

## Migration de la truite lacustre (*Salmo trutta lacustris* L.) dans le Léman et ses affluents

Dédié à Wolfgang Geiger

Par Bernard Büttiker et Gilbert Matthey

Manuscrit reçu le 2 mai 1986

### ABSTRACT

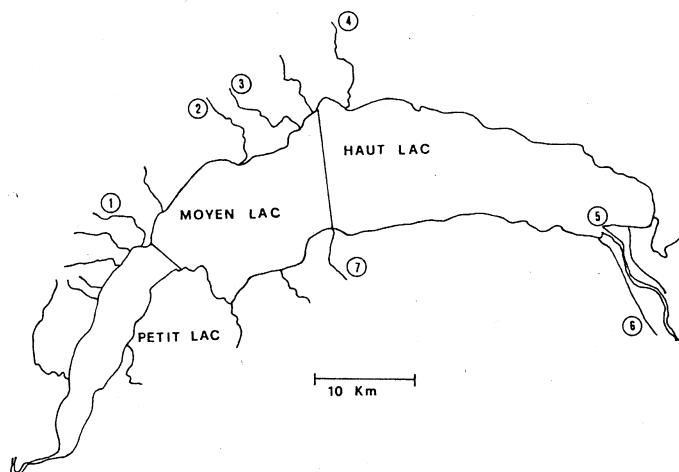
A total of 2588 adult migratory brown trout (*Salmo trutta lacustris*) have been tagged from 1964 to 1974 on their spawning sites, in tributaries of the western part of Lake Geneva (Switzerland). Most of the fish (96.2%) recaptured during spawning seasons in the following years have been found in the same river where they had previously been caught.

Most tagged fish recaptured by fishermen were found in the western part of the Lake, near their home rivers. This tendency is very strong in autumn and winter. It still remains highly significant in spring and summer.

### 1. Introduction

Tandis que la truite de rivière (*Salmo trutta fario*), à croissance lente, mène une vie plutôt sédentaire dans la plupart des affluents du Léman, la truite lacustre (*Salmo trutta lacustris* L.), à croissance rapide, est un poisson typiquement potamodrome, qui pénètre à l'âge adulte dans les affluents du Léman essentiellement pendant la période de reproduction (novembre à janvier). Ce comportement rend la truite lacustre très sensible à toute modification du milieu sur les voies d'accès à ses frayères, qui se trouvent parfois à plusieurs kilomètres des embouchures (figure). Dans la plupart des affluents, la remontée est limitée aujourd'hui par des obstacles artificiels.

Depuis de nombreuses années, les services de pêche procèdent à des pêches de reproducteurs dans les principaux affluents. De 1964 à 1974, nous avons marqué plus de 2500 truites lacustres adultes capturées dans le cadre de ces pêches de reproducteurs. Le but de cette étude est de suivre le destin des poissons marqués, notamment en vue d'obtenir des informations sur leur migration dans le lac et leur retour aux lieux de reproduction. Par ailleurs, ce même matériel nous a permis d'étudier la croissance de la truite lacustre du Léman [1].



Carte du Léman et des affluents permettant la remontée des truites lacustres. Les principaux affluents cités dans ce travail sont numérotés. Les points les plus éloignés des embouchures que peuvent atteindre les truites lacustres sont indiqués entre parenthèses.

1: Promenthouse (3,9 km), 2: Aubonne (2,1 km, emplacement de la chambre de capture), 3: Boiron (0,3 km), 4: Venoge (2,9 km), 5: Rhône affluent (24,8 km), 6: Canal Stockalper (9,9 km), 7: Dranse (2 à 3 km).

Lake Geneva with the tributaries accessible to trout for spawning. Numbers indicate tributaries cited in the text. The distance open to migration, measured from the mouth, is given in parentheses.

## 2. Matériel et méthode

Pendant les saisons de reproduction des années 1964/65 à 1973/74, 726 mâles et 1804 femelles de truites lacustres capturés dans différents affluents vaudois du Léman ont été marqués (tabl. 1). Pour 58 individus, le sexe n'a pas été noté (essentiellement en 1964/65).

Tableau 1. Nombre de truites lacustres du Léman marquées.  
Table 1. Number of Lake Geneva trout tagged.

Saison de reproduction	Lieu de capture		Boiron	Asse	Nant de Pry	Eau froide	Total	Pourcentage de recapture
	Aubonne	Promenthouse						
1964/65	58 (20)						58 (20)	34,5
1965/66	261 (40)						261 (40)	15,3
1966/67	131 (29)	85 (27)	88 (8)	1 (1)	8 (0)		313 (65)	20,8
1967/68	258 (45)	89 (22)					347 (67)	19,3
1968/69	119 (12)	40 (4)					159 (16)	10,1
1969/70	288 (36)	150 (38)	26 (0)				464 (74)	15,9
1970/71	251 (40)	99 (13)			6 (0)		356 (53)	14,9
1971/72	159 (40)	30 (6)					189 (46)	24,3
1972/73	186 (13)	36 (1)	2 (1)			6 (0)	230 (15)	6,5
1973/74	160 (10)	48 (7)			3 (0)		211 (17)	8,1
Total	1871 (285)	577 (118)	116 (9)	1 (1)	17 (0)	6 (0)	2588 (413)	16,0

Entre parenthèse: nombre de truites recapturées au moins une fois.  
In brackets: number of trout recaptured at least once.

Les marqu  
laquée, fixé  
Les poisson  
bre à janvie  
— pêche  
— chamb  
artifici  
amont  
Cette  
captur

Une partie  
tion pend  
Les truites  
un échantil  
la remise à  
Des appels  
faire parve  
marques, q  
ainsi que d

## 3. Définitio

— Pour l  
a) Peti  
la poin  
b) Mc  
l'embo  
c) Ha  
La pa  
— La riv  
par «r  
— Lorsq  
captur  
vemen

## 4. Résultat

### 4.1 Retour

Des 2588 t  
dus, dont 3  
recapturés  
le cadre des  
après le ma  
Le temps é  
poissons re

Les marques utilisées consistent en une plaquette en plastique numérotée et ensuite laquée, fixée sous la nageoire dorsale au moyen d'un fil d'acier inoxydable [6].

Les poissons ont été capturés, dans le cadre des pêches de géniteurs effectuées de novembre à janvier, par les moyens suivants:

- pêche électrique (courant continu);
- chambre de capture située sur la rive gauche de l'Aubonne, à côté d'une chute artificielle infranchissable par les truites. Une partie des eaux de la rivière, déviée en amont de la chute, alimente un bassin situé à l'intérieur de la chambre de capture. Cette eau se déverse dans un canal qui permet aux truites d'accéder à la chambre de capture. Un dispositif évite qu'elles n'en ressortent.

Une partie des truites, dont les gonades n'étaient pas mûres, ont été gardées en stabulation pendant quelques jours, dans des bassins alimentés par de l'eau de rivière.

Les truites ont été mesurées et pesées, puis marquées. En général, le sexe a été déterminé et un échantillon d'écaillés a été prélevé. Ces opérations ont été faites immédiatement avant la remise à l'eau des poissons.

Des appels par voie de publication ont été adressés aux pêcheurs, leur demandant de nous faire parvenir les marques retrouvées. Une petite récompense a été donnée en échange des marques, qui devaient être restituées avec l'indication du lieu et de la date de recapture, ainsi que de la longueur et du poids du poisson.

### 3. Définitions

- Pour l'analyse des recaptures, le Léman est divisé en trois zones (figure):
  - a) Petit lac: partie du lac située en aval de la ligne reliant la pointe de Promenthoux à la pointe d'Yvoire (87 km<sup>2</sup>).
  - b) Moyen lac: partie du lac située entre la zone a et la ligne reliant Morges à l'embouchure de la Dranse (191 km<sup>2</sup>).
  - c) Haut lac: partie du lac située en amont de la zone b (303 km<sup>2</sup>).La partie aval du lac comprend les zones a et b, la partie amont la zone c.
- La rivière dans laquelle une truite a été capturée pour la première fois est désignée par «rivière d'origine».
- Lorsqu'un poisson a été capturé plusieurs fois, la seconde, troisième et quatrième capture sont désignées par «première», «seconde» et «troisième recapture» respectivement.

### 4. Résultats et discussion

#### 4.1 Retour de marques (tabl. 2)

Des 2588 truites marquées et relâchées, nous avons enregistré la recapture de 413 individus, dont 395 ont été recapturés une seule fois, 13 deux fois et 5 trois fois. Les 18 poissons recapturés deux ou trois fois l'ont tous été soit par des pêcheurs professionnels, soit dans le cadre des pêches de reproducteurs. Leur dernière recapture date d'au moins une année après le marquage.

Le temps écoulé entre deux captures était en général de plus d'une demie année pour les poissons recapturés dans le cadre des pêches de reproducteurs. Dans 12 cas seulement, ces

Tableau 2. Répartition par type de capture des truites lacustres du Léman en fonction du temps écoulé entre le marquage et la dernière recapture.

Table 2. Recaptures, by method, of tagged trout as a function of time between tagging and the last recapture.

Nombre de jours Number of days	Pêche de reproducteurs <sup>1)</sup> Spawn fishery	Pêches <sup>2)</sup> Catch	Trouvées péries Found dead	Total
< 31	8	36	12	56
31-90	2	47	5	54
91-365	74	106	0	180
366-730	50	23	0	73
731-1095	15	4	0	19
> 1095	7	2	0	9
Inconnu/Unknown <sup>3)</sup>	0	21	1	22
Total	156	239	18	413

1) Dans les affluents, en période de reproduction.

1) In the tributaries, during spawning period.

2) Pêche professionnelle et amateurs.

2) Commercial and sport fishery.

3) Retours de marque avec indications insuffisantes.

3) Tag return with insufficient information.

poissons ont été repris deux fois durant la même saison. Toutefois, lorsqu'un poisson a été repris peu de jours après avoir été relâché, sa recapture n'a pas été notée.

Des 218 poissons recapturés par des pêcheurs professionnels ou amateurs, 83 (38%) ont été pêchés dans les 90 jours après le marquage. Les poissons péris après le marquage ont tous été retrouvés à moins de 91 jours après avoir été remis à l'eau.

#### 4.2 Recaptures faites dans les affluents en période de reproduction (tabl. 3)

153 truites lacustres ont été recapturées une, deux ou trois fois lors des pêches de reproducteurs, avec au minimum 200 jours d'intervalle (une saison estivale) entre deux captures. Ces poissons totalisent 156 recaptures dont le lieu est bien connu (pour 10

Tableau 3. Retour au lieu de capture pendant les pêches de reproducteurs de la truite lacustre du Léman (différence entre deux captures > 200 jours).

Table 3. Return of Lake Geneva trout to the site of first capture (difference between two captures > 200 days).

Nombre de recaptures Number of recaptures	Rivière d'origine/River of origin									Total
	Aubonne			Promenthouse			Asse			
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
1	89	1	8	40	3	1	0	1	0	143
2	2	0	0	5	0	0	0	0	0	7
3	0	0	0	2	0	1	0	0	0	3
Total	91	1	8	47	3	2	0	1	0	153

A: Chaque recapture dans la rivière d'origine.

B: Une recapture dans une rivière différente de la rivière d'origine.

C: Une recapture dans une rivière non spécifiée.

A: Each recapture in the river of origin.

B: One recapture in a river other than the original one.

C: One recapture in an unspecified river.

truites, le lieu ou un des lieux de recapture n'a pas été noté). Dans cinq cas seulement (3,2%), les truites ont été recapturées dans une autre rivière que leur rivière d'origine.

Entre la première et la seconde recapture (11 cas), aucune truite n'est remontée dans un affluent différent du premier, de même entre la seconde et la troisième recapture (trois cas). Notons que, des 52 truites originaires de la Promenthouse, 49 ont été relâchées dans une autre rivière (généralement dans l'Aubonne). Des 100 truites originaires de l'Aubonne, 10 ont été relâchées dans une autre rivière.

Deux cas de recaptures faites pendant une même saison de reproduction présentent un intérêt particulier:

- une truite capturée dans la Promenthouse et relâchée dans l'Aubonne est reprise dans la Promenthouse, toujours dans le cadre des pêches de reproducteurs, 36 jours plus tard (la distance entre les deux embouchures est de 12,5 km);
- la seconde truite, capturée dans la Promenthouse et réimmergée à Nyon, à environ 1800 m de l'embouchure de la Promenthouse, est reprise dans cette rivière 29 jours plus tard.

Il convient d'interpréter ces résultats avec prudence: pendant la période de reproduction, l'intensité des pêches de géniteurs est la plus élevée dans la Promenthouse et l'Aubonne. La probabilité de recapter des poissons marqués dans ces deux affluents est par conséquent supérieure à la probabilité de les recapter dans d'autres cours d'eau. Toutefois, quelques rivières, notamment la Venoge, le Canal Stockalper et la Dranse font régulièrement l'objet de pêches de reproducteurs. Aucune truite marquée n'a été recapturée dans ces cours d'eau. Par ailleurs, en période de reproduction, une seule truite marquée originaire de l'Aubonne a été reprise dans la Promenthouse, et deux truites originaires de la Promenthouse ont été retrouvées dans l'Aubonne. Même si, sans avoir pêché tous les affluents avec la même intensité, il n'est pas possible d'indiquer avec précision le taux de retour à la rivière d'origine, on peut tout de même affirmer qu'il doit être très élevé pour l'Aubonne et la Promenthouse.

Des études faites avec plusieurs espèces de salmonidés anadromes, notamment les saumons du Pacifique et le saumon atlantique, ont abouti à la «théorie de rivière parentale» («Parent Stream Theory» [3]): Plusieurs de ces espèces, y compris *Salmo trutta* et *S. gairdneri*, retrouvent avec une grande précision leur rivière natale lors de leurs migrations de reproduction. Ce phénomène est dû soit à une imprégnation des salmonidés juvéniles à l'odeur de cette rivière, soit à l'effet de phéromones émis par les congénères qui y vivent [4, 8].

La grande fidélité avec laquelle les truites lacustres du Léman marquées remontent plusieurs fois de suite les mêmes affluents nous permet de supposer que ces poissons remontent et se reproduisent dans leur rivière natale.

#### 4.3 Recaptures faites dans les affluents hors période de reproduction

26 truites lacustres marquées ont été recapturées par des pêcheurs amateurs dans des affluents lémaniques hors période de reproduction (seules les recaptures suffisamment documentées sont prises en considération):

- sur 18 truites originaires de l'Aubonne, 17 ont été recapturées dans cette même rivière, une dans le Boiron de Morges;

- sur 7 truites originaires de la Promenthouse, 5 ont été recapturées dans l'Aubonne, une dans la Promenthouse et une dans le Rhône affluent, dont l'embouchure se trouve à plus de 45 km de celle de la Promenthouse;
- une truite originaire du Boiron de Morges a été reprise dans l'Aubonne.

16 de ces recaptures ont été faites de février à mars, une en septembre. Dans 9 cas, la date n'a pas été indiquée.

A la fin de la période de reproduction, il semble qu'une partie des truites aient encore tendance à remonter dans des rivières, qui ne sont pas nécessairement leur rivière d'origine. Notons que, le cas de la recapture dans le Rhône mis à part, toutes ces truites ont été pêchées dans des affluents de la partie aval du Léman.

#### 4.4 Recaptures faites dans le lac (tabl. 4)

Au total, 191 marques provenant de truites repêchées dans le lac ont été retournées par des pêcheurs professionnels ou amateurs, avec l'indication de la date et du lieu de recapture. Tous ces poissons sont originaires d'affluents de la partie aval du Léman (figure). Afin de vérifier si les truites originaires de ces cours d'eau ont tendance à rester dans la partie aval du lac durant leur séjour lacustre, nous avons analysé les recaptures selon la période et le lieu de pêche. Les résultats sont les suivants (l'analyse statistique a été réalisée au moyen du test du  $\chi^2$ ):

- Pour les trois périodes considérées, le nombre de truites recapturées par unité de surface (colonne 5) est significativement plus élevé dans la partie aval que dans la

Tableau 4. Nombres de truites lacustres recapturées par des pêcheurs dans les trois zones du Léman, comparés au rendement de la pêche professionnelle.

Table 4. Number of trout recaptured by the fishermen in the three zones of Lake Geneva, as compared to the yield of the commercial fishery. Amont = eastern, aval = western part of the lake.

Saison Season	Zone lacustre Lake zone	Truites recapturées <sup>1)</sup> /Trout recaptured Rivière d'origine/River of origin		Total <sup>1)</sup>	Pêche professionnelle <sup>2)</sup> en kg/ha/Commercial yield in kg/ha	
1	2	3	4	5	6	
Janvier à mars	Petit lac	aval	5 (5,7)	2 (2,3)	34 (12,2)	aval
	Moyen lac		8 (4,2)	19 (9,9)		0,029 (43)
	Haut lac	amont			11 (3,6)	amont 0,039 (57)
Avril à août	Petit lac	aval	5 (5,7)	11 (12,6)	70 (25,1)	aval
	Moyen lac		10 (5,2)	44 (23,0)		0,192 (55)
	Haut lac	amont			35 (11,6)	amont 0,159 (45)
Septembre à décembre	Petit lac	aval	5 (5,7)	4 (4,6)	39 (14,0)	aval
	Moyen lac		2 (1,0)	28 (14,7)		0,114 (68)
	Haut lac	amont			2 (0,7)	amont 0,053 (32)

1) Entre parenthèses: nombres de truites recapturées par 100 km<sup>2</sup> de surface lacustre.

2) Rendement de la pêche professionnelle de la truite lacustre dans les eaux suisses (moyennes des années 1969 à 1971). Entre parenthèse: répartition en % par zone lacustre.

1) In brackets: number of trout recaptured per 100 km<sup>2</sup> lake surface.

2) Yield of trout in the commercial fishery of the Swiss part of Lake Geneva (means of the years 1969 to 1971). In brackets: proportion, in %, per lake zone.

- partie amont du Léman ( $p < 0,01$  pour les trois périodes). Les truites marquées ont donc tendance à rester groupées dans la partie aval du lac. Cette tendance est très nette en automne et en hiver, lorsque les truites effectuent leurs migrations de reproduction. Elle reste néanmoins clairement visible pour les mois d'avril à août (68 % de recaptures par unité de surface dans la partie aval du Léman).
- Pour les trois périodes considérées, le nombre de truites recapturées d'une part dans la partie amont et d'autre part dans la partie aval du lac ne présente pas de similitude avec le rendement de la pêche professionnelle dans ces deux parties du Léman ( $p < 0,05$  pour avril à août,  $p < 0,01$  pour les deux autres périodes considérées). Le nombre de recaptures plus élevé dans la partie aval du lac n'est donc pas lié à une pression de pêche plus forte ou à une concentration de l'ensemble des truites dans cette partie du Léman.
  - Les chiffres qui figurent aux colonnes 3 et 4 indiquent que les truites originaires de la Promenthouse ont tendance à se concentrer dans le petit lac, et que les truites originaires de l'Aubonne et du Boiron ont tendance à rester groupées dans le moyen lac. Ainsi, les poissons resteraient de préférence dans la partie du lac située près de l'embouchure de leur rivière d'origine. Cette observation est moins nette pour les truites originaires de la Promenthouse que pour celles qui se reproduisent dans l'Aubonne ou le Boiron. Ceci est probablement dû au choix de la limite entre les deux zones lacustres, qui se trouve trop près de l'embouchure de la Promenthouse. Cette tendance n'est vérifiée de manière significative que pour les truites de l'Aubonne et du Boiron recapturées de septembre à décembre ( $p < 0,01$ ). Dans tous les autres cas, les nombres de poissons recapturés trop faibles ne permettent pas d'apporter la confirmation statistique.

Le comportement migrateur de la truite lacustre du Léman concorde assez bien avec ce qu'a observé Jensen [5] chez la truite lacustre du lac supérieur de Heimdalsvatn (Norvège): les truites ont une tendance marquée à demeurer dans une partie déterminée de ce lac, avec toutefois de nombreuses exceptions, sans distinction de saison. Une tendance similaire a même été constatée chez la truite d'un petit lac de montagne en Suède, long de 1 km seulement [2].

#### 4.5 *Isolement des populations*

Nos résultats concernant la recapture des truites lacustres dans le Léman et dans les affluents vont dans le même sens: ils indiquent que cette espèce ne peuple pas le lac de manière homogène, mais que ses populations sont plutôt composées de sous-populations distinctes, chacune ayant un cours d'eau d'origine qu'elle regagne en période de reproduction. Bien que ces populations aient tendance à se mélanger lorsque les truites séjournent dans le lac, elles demeurent toutefois hautement isolées en période de reproduction. La différence de croissance que nous avons constatée entre les truites femelles originaires de la Promenthouse et celles de l'Aubonne [1] semblent confirmer l'isolement de ces deux populations de truites.

On pourrait par conséquent s'attendre à ce que les populations de truites, isolées les unes des autres, présentent des différences génétiques, telles qu'elles ont été postulées pour les saumons atlantiques originaires de rivières voisines [7]. Toutefois, le grand nombre d'estivaux (plus de 500 000 en moyenne, dont environ 80 000 d'origine lémanique) et

d'alevins (plus de 300 000 en moyenne) immergés chaque année dans le lac et ses affluents suffit-il à restreindre sérieusement ou même à supprimer cet isolement génétique? Peut-être que les résultats des marquages de jeunes truites réalisés actuellement par d'autres auteurs permettront-ils de répondre à cette question.

#### SUMMARY

1. A total of 2588 adult migratory brown trout (*Salmo trutta lacustris* L.) from Lake Geneva have been caught in tributary rivers and tagged with flag tags, during 10 spawning seasons from 1964 to 1974. 413 tagged fish have been recaptured one to four times in the lake or in rivers (tables 1 and 2).
2. In the spawning season, 153 trout were recaptured one to three times in tributaries of Lake Geneva, with a time span of 200 or more days between two captures. These fish were recaptured 166 times. In 156 cases, the place is known. Only in 5 (3.2%) of these cases, the fish were found in another river than the original one (table 3). In analogy with observations on other salmonids reported by other authors we consider that most of the Lake Geneva trout return to their parental tributary during their spawning migration.
3. Tag returns from trout captured in the lake by professional and sport fishermen show that the fish tend to concentrate in the regions near the estuaries of their home rivers (downstream part of the lake). This tendency is very strong in autumn and in winter, and less from April to August. However, even in this period, it remains highly significant. The results of tag returns, compared with fishery statistics, show that there must be different trout populations in Lake Geneva with different home rivers. Their home ranges, segregated in autumn and winter, overlap in summer (table 4). In the summer months, some tagged fish have also been found in rivers.

#### REMERCIEMENTS

Le marquage et la prise des échantillons ont été faits avec l'aide de plusieurs gardes-pêche et personnes auxiliaires. MM. Dr C. Lang et Dr Ch. Rühlé nous ont permis d'améliorer le manuscrit par leurs remarques critiques. Mlle N. Produit a dactylographié le texte. Mmes L. Faravel et G. L'Eplattenier nous ont assisté pour le travail à l'ordinateur et pour les graphiques.

#### BIBLIOGRAPHIE

- 1 Büttiker, B., Matthey, G., Bel, J., et Durand, P.: Age et croissance de la truite lacustre (*Salmo trutta lacustris* L.) du Léman. Schweiz. Z. Hydrol. (en prép., 1986).
- 2 Gustavson, K.-J., Lindström, T., et Fagerström, A.: Distribution of trout and char within a small Swedish high mountain lake. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 49, 63-75 (1969).
- 3 Harden Jones, F. R.: Fish Migration. E. Arnold, London 1968.
- 4 Hasler, A. D., et Scholz, A. T.: Olfactory Imprinting in Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). In: Schmidt-Koenig, K., et Keeton, W. T. (éd.): Animal Migration, Navigation, and Homing. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1978.
- 5 Jensen, K.: On the dynamics and exploitation of the population of brown trout, *Salmo trutta* L., in Lake Øvre Heimdalsvatn, Southern Norway. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 56, 18-69 (1977).
- 6 Lindroth, A.: Salmon tagging experiments in Sundsvall Bay of the Baltic in 1950. Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 33, 57-69 (1952).
- 7 Saunders, R. H., et Bailey J. K.: The role of genetics in Atlantic Salmon management. In: Went, A. E. J. (éd.): Atlantic Salmon: its future. Fishing News Books, Farnham 1978.
- 8 Stabell, O. B.: Homing and olfaction in salmonids: a critical review with special reference to the Atlantic salmon. Biol. Rev. 59, 333-388 (1984).

Adresse des auteurs: Conservation de la faune, 1, chemin du Marquisat, CH-1025 St-Sulpice.

Com  
d'Ae  
l'hoi

Dédié :

Par Ra  
Institut (

Laborat

Manusc

ABSTR

The spre  
Lysotypi  
aquatic c

Introdu

Les po  
retrouv  
du gen  
hydriq  
reconn  
(poiss  
médec  
pendar  
types d  
ces d'e  
mies (c  
milieu  
Le but  
la diffu  
gine h  
examin  
isolé de