement plus élevé en 2003 grâce à une densité plus forte, compensant d'ailleurs la diminution de variété littorale. En effet, entre ces 2 dates, quelques taxons ont été gagnés (*Holocentropus*, *Sericostoma*), mais plusieurs taxons sensibles ont disparu comme les *Ephemera*. Dans l'ensemble, cet indice traduit toutefois un fort potentiel biogénique.

	vl	dl	ql	vf	df	BI	Df (/1)	IBL
1993	44	2460	1 (<i>Ephemera</i>)	5	0,28	51,8	0,53	13,1
2003	41	7829	0,7 (<i>Polypedilum</i>)	9	0,52	57,4	0,5	13,4

Tableau XIII. Composantes de l'IBL du lac de Remoray en 1993 (CHASSARD et al) et 2003

L'indice de déficit faunistique relatif (df), multiplié par 2 entre 1993 et 2003, incline à diagnostiquer un meilleur fonctionnement métabolique du lac puisqu'il conserve davantage sa faune avec la profondeur. Le benthos de la zone centrale apparaît d'ailleurs à la fois plus varié et plus sensible. En particulier, on observe la réapparition en zone profonde de *Procladius*, des Tubificidae sans soies capillaires ainsi que la diminution concomitante des Tubificidae avec soies capillaires et de *Chaoborus*, beaucoup moins exigeants.

Ces tendances pourraient résulter d'une désoxygénation moins importante ou/et d'une diminution de l'accumulation de matière organique résiduelle en zone profonde. Depuis 1993, la pollution par des substances nutritives en excès semble donc avoir diminué.

Toutefois, un déficit faunistique de 0,5/1 sanctionne un lac qui ne fonctionne pas bien et présente encore une désoxygénation et une forte teneur en matière organique. La mise en évidence des causes du problème de fonctionnement trophique que peut présenter ce lac est difficile à partir de l'IBL puisque nous étudions ici la résultante qu'est la répartition bathymétrique de la biocénose benthique.

Si les efforts de dépollution réalisés sur le bassin versant et surtout la renaturalisation des cours d'eau afférents se ressentent sur le fonctionnement du lac, l'indice de qualité de la faune littorale en passant de 1 à 0,6 révèle une perturbation ressentie fortement en zone littorale. Cinq taxons sensibles, dont *Ephemera*, très sensible, disparaissent tandis que 3 taxons euryèces apparaissent et que plusieurs taxons résistants prolifèrent.

Métabolisme chimique du lac de Remoray.

Physico-chimie de la colonne d'eau (4 campagnes : ann. 4)

Oxygénation

Les 4 campagnes de mesures réalisées dans la colonne d'eau pendant la stratification estivale confirment l'intensité de la désoxygénation en automne (fig. 17). En effet à la mi-octobre, il n'y a plus d'oxygène en dessous de 16 mètres de profondeurs.

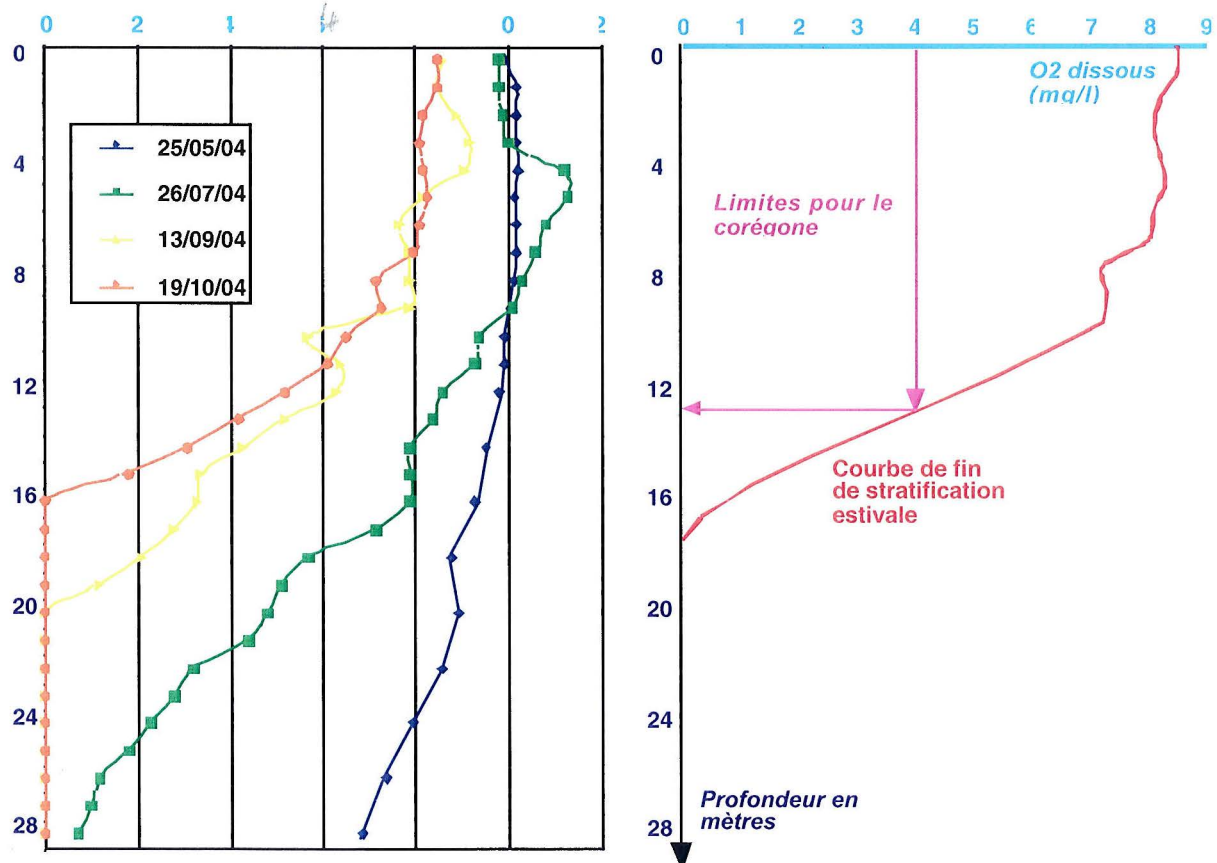


Figure 17. Évolution saisonnière de l'oxygénation de la colonne d'eau du lac de Remoray durant la stratification estivale 2004

Cette configuration entraîne la désoxygénation automnale des sédiments sur une grande surface (fig. 18). En outre, elle limite l'utilisation des couches profondes en dessous de 13 mètres pour le corégone car cette espèce a besoin d'un minimum de 4 mg/l en permanence. Elle explique la valeur du déficit de faune profonde.

En définitive, les gammes de variations et les tendances globales montrent que le Lac de Remoray souffre toujours d'une désoxygénation profonde tardive mais accentuée. Elles corroborent l'hypothèse d'un niveau de qualité du lac stagnant depuis une quinzaine d'années à un niveau dysfonctionnel.

Dans ce contexte, l'IBL calculé au printemps 2003 pourrait résulter de conditions d'oxygénation meilleures que les autres années, en relation avec un été 2002 particulièrement frais et pluvieux. Les conditions hivernales 2002/2003 pourraient également avoir été exceptionnellement bénéfiques pour la macrofaune benthique.

Autres descripteurs physico-chimiques

Les mesures thermiques ponctuelles effectuées confirment que le Lac de Remoray demeure un lac froid. La température de surface ne dépasse guère 22 °C pour une année moyenne comme 2004 et reste souvent inférieure à 20 °C. La température de fond reste, elle inférieure à 6°C. Ces valeurs sont identiques à celles qui ont été mesurées à plusieurs reprises (BENQUET et al. 1991, DEGIORGI 1994, FEL et JACOB 1996, FOREY 1996). Il serait tout de même intéressant de réaliser des mesures en continu durant un cycle de 3 ans au moyen de sondes placées à 4 profondeurs au point central afin de percevoir des éventuelles modifications.

En 2004, le pH atteint souvent des valeurs basiques supérieures à 8,5 en surface : cette tendance reflète les phases de production algale intense. En fin de saison, la baisse de ce paramètre dans les couches profondes traduit sans doute une légère tendance à l'acidification de l'eau de contact. Toutefois, le tampon carbonaté induit par la dominante géologique calcaire de la région limite la baisse du pH en profondeur autour de 7.

Durant la stratification estivale 2004, les mesures de conductivité ont varié entre 249 et 386 microS/cm. Ces valeurs indiquent une minéralisation naturelle élevée, due essentiellement aux fortes concentrations de carbonates de calcium. Elles sont légèrement plus basses que celles qui ont été relevées en 1996 (280-415), mais plus élevées que celles qui ont été observées en 1990 (DEGIORGI 1994 : 175-330) et enfin très proches de celle qui ont été mesurées en 1991 (BENQUET et al : 244-335).

En fait le nombre de mesures est insuffisant pour pouvoir interpréter ces variations en termes de variation de la charge en nutriments et en matières organiques dissoutes. Par ailleurs, le bilan d'apport, consommation et recyclage des minéraux est délicat à réaliser avec seulement 4 séries de mesures.

Parallèlement, le rapport DB05 sur Oxydabilité, en dépassant la valeur guide de 1,5, montre que durant certaines périodes, la colonne d'eau contient des substances qui ne sont pas facilement biodégradables. Cette observation fait suspecter l'existence de substances toxiques en très faible teneur susceptible d'inhiber les transferts trophiques.

L'irrégularité des concentrations ou/et de la disponibilité des nutriments se traduit par d'importantes variations de la structure quantitative du peuplement phytoplanctonique. Pour 3 campagnes sur 4, les taux des pigments chlorophylliens sont moyens à faibles traduisant une biomasse algale peu développée. En revanche, un pic de chlorophylle c, pigment essentiellement contenu dans les diatomées est observé en septembre 2004.

La comparaison des données antérieures enregistrées à l'occasion de campagnes pluri-saisonnières en 1977/1978, en 1989 et en 1996 est difficile en raisons des changements de maille spatio-temporelle de mesures et de protocoles analytiques. Cependant, il semble que les gammes de taux de nutriments présents dans l'eau aient été similaires en 1996 et en 1997/1978 (tab. VI). Seul le taux de chlorure, indiquant l'influence des rejets domestiques, semble avoir un peu augmenté tout en restant faible.

A *contrario*, les pigments dominants, qui reflètent la structure du peuplement phytoplanctonique et renseignent sur la succession des cohortes d'algues, pourraient avoir nettement changé. Effet, depuis 1997, les pics de chlorophylle-a semblent s'être amortis au profit de la chlorophylle-c. Cependant, la composition des communautés d'algues planctoniques étant susceptible d'osciller rapidement (ALEYA et DEVAUX 1992), la réalité de cette évolution doit être vérifiée par un plus grand nombre de mesures.

Malgré tout, les principales tendances évolutives du métabolisme lacustre du lac de Remoray ont pu être caractérisées par les 4 séries de mesures.

- 1° Irrégularité des teneurs en matières nutritives et organiques, souvent faibles mais montrant par moments des pointes, en particulier azotées et carbonées.
- 2° Phase de désoxygénation tardive mais accentuée provoquant des relargages de phosphates sédimentaires et favorisant la production d'ammonium (et sans doute d'autres composés abiogènes comme le méthane ou l'hydrogène sulfureux).
- 3° Présence probable d'inhibiteurs entravant au moins par moments le transfert optimal des nutriments le long de la chaîne trophique.
- 4° Densités phytoplanctoniques généralement faibles à moyennes alternant avec des phases de blooms algaux et s'accompagnant de fortes densités d'algues filamenteuses envahissant tout le lac depuis le système d'affluents.

Le niveau de la charge trophique actuelle du lac a été précisé et complété par la mesure effectuée dans les sédiments. Ce compartiment constitue en effet une mémoire rémanente moins sensible aux fluctuations courtes que la masse d'eau.

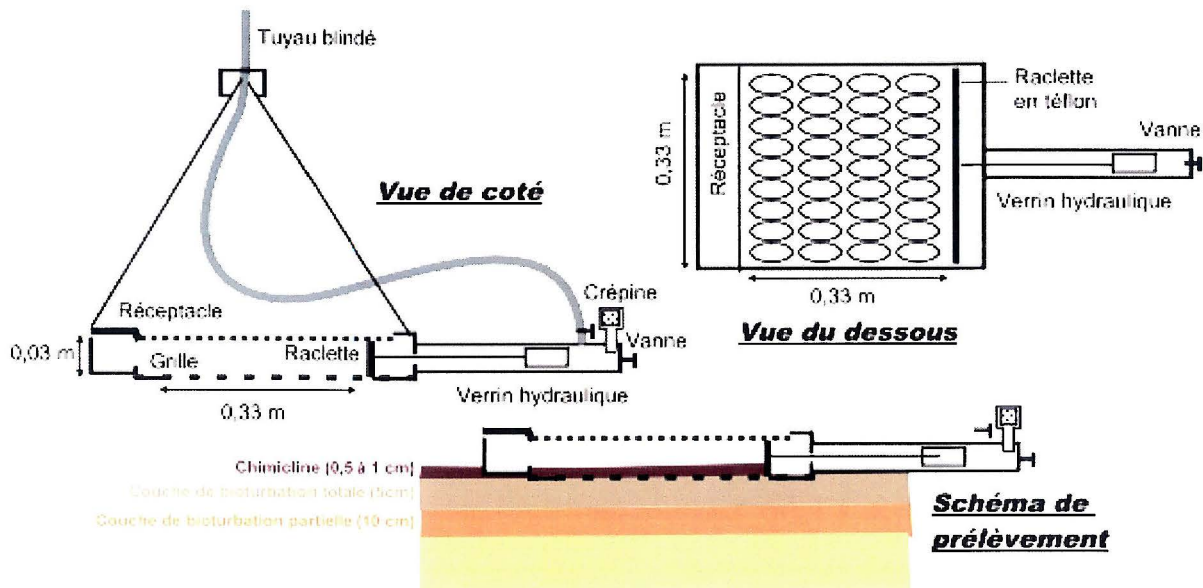


Figure 21. Schéma de montage et d'utilisation du racleur de sédiment superficiel standard [RS3]

Enfin la saison printanière a été choisie pour éviter la désoxygénation des sédiments profonds qui induit des relargages d'une partie des éléments recherchés. L'échantillonnage a donc été effectué un mois après la bascule printanière afin de bénéficier à la fois de sédiments de fond bien décantés et bien oxygénés.

Résultats : niveau et spatialisation de la trophie des sédiments

Par rapport aux valeurs observées dans les lacs du Jura (VERNEAUX et al., 1991), les teneurs en carbone, azote et phosphore mesurées sont moyennes à fortes (tab. XV). En outre, pour les sédiments sublittoraux et centraux, les triplets de valeurs associés à la même profondeur sont remarquablement homogènes (moins de 10 % de variabilité).

Pt	Prof. m	Localisation	Azote K mg/kg de MS	P total mg/kg de MS	MO % MS	COT g/kg de MS
A	2	Face embouchure Drésine	4720	570	12,5	60,4
B	2	Entre Drésine et Lhaut vers Drésine	9700	1100	23,7	116,0
C	2	Face embouchure Lhaut	5230	690	15,5	87,9
D	10	Face embouchure Lhaut	6600	1200	16,8	73,0
E	10	Entre Drésine/Lhaut	7650	1000	17,1	75,8
F	10	Face embouchure Drésine	6930	1300	16,2	71,3
G	20	Face embouchure Drésine	6700	1200	15,6	64,1
H	20	Entre Drésine/Lhaut	7200	1200	16,6	72,8
I	20	Face embouchure Lhaut	7080	1100	15,1	77,5

Tableau XV. Teneurs en matières organiques et nutritives des sédiments littoraux et profonds prélevés en mai 2005 à proximité du système d'afférences du lac.

Dans l'ensemble, les teneurs en matière organique et donc en carbone varient très peu avec la profondeur. En revanche, les concentrations littorales d'azote et de phosphore sont plus faibles que celles qui ont été mesurées dans les sédiments sublittoraux et centraux, similaires entre elles. Par conséquent, les rapports C/N sont plus élevés dans la partie littorale et stable dans les secteurs plus profonds. Enfin, les essais de cartographie des teneurs inclinent à proposer l'hypothèse d'apports nutritifs nettement plus importants par la Drésine que par le Lhaut (fig. 22).

Bilan et évolution de la trophie des sédiments.

Les valeurs C/N littorales dépassent nettement la valeur de minéralisation optimale qui est de 10 (tab. XVI). Cette configuration témoigne soit de l'allochtonie des apports ou/et du caractère difficilement minéralisable des matières sédimentées (VERNEAUX et al. 1991). L'abaissement vers la valeur 10 du C/N avec la profondeur (et donc aussi avec l'éloignement des embouchures) indiquent soit une meilleure minéralisation soit une influence de matériel pélagique (plancton) dont le C/N initial est plus bas.

Les teneurs en matières carbonées et azotées mesurées 14 ans plus tôt (BENQUET et al. 1991) ne s'élevaient qu'à la moitié des concentrations observées en 2005 (tab. XVI). Cependant, le protocole utilisé dans cette étude antérieure consistait à prélever les 5 à 10 premiers centimètres de sédiments et non les 5 à 10 premiers millimètres. En outre les valeurs fournies correspondent à des moyennes sur l'ensemble du lac alors que la présente étude s'est délibérément cantonnée à la zone d'afférence seulement.

Prof.		Prélèvement mai 2005					Prélèvement mai 1991				
		Nk %	Pt %	MO %	C %	C/N	Nk %	Pt %	MO %	C %	C/N
2m	min	0,47	0,06	12,5	6,0	12,8	0,21		4,7	2,3	11,0
	moy	0,66	0,08	17,2	8,8	13,5					
	max	0,97	0,11	23,7	11,6	12,0					
10m	min	0,66	0,10	16	7,1	10,8	0,38		8	3,7	9,7
	moy	0,71	0,12	16,7	7,3	10,4					
	max	0,76	0,13	18	7,5	9,9					
20m	min	0,67	0,11	16	6,4	9,6	0,37		9,7	4,5	12,2
	moy	0,70	0,12	15,8	7,1	10,2					
	max	0,72	0,12	17	7,7	10,7					

Tableau XVI. Proportions de carbone, d'azote et de phosphore sédimentaires mesurées en mai 2005 dans le secteur face aux afférences ; comparaison avec des données antérieures.

Diagnostic de l'état actuel des cours d'eau affluents.

La plupart des études antérieures ont montré que les affluents du lac de Remoray, et en particulier la Drésine et son affluent le plus aval, le Ruisseau de Remoray présentaient une mauvaise qualité ou au moins subissaient des perturbations importantes (BOUCHARD et al. 1993, DEGIORGI et al. 1994, DIREN Fr.-Comté 1990 et 1996). Pourtant le réseau hydrographique de la Basse Drésine a profité de plusieurs opérations de restauration physique. Cependant, les altérations encore suspectées sont de nature chimique et affectent plutôt la qualité de l'eau.

Par conséquent, afin de caractériser la nature et l'intensité des flux contaminants véhiculés par le système d'affluents du lac, un diagnostic poussé de la qualité biologique des cours d'eau a été effectué grâce à l'étude de leur faune benthique. En parallèle, la charge trophique apportée par chaque cours d'eau a été caractérisée par 8 séries d'analyses plurisaisonnières.

Ces investigations ont été effectuées sur 4 stations afin de distinguer la provenance des différentes pollutions éventuelles (fig. 32). Deux stations d'étude ont été placées sur la Basse-Drésine afin de distinguer l'influence du Petit Bief, qui constitue un affluent important. Parallèlement, une station d'étude a été aussi placée sur le Ruisseau de Remoray qui est susceptible d'apporter d'autre flux polluants et qui conflue à l'aval des deux points précédents (fig. 23).

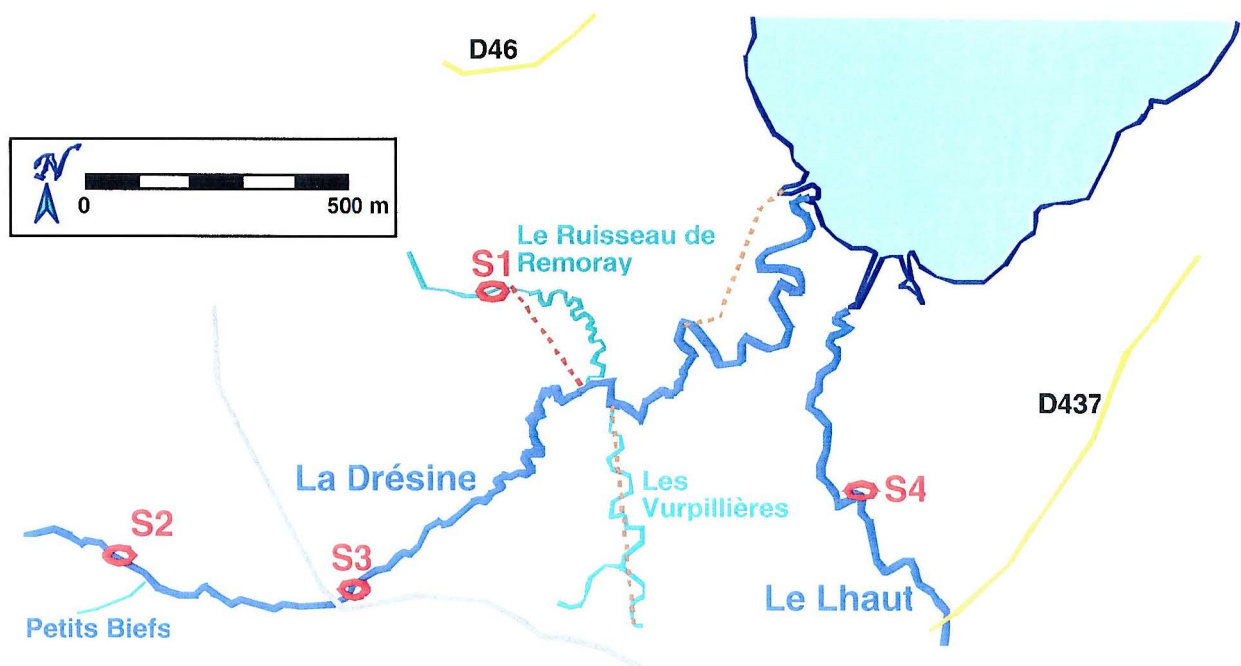


Figure 23. Localisation des sites de prélèvement de benthos et d'eau pour la physico-chimie.

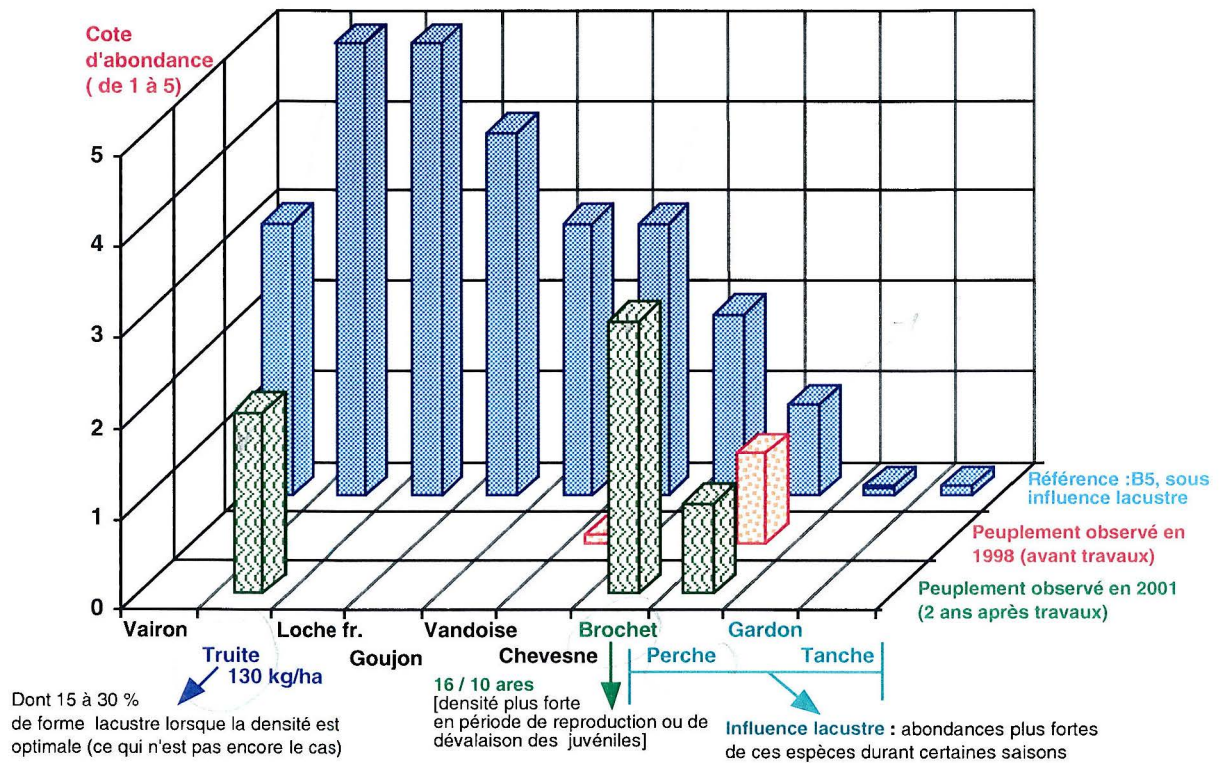


Figure 25 : évolution de la structure du peuplement observé sur le tronçon aval de la Drésine avant et après travaux de renaturation

Analyse semi-quantitative du macrobenthos

Principes, objectif et protocole d'étude

Intérêt et nécessité d'une approche semi-quantitative

La qualité biologique globale des affluents était au début des années 1990 nettement dégradée. En effet, la faible valeur des IBGN déterminés en 1993 traduisait l'absence de plusieurs familles d'organismes sensibles (ann. 5). La réduction accentuée des macrofaunes benthiques de la Drésine et du Ru de Remoray indiquait que ces cours d'eau étaient alors fortement pollués tandis que la qualité du Lhaut n'était que moyenne.

L'évaluation de l'impact favorable éventuel des opérations de dépollutions qui sont programmées sur le bassin versant nécessite l'actualisation de ce diagnostic pour disposer d'un état initial actualisé. Pour cela, nous avons mis en œuvre, pour 3 sites sur 4, une méthode d'analyse semi-quantitative des peuplements de macro-invertébrés benthiques complétée sur la Drésine aval par l'approche qualitative que constitue l'IBGN.

Protocole d'analyse semi-quantitative du benthos : le MAG20.

Le protocole d'échantillonnage balaye systématiquement les 3 composantes de l'habitat aquatique : nature du substrat, vitesse de courant et hauteur d'eau (tab. XVII), alors que le protocole de l'IBGN ne tient pas compte du dernier descripteur. Le nombre de prélèvements élémentaires effectués à l'aide d'un filet Sürber de 1/20 de m², est fixé à 20, contre 8 pour l'IBGN, afin de prospector une gamme d'habitats plus étendue.

Codification des substrats/supports et hiérarchisation de leur attractivité

Codes	Désignation
S9	Bryophytes
S8	Spermaphytes immergés
S7	Éléments organiques grossiers (Litières, branchages, racines)
S6	Sédiments minéraux de grande taille (Pierres, galets) 2,5 cm à 25 cm
S5	Granulats grossiers 0,25 cm à 2,5 cm
S4	Spermaphytes émergés
S3	Sédiments fins +- organiques "vases" ≤ 0,1 mm
S2	Sables et limons < 0,25 cm
S1	Surfaces naturelles et artificielles (Roche, dalle, sols, parois) >25 cm
S0	Algues ou à défaut marne et argile

Codification non hiérarchisée des vitesses et de hauteurs d'eau

Code	Vitesses	Code	Hauteurs
V1	< 5 cm/s	H1	< 5 cm
V3	6 à 25 cm/s	H2	6 à 25 cm
V5	26 à 75 cm/s	H3	26 à 50 cm
V4	76 à 150 cm/s	H4	51 à 100 cm
V2	> 151 cm/s	H5	> 101 cm

Tableau XVII. Codification directive de l'espace fluvial utilisé dans le MAG20

Lors de l'échantillonnage, chaque couple substrat-vitesse recensé est échantillonné au moins une fois dans la classe de hauteur d'eau où il est le plus représenté. Dans le cas d'une variété de substrat-vitesse inférieure à 20, les prélèvements sont dupliqués pour les couples dominants dans des classes de profondeurs différentes.

Lors de l'échantillonnage, les classes de vitesses et de hauteurs d'eau de ce protocole ont été respectées. Certains substrats ont été regroupés tandis que les classes de vitesse sont explorées prioritairement aux profondeurs pour choisir les placettes de prélèvements, (BACCHI 1994). Ces adaptations ont permis de faire coïncider l'échantillonnage stratifié des macro-invertébrés avec la description objective des mosaïques d'habitats réalisée parallèlement (IAM, CSP-DR 5 1997, TELEOS 1999).

Analyse de la biocénose benthique du Ruisseau de Remoray aval

Étude du peuplement actuel du Ruisseau de Remoray

La station étudiée sur le Ruisseau de Remoray a été placée en aval du dernier pont, à l'entrée de la Réserve Naturelle, sur la partie amont du linéaire restauré en 2000. Le lit large de 50 cm environ, très méandrique, s'écoule parmi une végétation herbacée luxuriante. Les fonds, majoritairement minéraux, sont dominés par des galets.

Le Ruisseau de Remoray	26/07/2004 20 placettes
Abondance	8 763
Variété générique	30
Variété familiale	26
Variété générique Plécoptères	1
Variété générique Trichoptères	6
Variété générique Éphéméroptères	2
Variété générique Coléoptères	2
IBGN	9 / 20
Taxon indicateur (GI)	<i>Rhyacophilidae</i> (4)
Variété IBGN	19
Cb2	10,5 / 20
Iv	4,2
In	6,5

Tableau XVIII. Caractérisation du peuplement benthique du Ruisseau de Remoray en 2004

Les indices synthétiques montrent que la **qualité hydrobiologique est médiocre** (tab. XVIII). En effet, l'IBGN et le Cb2, valant respectivement 9 et 10,5 /20, sanctionnent une réduction **importante** du peuplement.

Tout d'abord, la variété taxonomique (nombre de familles dans les 8 placettes de la norme) et la variété générique (nombre de genres dans les 20 placettes) sont très nettement insuffisantes. Cette faible richesse taxonomique dénonce un affaiblissement global de l'édifice biologique, également signalé par une abondance moyenne. De plus, le peuplement ne comprend que très peu de taxons exigeants en matière de qualité du milieu aquatique.

Pourtant, la composition actuelle des fonds est loin d'être préjudiciable au développement d'une macrofaune benthique riche et variée, même si l'absence persistante des bryophytes, 4 années après la restauration du ruisseau, limite encore son attractivité. Par conséquent, c'est **la qualité de l'eau** qui semble être le principal dérèglement réduisant le peuplement d'invertébrés.

Les deux taxons qui n'ont plus été rencontrés en 2004 sont *Crenobia* (Triclades, *Planariidae*) et *Plectrocnemia* (Trichoptères, *Polycentropodidae*) ; ils ne possèdent pas une sensibilité très élevée aux pollutions organiques. En revanche, parmi les taxons « apparatus », *Odontocerum*, *Rhyacophila* et *Empididae* sont réputés assez exigeants.

La réhabilitation du secteur a certainement contribué à l'implantation de ces organismes, grâce à la diversification des habitats aquatiques. Cependant, **la progression enregistrée est loin d'être satisfaisante**, tant le peuplement de 2004 montre encore des déficits importants pour plusieurs étages de l'édifice macro-benthiques.

Analyse des biocénoses benthiques de la Drésine

Étude du peuplement actuel de la Drésine en amont de la confluence du Petit Bief

Cette station sur la Drésine amont se situe 10 mètres en amont de la confluence du Petit Bief. Son lit, large de 2 mètres environ, est composé principalement de galets et graviers avec quelques touffes disparates de Bryophytes.

La qualité du peuplement est médiocre avec une abondance totale très faible et une variété générique basse (tab. XIX). Cependant, trois larves d'*Odontoceridae* maintiennent la note IBGN à 14 /20. Le calcul de la robustesse de l'indice (en supprimant le taxon indicateur) fait perdre 4 points à l'indice et rend mieux compte de la faiblesse de l'abondance et de la variété. Cette situation est directement imputable à une **qualité de l'eau très suspecte**.

La Drésine Amont confluence Petits Biefs	26/07/2004 20 placettes
Abondance	5 841
Variété générique	29
Variété familiale	25
Variété générique Plécoptères	0
Variété générique Trichoptères	7
Variété générique Éphéméroptères	4
Variété générique Coléoptères	3
IBGN	14 / 20
Taxon indicateur (GI)	<i>Odontoceridae</i> (8)
Variété IBGN	21
Cb2	12,5 / 20
Iv	4,6
In	7,7

Tableau XIX. Caractérisation du peuplement benthique de la Drésine en amont du Petit Bief.

La Drésine	26/07/2004
altitude .859	8 placettes
Abondance	4 737
Variété générique	29
Variété familiale	28
Variété générique Plécoptères	2
Variété générique Trichoptères	6
Variété générique Éphéméroptères	3
Variété générique Coléoptères	4
IBGN	15 / 20
Taxon indicateur (GI)	<i>Odontoceridae</i> (8)
Variété IBGN	28
Cb2	14,0 / 20
Iv	6,2
In	7,9

Tableau XX. Caractérisation du peuplement benthique de la Drésine au pont .859 en 2004

Toutefois, la présence, même timide, de taxons comme *Odontocerum*, *Leuctra*, *Habrophlebia*, *Rhyacophila*, *Tinodes*, *Hydroptila*, *Nemoura*, *Elodes*, *Helophorus*, *Empididae*, *Psychodidae* est encourageante. Elle montre qu'un **que la station bénéficie d'un potentiel latent relictuel.**

Analyse comparative des peuplements macrobenthiques actuels de la Drésine

Une **amélioration assez nette** s'effectue entre les deux stations, malgré la faible distance qui les sépare : l'abondance, la variété générique, le Cb2 et l'IBGN progressent significativement entre les 2 séries de 8 placettes. Cette évolution s'accompagne de l'apparition de taxons plus sensibles, comme les Plécoptères *Leuctra* et *Nemoura*, les Coléoptères *Elodes* et *Helophorus*, ainsi que de la progression d'autres groupes relativement exigeants (*Hydroptila*, *Empididae*, ...).

En revanche, même si les *Gammaridae* augmentent d'un facteur 80 relativement au site amont, les densités des taxons sensibles aux produits toxiques issus des scieries restent encore très faibles sur la station aval. En outre, la persistance d'une très forte proportion de taxons saprobiontes (autour de 97 %) montre que la pollution organique perturbe les peuplements de la Drésine sur un grand linéaire.

Les capacités d'autoépuration de la Drésine semblent donc grevées ou au moins bridées. Aussi, la nette amélioration observée entre les deux stations pourrait-elle surtout indiquer que l'eau apportée par le Petit Bief est de bonne qualité ou/ et que la Drésine récupère d'autres arrivées karstique indemne de pollution.

Analyse de la biocénose benthique du Lhaut aval

Étude du peuplement de macroinvertébrés actuel du Lhaut aval

Cette station sur le Lhaut se situe à l'entrée de la Réserve Naturelle de Remoray. L'habitat aquatique, bien diversifié, offre une attractivité affirmée grâce à la dominance des graviers et des galets en outre partiellement recouverts de bryophytes. **La biocénose benthique** présente une abondance élevée (27 483 individus) et une bonne variété (50 genres). Les indices synthétiques atteignent un niveau satisfaisant : IBGN de 17/20 et Cb2 et 15,5/20 (tab XXII).

Le Lhaut	26/07/2004 20 placettes
Abondance	27 483
Variété générique	50
Variété familiale	37
Variété générique Plécoptères	4
Variété générique Trichoptères	10
Variété générique Éphéméroptères	9
Variété générique Coléoptères	9
IBGN	17 / 20
Taxon indicateur (GI)	<i>Perlodidae</i> (9)
Variété IBGN	30
Cb2	15,5 / 20
Iv	6,6
In	8,7

Tableau XXII. Caractérisation du peuplement benthique du Lhaut en 2004

La présence significative de taxons très polluo-sensibles comme *Isoperla* et *Perlodes* (Plécoptères *Setipalpia Perlodidae*) montre que la qualité de l'eau n'est *a priori* pas limitante sur ce site. Cette observation est confortée par la variété notoire de taxons moins sensibles mais restant exigeants comme *Odontocerum*, *Silo*, *Sericostoma*, *Ecdyonurus*, *Leuctra*, ainsi que *Rhithrogena*, *Habrophlebia*, *Paraleptophlebia*, *Protonemura*, *Rhyacophila*, ...

Toutefois, l'absence d'autres familles regroupant des espèces sensibles dont plusieurs sont électives de la zone à truite, comme les *Perlidae* et surtout les *Chloroperlidae*, dénonce l'existence de perturbations pernicieuses. En outre, la forte proportion des taxons saprobiontes (91 %), largement dominés par les *Gammaridae* (68 %), indique que la charge organique est certainement loin d'être négligeable. L'excès de MO pourrait être apporté par les ruissellements en provenance du gigantesque dépôt de bois installé sur le versant proche de la rive droite, au-dessus de la Réserve.

Malgré tout, la qualité du peuplement de macro-invertébrés du Lhaut semble avoir bel et bien augmenté pour atteindre un niveau sub-référentiel. Si l'on considère que la structure habitationnelle du Lhaut est inchangée, cette progression de la biocénose reflète l'arrêt ou la meilleure épuration des activités polluantes du bassin versant. Ce fait est confirmé par les observateurs de terrain (comm. orale A. ROUSSELET).

Composition spécifique de trois ordre d'insecte sur le Lhaut aval

Parallèlement à ces approches simplifiées, un inventaire spécifique des Plécoptères, Trichoptères et Éphéméroptères du Lhaut à l'aval du pont de la RD 437 a été effectué au cours de 4 campagnes dont 2 en 1993 et 2 en 2002 (REDDING 2001 et 2003). Cette étude s'inscrit dans le cadre de l'étude de la recolonisation du ruisseau des Vurpillières après sa renaturation.

Au total, **36 espèces appartenant à ces trois ordres** d'insectes ont été récoltées dans ou à proximité immédiate du Lhaut, illustrant la richesse faunistique de ce cours d'eau. La proximité de ce réservoir d'espèces a sans doute favorisé le retour massif de nombreuses espèces dans les Vurpillières restaurées. De plus, entre 1993 et 2002, un enrichissement s'est opéré sur le Lhaut lui-même. Cette tendance recoupe et corrobore l'évolution perçue par les analyses simplifiées (*cf.* tab. XXIII).

Enfin, cet inventaire spécifique permet de vérifier la significativité et la représentativité de l'image qualitative fournie par le MAG 20. Certes, l'approche naturaliste effectuée par REDDING est basée sur une récolte systématique et répétées des imagos aériens et des larves aquatique, sans l'application d'un protocole standardisé bien défini. Cependant, le but de l'opération est de recueillir un maximum d'espèces des trois ordres sans s'intéresser à leur abondance.

En outre, cette approche s'est appuyée sur deux séries de 4 campagnes en 10 ans consistant en une prospection poussée de l'ensemble du linéaire concerné. En revanche, le protocole du Mag20 ne repose lui que sur une seule campagne de prélèvements, effectuée sur une station représentative de taille limitée. L'échantillonnage, axé sur la prospection de 20 placettes d'une surface totale d'un mètre carré, ne concerne que les stades aquatiques.

La comparaison des deux images obtenues (tab. XXIV) montre que la moitié des genres (52 %) sont récoltés par les deux approches. *A contrario*, 29 % ne sont décelés que par l'inventaire spécifique contre 19 % par le seul Mag20.

IV. Bilan des analyses biocénologiques des affluents du lac de Remoray

En 2004, l'analyse des biocénoses benthiques de la partie aval des 2 tributaires du lac de Remoray ainsi que du Ruisseau de Remoray n'a pas permis de découvrir de **situation référentielle**. Sur la Basse-Drésine et son affluent rive gauche, les variétés taxonomiques sont faibles, tandis que les taxons polluo-sensibles sont absents ou déficitaires. Le Lhaut abrite un peuplement plus complet comportant des groupes peu tolérants mais une partie des taxons électifs des cours d'eau à truite de moyenne altitude fait défaut.

La nature et la structure des peuplements de macro-invertébrés indiquent que la qualité de l'eau est faiblement (Le Lhaut), moyennement (La Drésine) ou très fortement (le Ruisseau de Remoray) altérée sur les trois cours d'eau. Sur les quatre sites, des signes nets **d'excès organiques ou / et nutritives** ont pu être déduits de la composition faunistique tandis que des **contaminations toxiques sont fortement suspectées** sur la Drésine et le Ruisseau de Remoray.

Cependant, la comparaison des peuplements de 2004 avec ceux qui ont été observés dans les années '90 montre que la qualité biologique de ce système d'afférences est globalement en progression. En effet, les biocénoses des trois stations bénéficiant de données antérieures se diversifient et même s'augmentent de taxons plus sensibles.

Toutefois, cette amélioration est nettement insuffisante, et de réels progrès au niveau de la qualité de l'eau doivent s'opérer pour obtenir des peuplements conformes aux types écologiques des cours d'eau étudiés. Le ruisseau des Vurpillières qui abrite à nouveau, actuellement et après restauration une faune très intéressante et variée (REDING 2003) constituent en fait la seule référence de ce secteur pour un type écologique apical s'approchant de celui du Ruisseau de Remoray.

Afin de vérifier ces tendances et surtout pour préciser les causes des altérations observées, des investigations chimiques ont été pratiquées sur l'eau et les sédiments de ces cours d'eau. Elles permettront aussi de quantifier les flux polluants pour contribuer à fournir un état initial dans le cadre d'une opération de dépollutions.

Le débit moyen des apports au lac est associé à une variabilité importante. Cette estimation est sujette à caution en raison du nombre limité de mesures. Toutefois, son ordre de grandeur est très proche de celui qui a été calculé par la DIREN entre 1989 et 1991 (DIREN Fr.-Comté 1991). En concordance avec cette étude antérieure, le temps de renouvellement déduit pour le lac oscille entre 4 et 8 mois. Les débits calculés seront aussi utilisés pour apprécier les flux polluants reçus par le lac (ann. 6).

Enfin les différentes teneurs ont été interprétées en fonction des normes du SEQ Eau mais surtout des guides NISBET et VERNEAUX en 1978. En effet, ces auteurs tiennent compte de la signification biologique des concentrations et surtout distinguent les potentiels d'assimilation des différents type de cours d'eau.

Teneurs en phosphore

Pour le Lhaut en toute occasion, et pour la Drésine en étiage et en débit moyen, quelle que soit la saison, les teneurs en phosphore mesurées sont faibles, en deçà du maximum optimal (fig. 26). En revanche, les teneurs estivales, en étiage ou en crue, ainsi que les concentrations en débit moyen froid du ruisseau de Remoray témoignent d'une pollution phosphorée insidieuse.

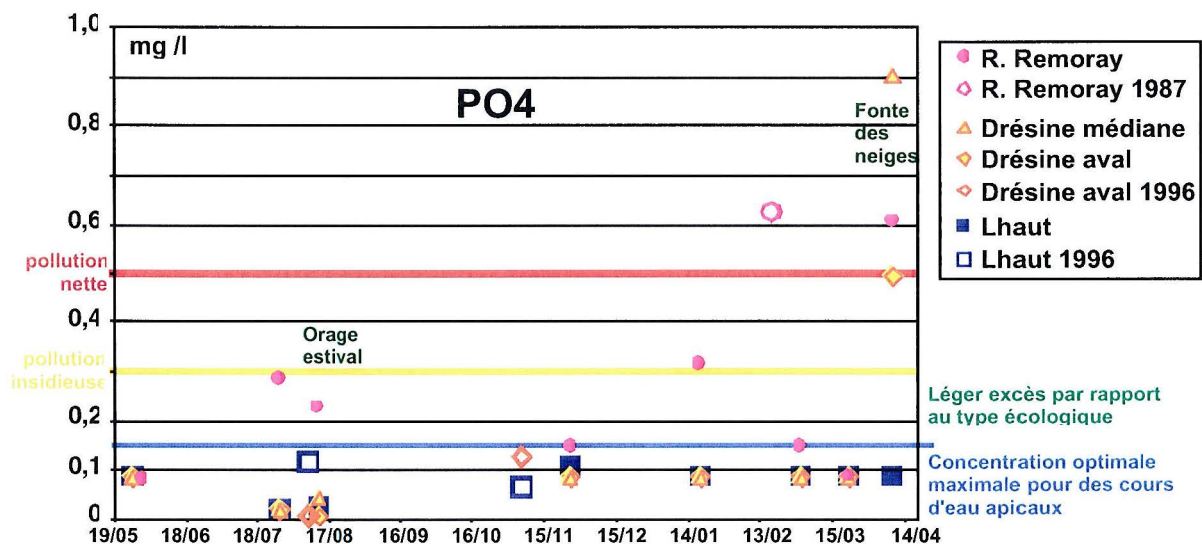


Figure 26. Teneurs en phosphore mesurées à 8 reprises en 2004/2005 sur les affluents du lac de Remoray ; comparaison avec des données antérieures.

Surtout, les teneurs en phosphates mesurées en fin de fonte des neiges, lors d'une crue importante et après un lessivage des versants indiquent que la Drésine et le Ruisseau de Remoray contiennent alors de très fortes teneurs en phosphore. Cette gamme de valeurs a déjà été mesurée pour le Ruisseau de Remoray mais n'a pas été décelée à l'occasion des très rares mesures antérieures effectuées sur la Drésine.

Les teneurs en ammonium mesurées à 8 reprises sont en deçà du maximum optimal pour le Lhaut en toute occasion et pour la Drésine en dehors des périodes d'étiage hivernal et de lessivage printanier. En revanche, plus de la moitié des concentrations observées sur le ruisseau de Remoray sont nettement excessives.

Toutefois, sur ce cours d'eau, l'unique mesure antérieure indique un niveau critique pour l'ammonium. Par conséquent, sa charge azotée pourrait avoir diminué et surtout se retrouver sous une forme plus oxygénée (nitrates en l'occurrence). Cette hypothèse doit être considérée avec prudence compte tenu du manque de données antérieures. Elle est toutefois corroborée par les mesures d'azote organique (fig. 29).

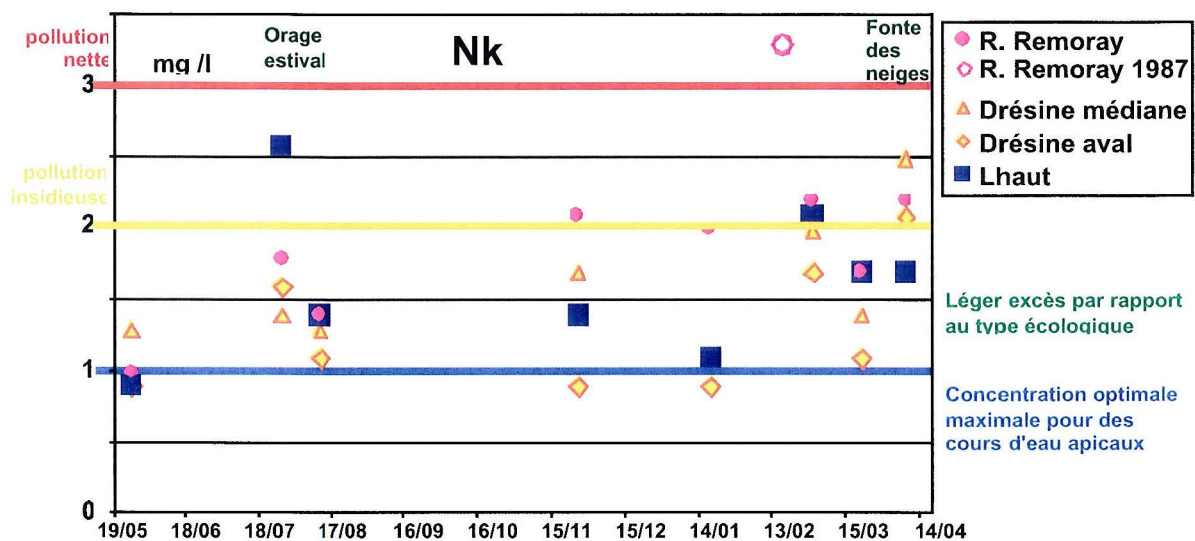


Figure 29. Teneurs en azote Kjeldhal mesurées à 8 reprises en 2004/2005 sur les affluents du lac de Remoray ; comparaison avec des données antérieures.

En effet, si les concentrations en azote organique restent fortes dans le cas du ruisseau de Remoray, elles sont nettement inférieures à la mesure de 1987. Parallèlement, ce paramètre est régulièrement en léger excès dans le cas de la Drésine et du Lhaut. Des concentrations préoccupantes ont pu être ponctuellement mesurées en étiage estival et hivernal pour le Lhaut ainsi que lors du lessivage printanier pour la Drésine.

Matières carbonées et oxydabilité

En étiage estival ou hivernal, les concentrations en carbone organique dissous restent faibles pour les 3 affluents, même si certaines teneurs sont excessives pour des cours d'eau apicaux (fig. 30). En revanche, après l'orage estival, les taux de matières organiques dissoutes témoignent d'une contamination organique insidieuse sur les 4 stations. Durant le lessivage printanier, la Drésine et son affluent contiennent des taux de encore plus forts pour ce paramètre.

Les mesures d'oxydabilité à froid, s'approchant d'avantage de la quantité totale de substances oxydables, confirment ces hypothèses. En effet, elles atteignent des niveaux indiquant des pollutions insidieuses à critique pour les 4 stations en étiage estival ou pour la Drésine amont et le Ruisseau de Remoray durant le lessivage printanier (fig. 32).

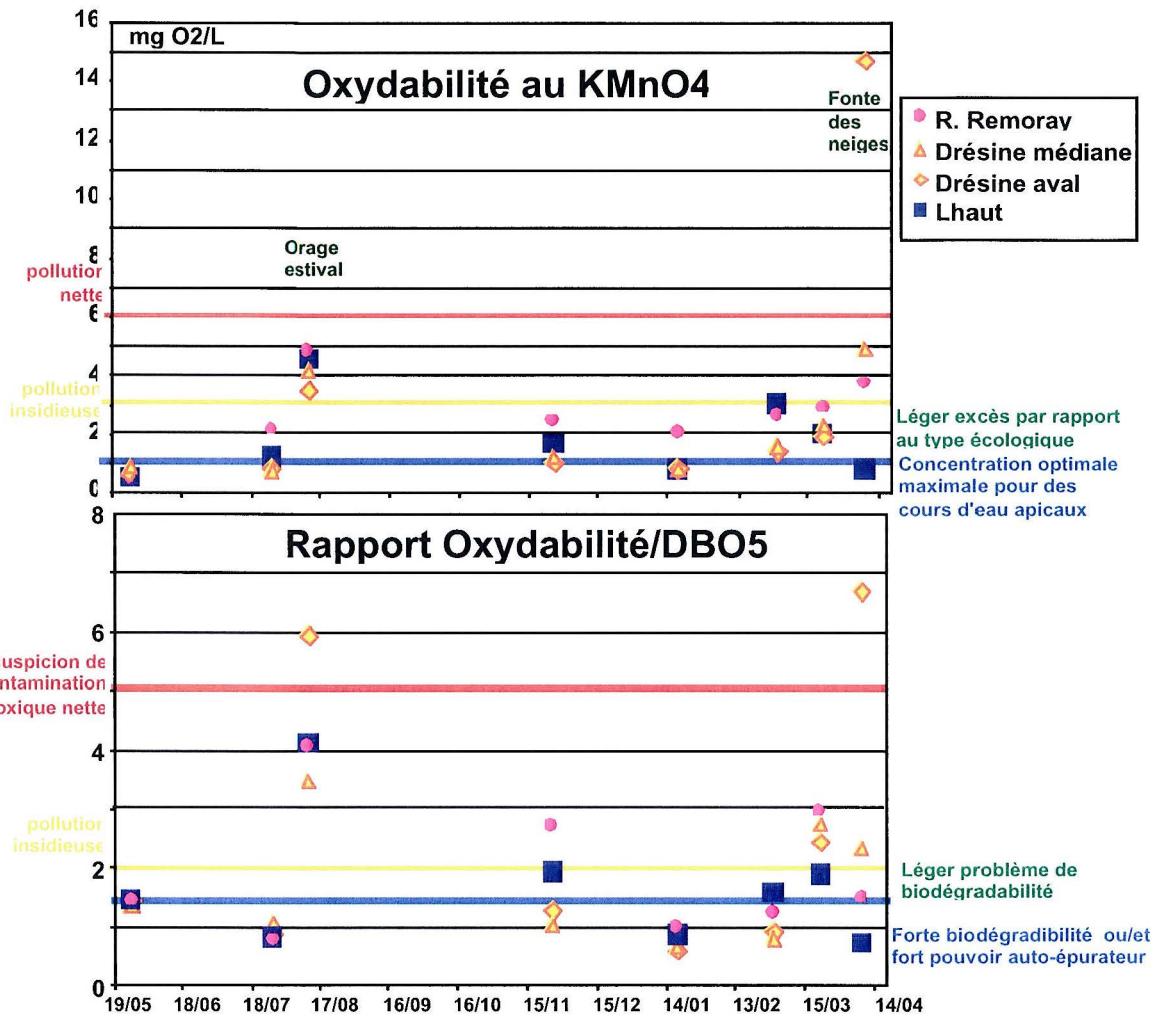


Figure 32. Oxydabilité au KMnO₅ mesurées à 8 reprises en 2004/2005 sur les affluents du lac de Remoray et mise en rapport avec la DBO₅.

En outre le rapport entre DBO₅ et oxydabilité au KMnO₅ confirme la présence de matières peu biodégradable ou l'existence de substances inhibant l'auto-épuration, essentiellement mais pas uniquement pendant les crues. En effet, ce quotient permet de mieux cerner la nature de la pollution et de déceler des composés toxiques puisqu'il mesure la proportion de pollution facilement biodégradable (DEGREMONT 1989).

Certes les charges organiques et nutritives importantes ne s'observent que durant les épisodes de lessivage. Cependant, ces événements sont fréquents dans le secteur observé. En particulier, la crue subite du mois d'août n'était que la 2^e de l'été 2004, un premier orage ayant déjà lessivé les bassins versant à la fin du mois de juillet.

En outre, durant ces épisodes, les débits atteignent des valeurs élevées. Par conséquent, les lessivages du bassin versant apportent au lac des flux de nutriments et de carbone dissous encore non négligeables. Pour compléter cet état initial, une estimation du flux organique et nutritif a été effectuée en combinant les analyses chimiques et les mesures de débit (tab. XXVI).

Élément forme	Azote			Phosphore			N/P	Carbone (COT) Kg/an
	organique Kg/an	minéral Kg/an	total Kg/an	organique Kg/an	minéral Kg/an	total Kg/an		
Sur 8 mesures	5 634	3 796	9 430	110	389	499	19	18 252
Hors lessivage	2 093	827	2 920	81	13	94	31	5 789

Tableau XXVI. Estimation de la charge organique et nutritive annuelle collectée par le lac de Remoray en 2004.

En définitive, dans l'état actuel de nos connaissances, si la charge trophique transférée par les trois affluents semble avoir diminué depuis les années '90, elle reste nettement excessive en particulier à l'occasion des épisodes de lessivage du bassin versant de la Drésine. Toutefois, cette pollution organique et nutritive ne peut à elle seule expliquer le dysfonctionnement persistant observé dans le lac.

Par conséquent, pour tenter de vérifier et de quantifier les suspicions de contaminations toxiques induites par la faible biodégradabilité observée à plusieurs reprises, des recherches de substances toxiques ont été effectuées sur un échantillon sédimentaire de chaque cours d'eau

Paramètres	La Drésine	Le Lhaut	R. de Remoray
Micropolluants organiques			
Équivalent Huiles minérales	<0,05	<0,05	589
Indice hydrocarbure	<0,05	<0,05	750
Anthracène	0,08	<0,04	0,09
Benzo (a) anthracène	0,4	0,09	0,89
Benzo (a) pyrène	0,56	0,10	1,1
Benzo (b) fluoranthène	0,44	0,1	0,74
Benzo (ghi) perylène	0,36	0,09	0,77
Benzène (k) fluoranthène	0,23	0,06	0,54
Chrysène	0,47	0,08	0,93
Dibenzo (a,h) anthracène	0,17	0,04	0,46
Fluoranthène	0,87	0,22	2,2
Indéno (1,2,3-cd) pyrène	0,32	0,03	0,86
Méthyl 2 fluoranthène	0,07	<0,05	0,17
Méthyl 2 naphthalène	<0,05	<0,05	0,11
Phénanthrène	0,23	0,07	0,37
Pyrène	0,89	0,22	2,8
HAP totaux	5,09	1,10	12,03
Métaux lourds			
As Arsenic	0,0	0,0	2
Cd Cadmium	0,0	0,0	0,0
Co Cobalt	4	2	6
Cr Chrome	24	9	27
Cu Cuivre	5	3	18
Li Lithium	14	6	0,0
Nb Niobium	12	6	15
Ni Nickel	6	4	9
Pb Plomb	4	0	11
Sb Antimoine	0	0	0
Sn Étain	0	0	651
Ti Titane	1077	458	1420
Zn Zinc	51	25	105
Autres marqueurs de pollution			
B Bore	19	12	25
P Phosphore	617	350	913
Ba Baryum	4	6	26

Légende : seuils de contaminations [Étude Inter Agence n°65 (1997) ; projet de SEQ-sédiment RMC]

En bleu turquoise : seuil de contamination légère (concentration susceptible d'effets insidieux à long terme)

En vert : seuil de contamination nette (effets toxiques sur les espèces sensibles ou à moyen terme)

En rouge : seuil de contamination très forte (effets toxiques à court ou moyen terme sur un grand nombre d'espèces)

Tableau XXVII. Micropolluants organiques, métaux lourds et marqueurs de pollution décelés dans les sédiments fins des trois à l'occasion d'une analyse multirésidus. Les teneurs sont toutes en mg/ kg de Matières sèches.

Bilans, recherches des causes et conclusions

Synthèse sur l'état de santé du lac et de ses affluents

La démarche d'étude adoptée consiste en un ensemble d'observations et de mesures effectuées à différents endroits et pour plusieurs composantes de l'écosystème constitué par le lac de Remoray et la partie aval de ses affluents. Ces approches coordonnées convergent sur plusieurs points (tab. XXVIII).

	Habitat	Physico-chimie	Toxiques sédiment	Algues	Benthos	Poissons
R. Remoray	Restauré	Mauvaise Excès fréquent NH ₄ , N, C ... périodiques PO ₄	Importants Forte teneur Sn Hydrocarbures lourds et HAP	?	Médiocre	Médiocre Forte biomasse mais absence d'espèce benthique
Drésine	Bon Secteur aval restauré	Médiocre Excès chroniques N et C périodiques PO ₄	Importants Hydrocarbures lourds et HAP Pyrrétrinoïdes Fongicides	?	Moyenne	Médiocre Forte biomasse mais absence d'espèce benthique
Lhaut	Excellent Sauf embouchure artificialisée	Bonne N et C en léger Excès périodiques	Légère contamination HPA	?	Bon	?
Lac	Excellent Ceintures végétales respectées (tendances au colmatage)	Médiocre Désoxygénation tardive mais accentuée Excès de N Relargages P	?	Blooms intermittents Algues filamenteuses envahissantes	Moyen Fort potentiel Taxons sensibles régressent	Moyen Fort potentiel Biomasses limitées Déficit d'espèces exigeantes

Tableau XXVIII. Bilan synoptique de l'état de santé des différents compartiments de l'ensemble Lac et système d'afférences ; [? = pas de mesures récentes].

Le Lhaut bénéficie d'une qualité bonne à excellente, à peine entachée d'excès azotés et carbonés périodiques mais de faible biodégradabilité. En revanche, le bassin de la Drésine apporte au lac des flux modérés mais chroniques d'azote et de carbone organique ainsi que flux périodiques mais plus excédentaire de phosphore. Parallèlement, ce bassin comporte deux sources de contaminations toxiques au moins.

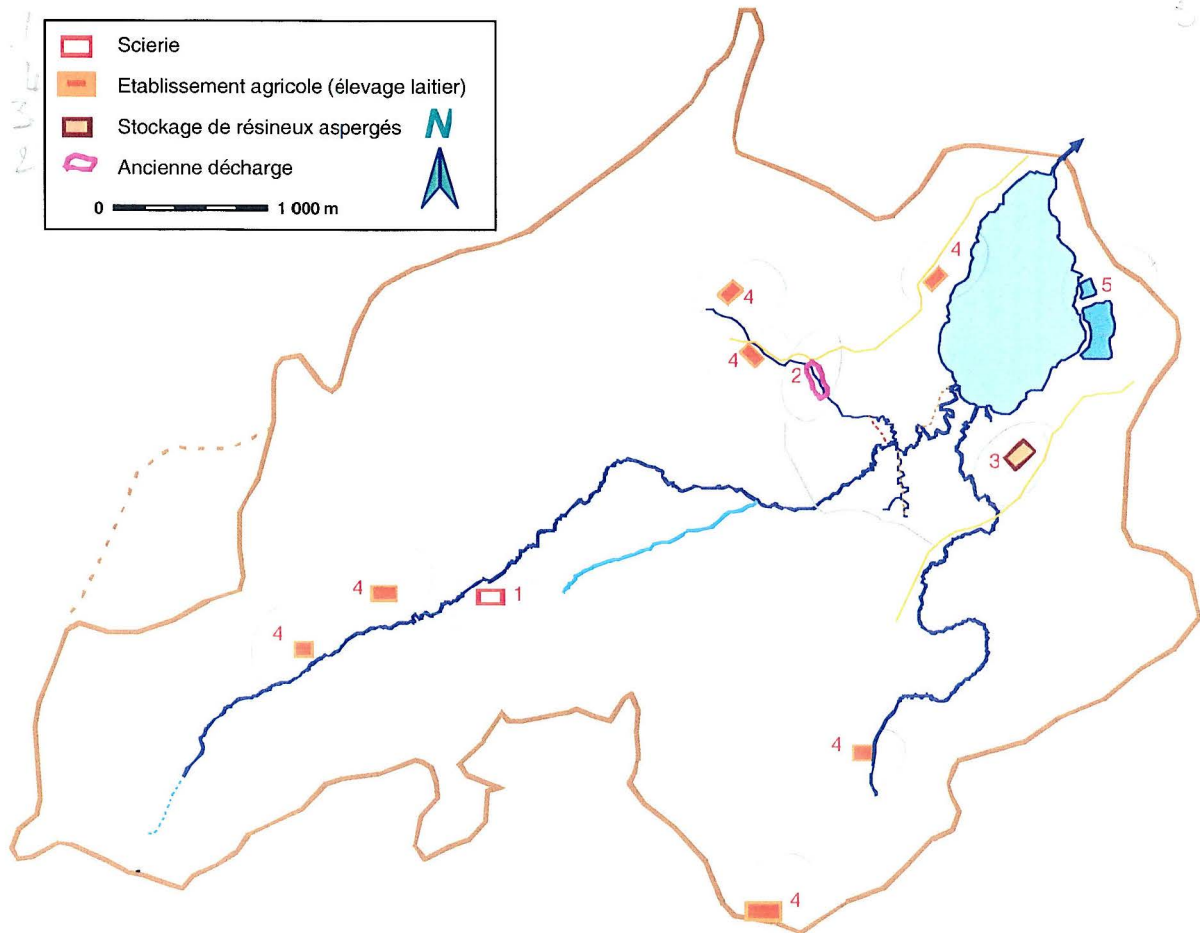


Figure 33. Inventaires de sites à risque d'émissions toxique sur le bassin versant du lac

1 La scierie de Boujeons

Cet établissement est aux normes et il a même récemment produit des efforts notoires pour éviter les suintements toxiques. Toutefois, dans un passé pas très lointain, ce site pourrait avoir émis des flux non négligeables de produit de traitement. En effet, jusqu'en 1998, les bois traités s'égouttaient en partie à l'air libre à proximité immédiate de la Drésine amont.

En outre, malgré les efforts de mise aux normes, le fonctionnement de ce type d'établissement et la configuration du site à cheval sur le ruisseau comportent des risques importants d'émission intermittente de quantités variables de substances toxiques. D'ailleurs, une étude récente permettait de déceler des teneurs importantes de cyperméthrine dans les sédiments du cours d'eau (GOGUILLY et ELOY 2000). En outre, le suivi piézométrique réglementaire confirme que la nappe est régulièrement contaminée par ce composé ainsi que par du propiconazole (Synthèse DRIRE 2004).

	Altérations physiques	Propositions	Excès MO, N, P	Propositions	Source de Toxiques	Propositions
R. Remoray	Partie apicale artificialisée	Diagnostic à faire	Pratiques agricoles Épandage	Programme en cours	Décharge	Enlèvement avec précaution
Drésine	-	Suivi de la restauration	Pratiques agricoles Épandage	Programme en cours	Scierie	Amélioration de la collecte égouttures Protection accidents
Lhaut	Embouchure artificialisée	Restauration	Place de bois	Suppression en cours Suivi des résidus	Pollution grise D437	Diagnostic à faire
Lac	-	-	Apports NPC versants Feux artifices N, S ...	Programme en cours Analyser l'impact	Désherbage zone de loisir Feux artifices Mx Lourd ...	Proscrire la pratique Analyser L'impact

Tableau XXIX. Bilan des causes majeures d'altérations des milieux aquatiques de la Réserve naturelle de Remoray et propositions de remédiation hiérarchisées.

1° En bleu : action cruciale, déjà amorcées ou programmées.

2° En rouge : action cruciale, à effectuer au plus vite.

3° En vert : action importante à programmer dans un avenir proche.

4° En noir : action non prioritaire.

La collecte et le traitement des rejets organiques et nutritifs sont programmés. Pour cette démarche, il convient de favoriser les actions de dépollution agricole. Le redimensionnement et l'amélioration des fosses à lisier doit être accompagné d'une amélioration des pratiques d'épandage.

La maîtrise des suintements émanant de la scierie de Boujeons doit prévoir une nouvelle amélioration de la collecte des égouttures ainsi qu'une expertise de l'écoulement des eaux pluviales. En outre, un dispositif de récupération devrait être mis en place en cas d'accidents ou d'incidents.

Le démantèlement et l'enlèvement de la décharge de Remoray devront être effectués en étiage, en prévenant l'écoulement des jus vers le lac. Pour cela il conviendra de détourner le cours d'eau (dans une conduite plastique par exemple). En outre, un filtre à sable temporaire sera installé pour filtrer les suintements résiduels pendant travaux. Il sera ensuite exporté en décharge de 2^e catégorie.

Les actions restauratoires prioritaires pourront utilement être suivies ou accompagnées d'opérations importantes moins cruciales. En particulier, **la restauration de l'embouchure du Lhaut** permettrait d'accélérer la restauration de l'ichtyofaune et du benthos lacustre et bénéficierait en particulier à la truite de Lac.

Corrélativement, **l'emploi des herbicides** dans la zone de Loisir doit être proscrit. De même, l'utilisation de ce secteur comme base de **lancement des feux d'artifice** du 14 juillet devrait-elle être subordonnée à la démonstration de l'absence de tout impact négatif sur la zone humide et sur le lac. Il conviendrait en particulier de s'assurer que cette activité pyrotechnique ne rejette aucun toxique.

Quelques mesures diagnostiques complémentaires mineures apparaissent également pertinentes. En particulier la **deuxième phase du suivi** prévu pour mesurer l'efficacité et éventuellement compléter la restauration de la Basse-Drésine n'a pas encore été mise en œuvre. Parallèlement, **l'analyse de l'impact des derniers résidus du site de bois aspergés** qui a été démantelé est à notre avis nécessaire. Une **étude de l'impact de la pollution routière** sur le Lhaut pourrait aussi s'avérer utile. Ces trois derniers efforts diagnostiques pourraient être couplés avec un état initial avant restauration de l'embouchure du Lhaut.

En définitive, les actions prioritaires préconisées, en particulier l'amélioration de la dépollution de la scierie et le démantèlement de la décharge de Remoray nécessitent des financements importants. Cependant, les effluents intermittents qui s'en échappent risquent de masquer voire d'annihiler les efforts de dépollution des rejets organiques et nutritifs entrepris depuis une quinzaine d'années et encore à venir. En outre les substances qui suintent de ces deux sites ont une forte rémanence dans les milieux aquatiques et tout délai dans leur traitement se traduit par une longue contamination du lac de Remoray.

Les potentiels originels exceptionnels de ce lac lui permettent malgré tout de conserver une qualité moyenne, mais la restauration totale de ses ressources écologiques nécessite et mérite une gestion particulièrement rigoureuse du bassin versant. Le retour à un état référentiel ou subréférentiel pour les différents éléments de la mosaïque de biotopes aquatiques qui composent la Réserve Naturelle de Remoray permettrait de reconstituer un réservoir d'espèces sensibles bénéficiant à toute la région. L'amélioration de sa qualité globale profiterait aussi directement au lac Saint Point qui collecte directement son exutoire et qui sert à l'alimentation en eau potable d'un grand nombre de personnes.

Enfin, la répétition, trois ou quatre ans après la fin des actions restauratoires du même système d'analyses que celui qui a été mis en œuvre dans la présente étude permettra de vérifier et de mesurer l'efficacité de cette opération exemplaire.

- CANS C. et REILLE A., 1997. Guide Delachaux et Niestlé des 134 réserves naturelles de France. 2e éd. revue et complétée. Lausanne : Delachaux et Niestlé, 440 p. : ill ; 20 cm. Les guides pratiques du naturaliste.
- CARTERON M. et TRIVAUDEY M. J., 1991. Profil historique des formations végétales de trois réserves naturelles, Remoray, Valbois, Frotey. Les Cahiers de l'environnement ; études et recherches en écologie comtoise, n° 11, 1991, 116 p.+ ill.
- CATHELIN F, DUCREST H, JOST C. 1995. Le peuplement chironomidien du lac de Saint Point (massif du Jura). Participation à la mise au point d'un protocole d'échantillonnage des exuvies nymphales de Diptères Chironomides. ,Mémoire de DESS, Université de Franche Comté, 40 p. + annexes.
- CEMAGREF. 1987. Diagnose rapide des milieux lacustres. *Cémagref éd., Agence de l'eau R-M-C, Ministère de l'Agriculture* :
- CERGRENE. 1995. Rapport de synthèse sur l'étude des diagnostics rapides dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse, 17p.
- CHASSARD F. 1991. Etude de la macrofaune benthique de cinq lacs du Jura : participation à l'élaboration d'une méthode pratique d'évaluation de la qualité des systèmes lacustres / F. Cécile Lechat, Pierre Mazuer, Chantal Pagnot, Valérie Verneaux. - 1991.Mém. de D.E.S.S. : sciences : Besançon : ; 2
- CHASSARD F., LECHAT C., MAZUER P, PAGNO C, VERNEAUX V. 1991. Etude de la macrofaune benthique de 5 lacs du Jura. Participation à l'élaboration d'une méthode pratique d'évaluation de la qualité des systèmes lacustres. ,Mémoire de DESS, Université de Franche Comté, 66 p. + annexes.
- CSP DR5, Université de Franche-Comté, 2003. Etat du peuplement piscicole du lac de Saint-Point. Rapport technique pour la fédération de pêche 25.
- DEATH RG.,1996. The effect of habitat stability on benthic invertebrates communities : the utility of species abundance distribution. ,*Hydrobiologia*, **317** : pp 97-107.
- DEGIORGI F., 1994. Organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. Thèse de l'Université de Fr.-Comté, 207p.
- DEGIORGI F., GRANDMOTTET J. P., RAYMOND J. C., RIVIER J., 2002. Échantillonnage de l'ichtyofaune lacustre : engins passifs et protocole de prospection. In "*Gestion piscicole des lacs et des retenues artificielles*" INRA éd., 151-182.
- DICHAMP S. et HOLDER E., 1996. Etude du peuplement chironomidien du lac de Remoray. Mém. de D.E.S.S. : sciences : Besançon : 80.
- DIGGINS T.P & STEWART K.M. 1998. Chironomid deformities, benthic community composition, and trace element in the Buffalo River (New York) Area of Concern. *J. N. Am. Benthol. Soc.* **17** (3) : pp 311-323.
- DINSMORE W, PREPAS E.E. 1997– Impact of hypolimnetic oxygenation on profundal macroinvertebrates in an eutrophic lake in Central Alberta. I- Change in macroinvertebrate abundance and diversity. ,*Can. J. of Fish. & Aquat. Sciences*, **54** : pp 2157-2169.
- DIREN, AGENCE DE L'EAU R-M-C. 2000. Lacs de Bellefontaine et des Mortes ; 87p.
- DUSSART B. ,1992. Limnologie, L'étude des eaux continentales. *Gauthier-Villars éd. Paris* : 667p. 2^{ème} édition.
- EPR Fr.-Comté 1991. Lac de Remoray. Diagnose rapide, 30p.
- FEL B. et JACOB, F. 1996. Intérêts de l'étude des compartiments phytoplanctoniques et zooplanctoniques pour une meilleure contribution à la compréhension du fonctionnement du lac de Remoray (massif du Jura). Mém. de D.E.S.S. : sciences : Besançon : 60 p.

- MOUTHON J. 1990. Importance des conditions climatiques dans la différenciation des peuplements malacologiques de lacs européens. ,*Arch. Hydrobiol.*, **118** (3) : pp 353-370.
- MOUTHON J. 1992 a. Snails & Bivalve populations analysed in relation to physico-chemical quality of lakes in eastern France. ,I General criteria for population analyses. *Hydrobiologia*, **245** : pp 147-156.
- MOUTHON J. 1992 b. Peuplements malacologiques lacustres en relation avec la physico-chimie de l'eau et des sédiments. ,II Les espèces. ,*Annls Limnol.*, **28** (2) : pp 109-119.
- OCDE. 1982. Eutrophisation des eaux : méthodes de surveillance, d'évaluation et de lutte. ,OCDE, Paris, 165p.
- OLIVIER. G., DEGIORGI F., COME G., RAYMOND J. C., 2002. Échantillonnage des alevins en milieu lacustre : deux techniques utilisées selon un protocole standard. In "Gestion piscicole des lacs et des retenues artificielles" INRA éd., 193-214.
- PERRIN J-F. & VALLOD D. ,2001. Diagnose fonctionnelle rapide et pistes de valorisation piscicole des lacs (pp 87-106) ; in *Gestion Piscicole des grands plans d'eau*, Daniel GERDEAUX, INRA éditions, 2001, 456p.
- PINEL-ALLOUL B., MAZUMDER A., LACROIX G., LAZZARO X. ,1998. Les réseaux trophiques lacustres : structure, fonctionnement, interactions et variations spatio-temporelles. ,*Rev. Sci. Eau*, n° spécial : pp 163-197.
- POURRIOT R. & MEYBECK M. ,1995. Limnologie générale. Masson éd., 956p.
- PREMAZZI G. & CHIAUDANI G. ,1992. Current approaches to assess water quality in lakes. ,In *Commission des Communautés européennes, édito, River water quality, Ecological assessment & control*, pp 249-308, Luxembourg.-Rapport, 46 p.
- REDING JP.-2003- Éphéméroptères, Trichoptères Plécoptères (Réseve naturelle du Lac de Remoray, 25). Bilan et évolution des espèces depuis le reméandrement jusqu'en 2002. 54p.)
- SAETHER O.A. 1975. Nearctic Chironomids as indicators of lake typology. ,*Verh. int. Verein. Limnol.*, **19** : pp 3127-3133.
- SAETHER O.A. 1979. Chironomids communities as water quality indicators. ,*Hol. Ecol.*, **2** : pp 65-74.
- SCHERRER B. ,1984. Biostatistique. Gaëtan Morin, 850p.
- SERENA B. , 1994. La pêche dans les lacs de Saint-Point et Remoray. Mém de maîtrise : géographie humaine : Besançon : 48 p.
- SRAE DE FRANCHE COMTE, AGENCE DE L'EAU R-M-C. ,Le Lac de Remoray, Diagnose rapide (1989). ,édité en 1991, 34p.
- SYNDICAT MIXTE DES 2 LACS, SILENE, DDAF 25. 1992. Etude de la gestion des lacs de Saint Point et de Remoray. Rapport d'étude, 92 p.
- UNIVERSITE DE FRANCHE COMTE.,1979. Etude écologique des lacs de St Point et de Remoray. 105 p.
- VERGON JP, BARBE J & MASSON JP . 1976-1977. Observations et données écologiques récentes sur quelques lacs du Jura central. ,*Extrait du bulletin de la fédé d'hist. nat. de Fche-Comté*, **t.78** : pp 50-63.
- VERNEAUX J. ,1994. Le macrobenthos et « l'état de santé » des eaux douces - Fondements, contraintes et perspectives ; in *Les variables biologiques : des indicateurs de santé des écosystèmes aquatiques*. ,Cemagref éditions, Sémin. nat. 2 et 3 nov. 1994, Paris : pp 1-17.
- VERNEAUX J & VERGON J-P. 1974. Faune dulçaquicole de Franche Comté. 6^{ème} partie : les Diptères Chironomidae. , *Annls. Sci. Univ. Besançon*, **3** : pp 179-198.

VERNEAUX V. 1996. Dynamique spatiale et temporelle du peuplement chironomidien du lac de l'Abbaye (Massif du Jura) et approche typologique. Relation entre la topologie larvaire et la structuration des peuplements émergents. , *Th. Doctorat Univ. Fche Comté*, 187 p + annexes 70 p.

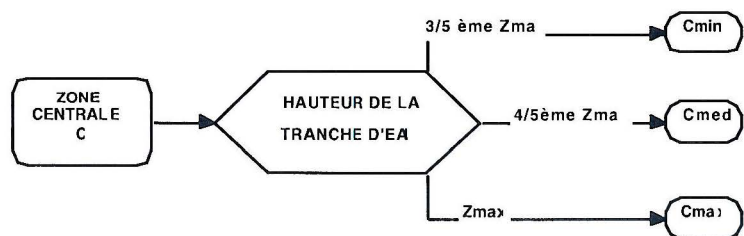
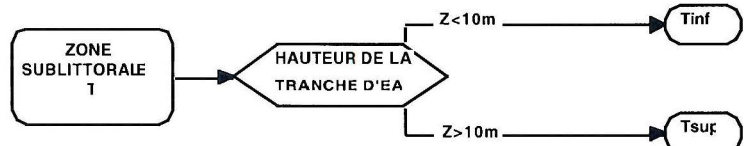
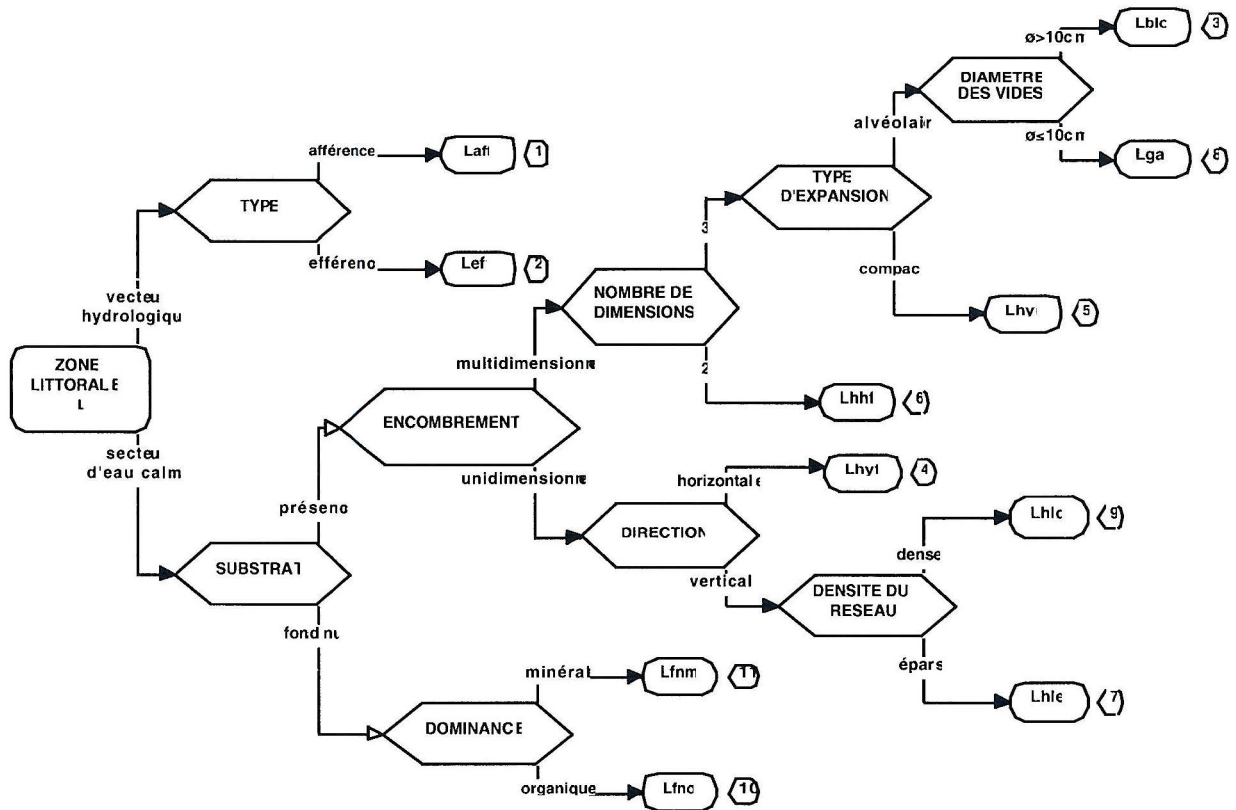
VERNEAUX V. 2003. La qualité biologique du lac de Saint-Point en 2002 par application de l'indice biologique lacustre (IBL). Synthèse avec l'étude piscicole du CSP et la diagnose rapide du CEMAGREF. Rapport technique pour la DIREN Fr.-Comté.

VERNEAUX, V., VERNEAUX, J., SCHMITT, A. & LAMBERT, J.C. (2004 b): Relationship of macrobenthos with dissolved oxygen and organic matter at the sediment-water interface in ten French lakes.- *Arch. Hydrobiol.* **160** (2): 247-259.

VERNEAUX, V., VERNEAUX, J., SCHMITT, A., LOVY, C. & LAMBERT, J. C. (2004 a): The Lake Biotic Index (LBI): an applied method for assessing the biological quality of lakes using macrobenthos; the Lake Chalain (French Jura) as an example.- *Ann. Limnol., Int. J. Lim.* **40** (1): 1-9.

WASSON J.G., 1984. L'utilisation des peuplements larvaires de Chironomidae (Diptera) pour la diagnose écologique des lacs : essai d'application aux deux lacs de Clairvaux (Jura, France). , *Sciences de l'eau*, **3** (4) : pp 395-408.

Annexe I : codification directive de l'espace lacustre



- CODIFICATION DES POL D'ATTRACTION LITTOR**
- 1 Laff : afférence
 - 2 Lef : efférence
 - 3 Lblo : blocs ou branchages ménageant des anfractuosités ($\sigma > 10\text{cm}$)
 - 4 Lhyf : hydrophytes flottants
 - 5 Lhyi : hydrophytes immergés
 - 6 Lhhf : association d'hydrophytes flottants et d'hélophytes
 - 7 Lhle : hélophytes épars (espaces inter-tiges $> 10\text{c}$)
 - 8 Lgal : galets graviers non colmatés ($\sigma \leq 10\text{cm}$)
 - 9 Lhld : hélophytes denses (espaces inter-tiges $\leq 10\text{c}$)
 - 10 Lfno : fond nu minéral (sable, craie, dalles...)
 - 11 Lfnc : fond nu organique (vase, tourbe...)

Annexe 3 : répartition spatiale des captures effectuées à l'aide des filets verticaux

code	Densité : nb de capture pour 3 batteries								Biomasse : g pour 3 batteries									
	BRO	CHE	COR	GAR	PER	ROT	TAN	TRF	Tot.	BRO	CHE	COR	GAR	PER	ROT	TAN	TRF	Total
Automne																		
CMAX			16	9		1			26			8403	176		16			8595
CMED			18	4		2			24			9479	101		358			9938
CMIN			15	31	1	1			48			4927	403	4	150			5484
LAFF1				13	3	1			17				816	238	18			1072
LAFF2				2		1			3				62		1312			1374
LEFF				10		8		1	19				230		1442		10	1682
LFNM				1	2	3			6				8	14	3434			3456
LHLE				4	1	1			6				40	6	22			68
LHYF				13	2	1			16				1450	24	1226			2700
LHYI				19	2	7			28				412	26	1496			1934
TINF				6	6	1	4		17				155	437	717	7040		8349
TSUP				9	8	8	1	2	28				4015	177	1272	34	4005	9503
Été																		
CMAX			28	4	132	10			174			17628	35	863	74			18600
CMED			18	6	75	10			109			9789	100	6715	331			16935
CMIN	1		32	1	189	8			231	50		15422	17	5512	152			21153
LAFF1	1			22	4	6	1		34	474			520	102	88	2154		3338
LAFF2				5	6	1			12				118	450	34			602
LEFF				1	4	7			12				8	72	3232			3312
LFNM				4	16	6			26				52	248	4358			4658
LHHF	1			29	21	10	2		63	30			258	664	3656	1096		5704
LHLD	1			2	9	6	2		20	276			162	202	516	2362		3518
LHLE				11	10	7			28				722	470	7264			8456
LHYF		1		21	46	12	1		81		200		414	1118	168	1810		3710
LHYI		1		21	11	7			40		1206		2548	610	3881			8245
TINF			1	13	230	7			251				680	142	7846	225		8893
TSUP			13	7	56	17			93				7400	46	1602	2928		11976
Printemps																		
CMAX			16	10	9				35			9978	214	76				10268
CMED			7	7	6	1			21			2286	192	67	36			2581
CMIN			1	11	12	1			25			880	297	522	44			1743
LAFF1				6	1	3			10				1409	4	1473			2886
LAFF2							1		1							252		252
LEFF		2		12		3	3		20		4320		759		2320	3845		11244
LFNM				4					4				2394					2394
LHLE				6	2	9	2		19				977	11	1261	2716		4965
LHYI		1		5	3	1	3		13	2253			123	281	6	5345		8008
TINF				19	6	3			28				210	622	150			982
TSUP			1	8	8				17				1210	203	1008			2421

Annexe 4b. Analyses du métabolisme chimique de la colonne d'eau

		Surface	-2m	Pic d'O2	Thermo- cline	Hypo- limnion	Fond
25/04/04							
MEST	(mg/l)	<2	2		<2	<2	<2
Azote Kjeldahl	(mg/l)	<1	<1		<1	1,1	<1
Phosphore total	(mg/l)	0,04	0,04		0,05	<0,03	0,03
Phosphates	(mg/l)	<0,1	<0,1		<0,1	<0,1	<0,1
Nitrites	(mg/l)	<0,01	0,09		0,08	0,09	0,1
Nitrates	(mg/l)	1,86	1,84		2,19	2,02	1,92
Azote ammoniacal	(mg/l N)	<0,03	<0,03		<0,03	0,1	0,18
Oxydabilité au KMnO4	(mg/l d'O2)	<1	<1		<1	<1	<1
DBO5	(mg/l d'O2)	1,4	1,2		0,6	1,5	<0,5
COT (méthode anne)	(mg/l C)	3,76	4,14		4,89	3,01	6,02
Chlorures	(mg/l)	5					5
Calcium	(mg/l d'O2)	50,7					52,8
Magnésium	(mg/l)	3,22					2,85
Chlorophylle a	(µg/l)	3,69		2,39	2,58		
Phéopigments	(µg/l)	1,26		0,67	0,57		
26/07/04							
MEST	(mg/l)	2,2	<2		<2	<2	<2
Azote Kjeldahl	(mg/l)	2,4	2,8		<1	<1	<1
Phosphore total	(mg/l)	<0,03	<0,03		<0,03	<0,03	<0,03
Phosphates	(mg/l)	<0,03	<0,03		<0,03	<0,03	<0,03
Nitrites	(mg/l)	0,03	0,03		0,03	0,02	0,02
Nitrates	(mg/l)	<1	<1		1,87	2,61	2,55
Azote ammoniacal	(mg/l N)	<0,03	<0,03		0,05	<0,03	0,03
Oxydabilité au KMnO4	(mg/l d'O2)	<1	<1		<1	<1	1,02
DBO5	(mg/l d'O2)	0,9	0,9		0,6	<0,5	<0,5
COT (méthode anne)	(mg/l C)	3,14	2,67		1,87	2,87	3,54
Chlorures	(mg/l)	5					5
Calcium	(mg/l d'O2)	55					69
Magnésium	(mg/l)	4					4
Chlorophylle a	(µg/l)	3,58		2,39	2,67		
Chlorophylle b	(µg/l)	1,41		1,39	0,48		
Chlorophylle c	(µg/l)	6,12		1,46	0,94		
Phéopigments	(µg/l)	1,08		0,66	0,91		

Annexe 5a. Liste faunistique du Ruisseau de Remoray en 2004

Cours d'eau Rau de Remoray				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Station	Entrée Réserve			Gal	Gal	Sab	Chv	Blo	Marn	Marn	Gal	Gal	Gra	Gra	Gal	Chv	Gra	Gal	Gra	Dal	Vase	Gal	Hel		
Commune	Remoray			S	6	6	2	7	1	0	0	6	6	5	5	6	7	5	6	5	1	3	6	4	
Date	26/07/04			V	5	3	3	1	1	1	1	3	3	1	5	1	1	1	3	3	1	3	3	1	
				H	1	2	2	2	1	2	3	3	1	2	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2	
INSECTES	PLECOPTERES	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>												1										
	EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>	4	26	34		1				2	3	1	51		2		18	45	1	43	3		
		<i>Ephemerellidae</i>	<i>Seratella ignita</i>							1		1													
	TRICHOPTERES	<i>Limnephilidae</i>	<i>Chaeopteryx</i>		1	1				1				1			3								
			<i>Halesus</i>																1						
			<i>Drusus</i>			2		1											1					4	
			<i>Melampophylax m.</i>															1							
			<i>Odontoceridae</i>	<i>Odontocerum a.</i>			1																		
			<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Rhyacophila</i>	10	4	4							1	3	3	11			2	1	7		9	1
	COLEOPTERES	<i>Elmidae</i>	<i>Elmis</i>		1																				
		<i>Hydraenidae</i>	<i>Hydraena</i>			1																		5	
	DIPTERES	<i>Ceratopogonidae</i>		8	1		1	1	12	5	6	3	2	1	12		4	1		1		1	1	330	
		<i>Chironomidae</i>		4	30	15	180	45	26	75	50	14	15	120	21	30	192	240	30	30	330	30	330		
		<i>Empididae</i>				6			1									1							
		<i>Limoniidae</i>																							
		<i>Psychodidae</i>			1			3		1		1		1	1					1					
		<i>(Scatophagidae)</i>																			1				
		<i>Simuliidae</i>			1	4	1							3	2	7		2		1	13		2		
	<i>Tipulidae</i>						1									1						1			
	MEGALOPTERES	<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i>								1														
	CRUS TACÉS	AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>	1	990	750	60	585	6	26	40	19	510	180	210	30	345	210	310	135	210	1290	24		
MOLLUSQUES	BIVALVES	<i>Shaeridae</i>	<i>Pisidium</i>							1		4													
	GASTEROPODES	<i>Lymnaeidae</i>	<i>Galba</i>														1								
			<i>Radix</i>			1							1												
VERS	ACHETES	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Glossiphonia</i>												1										
	OLIGOCHETES			3	17	45	30	13	7		10	11	16		15	3	18	210	20		30	20			
	TRICLADES	<i>Dugesidae</i>	<i>Dugesia</i>			1							2		1						5		76		
		<i>Planariidae</i>	<i>Polycelis</i>			4		2															9		
NEMATHELMINTHES	<i>Nematodes</i>													2		1									
CNIDAIRES	HYDRZOAIRES	<i>Hydridae</i>	<i>Hydra</i>		2			1					1	3	1				1						

Annexe 5c. Liste faunistique de la Drésine au pont 859 en 2004

				<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>	<u>7</u>	<u>8</u>		
				Vas	Sab	Alg	Bryo	Gal	Lit	Gal	Hel		
				S								total	
				V								IBGN	
				H									
Cours d'eau	Drésine												
	Station	Pont .859											
Commune	Remoray												
Date	26/07/04												
INSECTES	PLECOPTERES	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>							2		2	
		<i>Nemouridae</i>	<i>Nemoura</i>							1		1	
	EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>		1	9	49	140	2	88	1	290	
		<i>Ephemerellidae</i>	<i>Seratella ignita</i>					1				1	
		<i>Leptophlebiidae</i>	<i>Habrophlebia</i>							5		5	
	TRICHOPTERES	<i>Hydroptilidae</i>	<i>Hydroptila</i>			9	2					11	
		<i>Limnephilidae</i>	<i>Chaeopteryx</i>		1							3	
			<i>Melampophylax mucoreus</i>				1			1		3	
		<i>Odontoceridae</i>	<i>Odontocerum albicorne</i>		2					1		3	
		<i>Psychomyiidae</i>	<i>Tinodes</i>					1		1		2	
	<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Rhyacophila</i>				5					5		
	COLEOPTERES	<i>Elmidae</i>	<i>Elmis</i>				3	1		1		5	
		<i>Helodidae</i>	<i>Elodes</i>						6		1	7	
		<i>Helophoridae</i>	<i>Helophorus</i>						1			1	
		<i>Hydrophilidae</i>					1					1	
	DIPTERES	<i>Chironomidae</i>			180	255	525	1425	7	495	195	80	3162
		<i>Empididae</i>			1			1		2			4
		<i>Limoniidae</i>			2	5	2	2	3		2		16
		<i>Psychodidae</i>					1	1					2
		<i>(Scatophagidae)</i>										1	1
<i>Stratiomyidae</i>										1		1	
<i>Tipulidae</i>									1			1	
<i>Simuliidae</i>						60	300	13	75	1		449	
CRUSTACÉS	AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>		2	75	270	14	1	39	1	402		
VERS	OLIGOCHETES			60	120	15	60	27	1	60		343	
	TRICLADES	<i>Dugesidae</i>	<i>Dugesia</i>			1	1					2	
		<i>Planariidae</i>	<i>Polycelis</i>			1	11			1		13	
NEMATHELMINTHES	<i>Nematodes</i>						2				2		
CNIDAIRES	HYDROZOAIRES	<i>Hydridae</i>	<i>Hydra</i>				2					2	
Abondance				244	385	698	2134	209	584	399	84	4737	
Variété				5	6	10	16	10	9	15	5	28	

Annexe e : Liste faunistique des ruisseaux en 2004

				R. Re.	Dr1	Dr2	Lh	
INSECTES	PLECOPTERES	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra</i>	1		2	51	
		<i>Nemouridae</i>	<i>Nemoura</i>			1		
			<i>Protonemura</i>				45	
		<i>Perlodidae</i>	<i>Isoperla</i>				27	
			<i>Perlodes</i>				20	
	EPHEMEROPTERES	<i>Baetidae</i>	<i>Baetis</i>		234	936	290	490
			<i>Centroptilum</i>			1		112
			<i>Cloëon</i>					2
			<i>Caenis</i>					1
		<i>Caenidae</i>	<i>Caenis</i>				1	
		<i>Ephemerellidae</i>	<i>Seratella ignita</i>	2	2	1	274	
		<i>Heptageniidae</i>	<i>Ecdyonurus</i>				13	
			<i>Rhithrogena</i>				60	
		<i>Leptophlebiidae</i>	<i>Habrophlebia</i>		13	5	50	
			<i>Paraleptophlebia</i>				9	
						3		
	TRICHOPTERES	<i>Goeridae</i>	<i>Silo</i>					
		<i>Hydropsychidae</i>	<i>Hydropsyche</i>		6			
		<i>Hydroptilidae</i>	<i>Hydroptila</i>		4	11	2	
		<i>Limnephilidae</i>	<i>Chaeopteryx villosa</i>			1	13	
			<i>Drusus</i>		8		13	
			<i>Halesus</i>	1	2			
			<i>Melampophylax</i>	1	1	2	8	
			<i>Potamophylax</i>				2	
		<i>Odontoceridae</i>	<i>Odontocerum a.</i>	1	20	3	21	
		<i>Psychomyiidae</i>	<i>Tinodes</i>		34	2	1	
		<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Rhyacophila</i>	56	33	5	24	
		<i>Sericostomatidae</i>	<i>Sericostoma</i>				10	
		COLEOPTERS	<i>Elmidae</i>	<i>Elmis</i>	1	5	5	647
	<i>Esolus</i>						33	
	<i>Limnius</i>						126	
	<i>Oulimnius</i>						2	
	<i>Riolus</i>				2		807	
	<i>Colymbetinae</i>						1	
	<i>Hydroporinae</i>					79		
	<i>Haliplidae</i>		<i>Brychius</i>				1	
	<i>Helodidae</i>		<i>Elodes</i>			7		
	<i>Helophoridae</i>		<i>Helophorus</i>			1		
	<i>Hydraenidae</i>		<i>Hydraena</i>	6	4		72	
	<i>Hydrophilidae</i>					1		
	<i>Anthomyiidae</i>				13			
	DIPTERES		<i>Ceratopogonidae</i>		59	1		8
		<i>Chironomidae</i>		1807	4233	3162	4899	
		<i>Empididae</i>		1	6	4	5	
		<i>Limoniidae</i>		7	15	16	16	
		<i>Psychodidae</i>		9	71	2	4	
		<i>(Scatophagidae)</i>		1		1		
<i>Stratiomyidae</i>					1	1		
<i>Simulidae</i>			36	237	449	84		
<i>Tipulidae</i>			3	4	1	1		
MEGALOPTERES	<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i>	1			1		
CRUSTACÉS	AMPHIPODES	<i>Gammaridae</i>	5931	14	402	18552		
MOLLUSQUES	BIVALVES	<i>Sphaeriidae</i>	<i>Pisidium</i>	5			3	
	GASTEROPODES	<i>Ancylidae</i>	<i>Ancylus</i>				2	
		<i>Lymnaeidae</i>	<i>Galba</i>	1				
		<i>Planorbidae</i>	<i>Radix</i>	3				
VERS	ACHETES	<i>Glossiphoniidae</i>	<i>Glossiphonia</i>	1	1			
			<i>Helobdella stagnalis</i>		1			
	OLIGOCHETES			468	166	343	837	
	TRICLADES	<i>Dugesiiidae</i>	<i>Dugesia</i>	85		2	1	
		<i>Planariidae</i>	<i>Polycelis</i>	15		13	1	
	NEMATHELMINTHES	<i>Nematodes</i>		3	5	2	1	
CNIDAIRES	HYDROZOAIREES	<i>Hydridae</i>	<i>Hydra</i>	9	2	2		
HYDRACARIENS					9		47	

Annexe 5g. Listes IBGN

en gris : dans les 12 autres placettes du Mag20

		6/09/91	30/07/93	21/08/96	26/07/04	29/06/93	21/08/96	26/07/04	29/06/93	26/07/04
		LHAUT				DRESINE			R Remoray	
		Rsrv	Av. Pnt	Rsrv	Rsv	Pnt859	Pnt859 ?	Pnt859	Entr Rsv	Entr Rsv
Leuctridae	<i>Leuctra</i>	1	83	11	20	1		2		
Nemouridae	<i>Nemoura</i>							1		
	<i>Protonemura</i>	2	18	41	19	2				
Perlodidae	<i>Isoperla</i>				13					
	<i>Perlodes</i>	3	2	15	7					
Baetidae	<i>Baetis</i>		287		243	666		290	85	89
	<i>Centroptilum</i>	61	1	40	57		36			
	<i>Cloëon</i>				2					
Caenidae	<i>Caenis</i>	1			1					
Ephemereillidae	<i>Seratella ignita</i>		111	24	139	178	1	1	2	1
Heptageniidae	<i>Ecdyonurus</i>	2	10		1					
	<i>Rhithrogena</i>		41	21	30					
Leptophlebiidae	<i>Habrophlebia</i>	4	3			2		5		
	<i>Paraleptophlebia</i>				2					
Goeridae	<i>Silo</i>		3							
Hydropsychidae	<i>Hydropsyche</i>	1								
Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>							11		
Limnephilidae	<i>Chaeopteryx villosa</i>				11	2		1	9	5
	<i>Drusus</i>		11		3				5	3
	<i>Halesus</i>	1		3		1	3			
	<i>Melampophylax</i>		2		2	105		2	18	1
	<i>Potamophylax</i>				1	5				
Odontoceridae	<i>Odontocerum a.</i>			1	9			3		1
Polycentropodidae	<i>Plectrocnemia</i>	2	1						1	
Psychomyiidae	<i>Tinodes</i>		1					2		
Rhyacophiliidae	<i>Rhyacophila</i>	2	9	10	4		2	5		22
Sericostomatidae	<i>Sericostoma</i>	5	3	4	7					
Elmidae	<i>Elmis</i>		72		503	1		5		
	<i>Esolus</i>				18					
	<i>Limnius</i>	23	2	52	19					
	<i>Normandia</i>		3							
	<i>Oulimnius</i>				1					
	<i>Riolus</i>		41		390	1				
Dytiscidae	<i>Colymbetinae</i>				1	3				
	<i>Hydroporinae</i>	2	9	4	31					
Halipidae	<i>Brychius</i>		1		1					
Helodidae	<i>Elodes</i>							7		
Helophoridae	<i>Helophorus</i>							1		
Hydraenidae	<i>Hydraena</i>		7	1	40	1				6
Hydrophiliidae		1						1		
Anthomyiidae							2			
Ceratopogonidae			2	5	5	6	2			25
Chironomidae		10	266	26	3420	830	45	3162	82	957
Empididae					2	1		4		1
Limoniidae			3	1	2	45	4	16		7
Psychodidae					1	2		2		
(Scatophagidae)								1		
Stratiomyidae								1		
Simuliidae		2	2	3	36	816		449	26	19
Tipulidae		1			1	1		1		2
Sialidae	<i>Sialis</i>	10			1					
Gammaridae		115	1975	1440	8998	21	398	402	840	1501
Sphaeriidae	<i>Pisidium</i>				3					
Ancylidae	<i>Ancylus</i>				2					
Lymnaeidae	<i>Galba</i>								1	2
	<i>Radix</i>									
Planorbidae			2							
Glossiphoniidae	<i>Glossiphonia</i>								1	1
	<i>Helobdella stagnalis</i>									
OLIGOCHETES		29	484	42	405	631	30	343	34	106
Dugesidae	<i>Dugesia</i>	1					18	2		6
Planariidae	<i>Polycelis</i>			2				13	9	4
	<i>Crenobia</i>								3	
Nematodes					1			2		1
Hydridae	<i>Hydra</i>							2		
HYDRACARIENS			1		30	1				

Annexe 6. Résultats des analyses physico-chimiques sur les 8 séries de prélèvements.

Prélèvement	Période	T° °C	O2 (mg/l)	O2 (%)	Cond (µS/cm)	pH	Q L/s	MEST (mg/l)	NK (mg/l)	Pt (mg/l)	P04 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	NH4 (mg/l N)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Oxyd (mg/l O2)	DBO5 (mg/l O2)	COT (mg/l C)	Cl- (mg/l)
R. Remoray																				
25/05/04	étiage frais	13,5	10,1	108	171	8,7	3	2,3	1,0	0,10	<0,1	0,13	3,34	0,04	81	3,7	<1	<0,5	1,7	10
26/07/04	étiage chaud	12,9	10,4	110	440	8,5	1	5,8	1,8	0,12	0,29	0,04	5,14	0,03	91	3,0	2,3	2,8	4,1	13
11/08/04	cru e chaude						80	4,7	1,4	0,13	0,23	0,05	7,1	0,23			4,9	1,2	6,4	
25/11/04	moy froid	5,7	8,9	67	389	7,7	18	<2	2,1	0,07	0,15	0,05	5,02	0,04	114	4,0	2,5	0,9	4,0	7
18/01/05	moy froid						11	2,2	2,0	0,12	0,32	0,14	8,28	0,38			2,1	2,1	2,7	
01/03/05	étiage froid						4	<2	2,2	0,06	0,15	0,05	6,6	0,2			2,7	2,1	3,9	
21/03/05	cru e froide	3	7,2	65	480	7,2	208	8,3	1,7	0,07	<0,1	0,04	1,59	0,15			3,0	1,0	4,7	
08/04/05	cru e froide						443	29,0	2,2	0,18	0,6	0,04	6,15	0,12			3,8	2,5	6,8	
Drésine méd.																				
25/05/04	étiage frais	10	11,2	110	150	8,6	5	<2	1,3	0,03	<0,1	<0,01	1,29	<0,03	54	<2	<1	0,7	4,0	10
26/07/04	étiage chaud	14,1	12,3	132	331	8,6	8	<2	1,4	<0,03	<0,03	0,02	<1	<0,03	72	3,0	<1	0,8	4,4	10
11/08/04	cru e chaude						20	<2	1,3	0,06	0,05	0,07	4,52	0,05			4,2	1,2	6,7	
25/11/04	moy froid	6,7	9,2	71	284	8,2	52	<2	1,7	0,03	<0,1	0,03	3,04	0,05	97	8,0	1,3	1,2	2,8	7
18/01/05	moy froid						35	<2	1,1	0,04	<0,1	0,03	3,36	<0,03			<1	1,3	<2	
01/03/05	étiage froid						13	<2	2	0,04	<0,1	0,06	5,53	0,26			1,7	2,0	<2	
21/03/05	cru e froide	5,5	8,8	65	433	7,8	454	11,0	1,4	0,04	<0,1	0,04	1,86	0,04			2,4	0,9	4,0	
08/04/05	cru e froide						1311	78,0	2,5	0,15	0,91	0,03	5,37	0,06			5,0	2,1	7,4	
Drésine aval																				
25/05/04	étiage frais	7,3	11,1	102	146	8,4	24	<2	<1	<0,03	<0,1	<0,01	2,26	<0,03	70	2,9	<1	<0,5	2,9	5
26/07/04	étiage chaud	10,9	11,6	116	346	8,4	16	4,8	1,6	<0,03	<0,03	0,02	2,79	<0,03	78	3,0	<1	1,0	3,2	4
11/08/04	cru e chaude						36	<2	1,1	0,04	0,01	0,04	3,69	<0,03			3,6	0,6	5,0	
25/11/04	moy froid	7,1	10,1	83	220	8,2	64	<2	<1	0,03	<0,1	0,02	3,12	<0,03	88	4,0	1,1	0,8	1,5	5
18/01/05	moy froid						52	<2	<1	0,03	<0,1	0,02	3,56	<0,03			<1	1,4	<2	
01/03/05	étiage froid						32	<2	1,7	0,03	<0,1	0,03	4,53	0,12			1,5	1,6	<2	
21/03/05	cru e froide	5,9	11,3	83	411	8,1	524	10,0	1,1	0,04	<0,1	0,04	2,18	0,04			2,0	0,8	4,6	
08/04/05	cru e froide						1378	63,0	2,1	0,13	0,5	0,03	5,55	0,06			14,8	2,2	8,3	
L haut																				
25/05/04	étiage frais	8,7	12,5	118	144	8,8	49	<2	<1	<0,03	<0,1	<0,01	2,89	<0,03	51	7,5	<1	<0,5	3,8	4
26/07/04	étiage chaud	13	13,7	143	323	8,8	25	15,0	2,6	<0,03	<0,03	0,03	2,06	0,03	65	8,0	1,3	1,5	4,7	4
11/08/04	cru e chaude						272	7,1	1,4	0,04	0,03	0,02	3,96	<0,03			4,6	1,1	5,3	
25/11/04	moy froid	9,1	12,7	109	185	8,4	149	<2	1,4	0,05	0,11	0,01	3,53	<0,03	87	5,0	1,8	0,9	3,4	3
18/01/05	moy froid						117	<2	1,1	<0,03	<0,1	0,01	4,13	<0,03			<1	1,0	<2	
01/03/05	étiage froid						197	2,1	2,1	0,04	<0,1	0,02	4,62	<0,03			3,1	1,9	3,1	
21/03/05	cru e froide	5,6	14	110	191	8,4	1097	4,2	1,7	0,04	<0,1	0,02	1,55	<0,03			2,1	1,1	4,0	
08/04/05	cru e froide						1814	16,0	1,7	0,05	<0,1	0,01	4,32	<0,03			<1	1,2	3,2	

Diagnose écologique du lac de Remoray et de ses affluents en 2004

De 2003 à 2005, un diagnostic du lac de Remoray ainsi que de la partie aval de ses affluents a été effectué afin d'évaluer les effets des actions de dépollution déjà entreprises depuis 15 ans tout en fournissant un bilan de l'état de santé actuel de ces écosystèmes aquatiques. Dans cette optique, les communautés d'organismes consommateurs du lac et du système de tributaires ont été étudiées tandis que plusieurs descripteurs chimiques et physico-chimiques discriminants étaient analysés simultanément.

Les images de la structure des peuplements de poissons et de macroinvertébrés lacustres caractérisées en 2003/2004 sont très similaires à celles qui avaient été obtenues à l'aide des mêmes protocoles d'échantillonnage entre 1990 et 1991 : les forts potentiels biologiques du lac sont toujours bridés par des tendances dysfonctionnelles. Les déficits faunistiques sont du même ordre que ceux qui étaient dénoncés il y a 13 ans. Pour les deux groupes, les taxons les plus sensibles montrent même une légère tendance à régresser au profit d'espèces ou de genres plus résistants.

Corrélativement, les mesures ponctuelles de pigments chlorophylliens indiquent des biomasses phyto-planctoniques généralement faibles à très faibles. Cependant, des colonies d'algues filamenteuses envahissent régulièrement le lac depuis la Drésine tandis qu'un pic de chlorophylle-c observé début septembre 2004 sous la thermocline fait suspecter des phases de fortes densités de cyanobactéries.

Parallèlement, la désoxygénation des couches d'eau profondes, encore modérée en milieu d'été, s'accroît nettement en fin de stratification estivale. Cette double tendance était, elle aussi, déjà enregistrée au début des années '90. En concordance avec ce signe de dysfonctionnement, des teneurs élevées en phosphore et en ammonium sont observées en automne dans les strates profondes. Enfin, la mauvaise efficacité des transferts trophiques se traduit par un excès de matières organiques, d'azote et de phosphore dans les sédiments.

Pourtant, les analyses semi-quantitatives des communautés de poissons et de macro-invertébrés des tributaires du lac montrent, elles, une nette tendance à la restauration, en particulier pour le Lhaut et même si la Drésine et le Ruisseau de Remoray sont encore loin d'abriter des peuplements référentiels. Les mesures plurisaisonnières des concentrations de nutriments transférés par les 3 cours d'eau confirment la réduction du niveau moyen des surcharges, mais révèlent aussi que des pointes polluantes importantes sont apportées au lac par la Drésine lors d'épisodes de lessivage des versants. En outre, des signes d'inhibition de la biodégradabilité des matières organiques dissoutes ont été décelés.

Pour le Lhaut, ce phénomène pourrait être induit par la nature peu dégradable des rejets du site de stockage de bois aspergé implanté pendant plusieurs années à proximité de la partie aval de ce cours d'eau. Plus péremptoirement, des composés toxiques ont été décelés dans les sédiments de la Drésine et du Ruisseau de Remoray. Les principales sources de micro-polluants sur ce bassin versant sont les suintements d'une scierie pourtant parfaitement aux normes ainsi que l'ancienne décharge de Remoray. Des causes de perturbations de moindre importance ont également été inventoriées.

En définitive, les efforts de dépollution produits jusqu'à présent ne se sont pas encore traduits par une réelle restauration de la qualité du lac, mais ils ont sans doute permis d'en enrayer la dégradation en amorçant une amélioration de la qualité des affluents, également soutenue par les opérations de réhabilitation physiques de la Drésine aval et de ses 2 affluents. Des actions supplémentaires de réduction des apports oxydables sont nécessaires, en particulier pour enrayer les flux organiques et nutritifs d'origine agricole apportés par la Drésine lors des orages et de la fonte des neiges. Cependant, l'efficacité de ces interventions est conditionnée par le traitement des contaminations toxiques qui grèvent le rétablissement total des capacités biogènes du lac de Remoray et de ses tributaires.