

Zeitschrift: Archives des sciences [2004-ff.]
Herausgeber: Société de Physique et d'histoire Naturelle de Genève
Band: 58 (2005)
Heft: 3

Artikel: Les sites de reproduction de l'omble chevalier du Léman : ont-ils évolué de 1981 à 2005 ?
Autor: Rubin, Jean-François
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-738405>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 11.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les sites de reproduction de l'omble chevalier du Léman ont-ils évolué de 1981 à 2005?

Jean-François RUBIN¹

■ Abstract

Evolution of the spawning grounds of the Arctic char in Lake Geneva from 1981 to 2005 - The capture of the Arctic Char in Lake Geneva is on the decrease since the year 2000, in spite of an important stocking effort. In the 1980's the poor quality of the water in the lake probably did not allow for a significant success in the natural reproduction of this fish. On the other hand today, Lake Geneva being under way to re-oligotrophication, the eggs laid in the deep spawning ground sites should have more chance to hatch. So that to check the evolution of the reproduction sites, the principal spawning ground sites of the Arctic Char were studied from 1981 to 2005, thanks to 69 dives (160 hours 22 minutes of observations) made by the submarine F.A. Forel. In Lake Geneva there are 9 sites of which each have one or several different spawning grounds. These spawning grounds have the appearance of a great slide of gravel, stones and pebbles without any covering of sediment, which usually measure 1 to 5 cm in diameter, and are mostly situated between 50 and 120 metres deep. Maps of under water areas have been drawn up, which provides the exact position and location of these spawning grounds and their evolution in the course of time. The spawning grounds are mostly due to the outcome of the wilful immersion or not of gravel. This is the reason why many among them are situated in the lake below the quarries. Spawning grounds of strictly natural origin are rare because today the dynamic force of rivers is no longer able to drag gravel along and bring sufficient quantities of it to the depths of the lake. Certain spawning grounds seem remarkably stable in the course of time whereas others are more short-lived. Apparently 3 criteria appear fundamental to ensure the survival of a spawning ground: (1) the constant provision of gravel, (2) the presence of water currents, (3) deep sites. It is possible to re-create artificial spawning grounds by immersing gravel at certain places. This method may be very effective and the spawning grounds can be functional for several years. However without a constant supply of gravel they will become covered in silt after 3 or 4 years and the attractiveness of the surface, which draws the attention of the Arctic Char, will be reduced. Consequently, it is the intention to choose a few sites where, in turn, a certain quantity of clean gravel will be immersed each year, in order to propose a new fish management not only based on stocking but equally on the renaturation.

Keywords: *Salvelinus alpinus*, natural reproduction, Lake Geneva, fishery management, Spawning ground, submarine

■ Résumé

Malgré un intense effort de repeuplement, les captures d'ombles chevaliers dans le Léman sont en forte diminution depuis les années 2000. Dans les années 80, la mauvaise qualité de l'eau du lac ne permettait probablement pas un succès significatif de la reproduction naturelle. Aujourd'hui par contre, le Léman étant en voie de réoligotrophisation, les œufs pondus sur les sites de frai en profondeur devraient avoir plus de chance d'éclore si des sites fonctionnels demeurent à la disposition des poissons. C'est pour évaluer l'évolution de ces sites que les principales frayères de l'omble chevalier ont été étudiées de 1981 à 2005 grâce à 69 plongées effectuées (160 h 22 min d'observation) par le sous-marin F.A.-Forel. Sur le Léman, on trouve 9 sites comprenant chacun une ou plusieurs frayères. Les omblières se présentent comme de grandes coulées de cailloux (ø 1-5 cm) dépourvues de sédiment fin à leur surface, situées en profondeur (-50 à -120 m) pour la plupart. Des cartes ont été établies, permettant la détermination précise de la localisation des frayères et de leur évolution au cours du temps. Les omblières sont pour la plupart issues dans le Léman de l'immersion volontaire ou non de gravier. C'est la raison pour laquelle plusieurs d'entre elles sont situées à l'aplomb de carrières. Les omblières d'origine strictement naturelle sont

¹ Institut Terre-Nature-Paysage, Ecole d'ingénieurs de Lullier de la HES-SO / GE, CH-1254 Jussy.
Musée du Léman, Quai Louis Bonnard 8, CH-1260 Nyon.

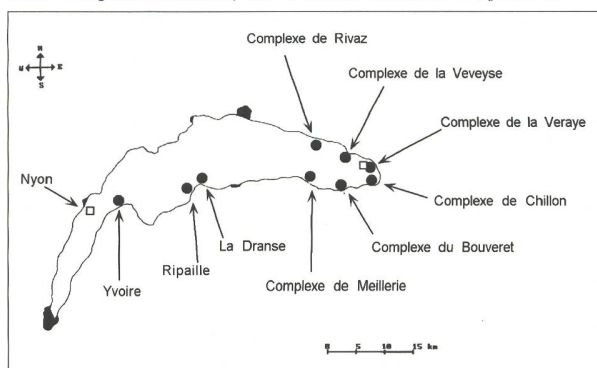
rare car la dynamique de charriage des rivières ne permet plus aujourd'hui d'apporter des quantités suffisantes de matériaux graveleux en profondeur. Certaines frayères semblent remarquablement stables au cours du temps, alors que d'autres semblent plus éphémères. Apparemment 3 critères apparaissent fondamentaux pour assurer la pérennité d'une ombrière: (1) un apport constant de gravier, (2) la présence de courants importants, (3) des sites en profondeur. Il est possible de recréer artificiellement des ombrières en immergeant des graviers à certains endroits. Cette méthode peut être très efficace et les frayères peuvent être fonctionnelles plusieurs années. Sans un apport constant de gravier, celles-ci s'ensavent toutefois au bout de 3 ou 4 ans et les surfaces attractives pour les ombles en sont d'autant réduites. Il est dès lors proposé de choisir quelques sites et d'immerger chaque année une quantité de gravier propre sur l'un d'eux par tournus afin de proposer une nouvelle gestion piscicole non plus basée uniquement sur le repeuplement, mais également sur la renaturation.

Mots-clés: *Salvelinus alpinus*, reproduction naturelle, Léman, gestion piscicole, frayère, sous-marin

Introduction

Les observations effectuées lors de 20 plongées en sous-marin, entre 1981 et 1988 (Rubin & Büttiker 1992) sur les principaux sites de frai de l'omble chevalier du Léman, les ombrières, mettent en évidence, sur la rive suisse du Léman, 3 complexes d'ombrières: Chillon avec 7 ombrières distinctes, Veraye avec 1 seul site, le Bouveret avec 2 sites, et sur la rive française, le complexe de Meillerie avec une vingtaine de frayères (Fig. 1). Cette localisation corroborait des observations effectuées précédemment: «l'omble chevalier ne fréquente guère le Petit-Lac et ce n'est que dans le Grand-Lac que se pêche ce poisson et que peuvent se trouver les ombrières» (André 1922).

Fig. 1. Carte des complexes d'ombrières du Léman. Cercle noir: complexes étudiés, carré blanc: ombrière artificielle.



Les ombrières actives se présentaient comme de grandes coulées de cailloux dépourvues de sédiment fin à leur surface (Fig. 2). Le diamètre moyen des cailloux était de 1 à 5 cm, parfois jusqu'à la taille d'un poing. La surface des ombrières variait de 10 à plus 1500 m². Elles se situaient pour la plupart entre 50 et 120 m de profondeur, les ombles apparemment ne fréquentant pas les endroits moins profonds même si le substrat apparaissait favorable, comme à la Veraye par exemple (Rubin & Büttiker 1992). L'étude montrait également que les ombrières étaient souvent le résultat d'immersions accidentelles de gravier,



Fig. 2. Substrat typique d'une ombrière (Ombrière du bas à Chillon le 22/12/00 à -57 m).



Fig. 3. Trou de mine visible sur une pierre, démontrant l'origine artificielle de la frayère (Ombrière du Château à Chillon, 19/12/85 à -44 m).

notamment aux abords de carrières (Fig. 3). Aussi, afin de mettre en place une nouvelle politique de gestion basée sur la renaturation du milieu, il était donc nécessaire d'effectuer une nouvelle étude avec 4 objectifs principaux:

- 1 Retourner sur les sites de reproduction étudiés entre 1981 et 1988 (Chillon, Veraye, Bouveret, Meillerie) afin d'observer leur évolution, tester leur fonctionnalité et déterminer les critères permettant la création de nouveaux sites propices à la reproduction naturelle de l'omble
- 2 Etudier 2 nouveaux complexes d'ombrières (Rivaz et Veveyse)
- 3 Etudier les 3 complexes d'ombrières historiques encore inexplorés de la région de Thonon (Ripaille, La Dranse et Yvoire)
- 4 Tester la méthode visant à créer de nouvelles ombrières en aménageant 2 sites expérimentaux (Veraye et Nyon).

Cette nouvelle étude a pu être mise en œuvre en 2004-05 grâce au soutien de la Ville de Nyon à l'occasion du 50^e anniversaire du Musée du Léman. C'est l'objet du présent document.

Matériel et méthodes

Plongées

De l'hiver 1981/82 à 1986/87, diverses observations ont été effectuées lors de 31 plongées autonomes sur l'omblière du Château dans le complexe de Chillon, la seule omblière accessible avec cette méthode.

De l'hiver 1984/85 à 1987/88, les observations des omblières ont été effectuées à partir du sous-marin F.A.-Forel (Fig. 4) de la Fondation pour l'étude et la protection de la mer et des lacs qui permet des séjours de longue durée jusqu'à 500 m de profondeur. Pour l'étude publiée en 1992 (Rubin & Büttiker 1992), 20 plongées, totalisant 79 h 18 min d'immersion, avaient été effectuées.



Fig. 4. Le sous-marin F.A.-Forel.

De l'hiver 1996/97 à 2004/05, 49 plongées ont été effectuées à bord du F.A.-Forel, totalisant 81 h 04 min d'immersion. Le présent article effectue donc la synthèse des résultats de ces 3 périodes d'observations, soit pour les plongées en sous-marin, un total de 69 plongées, pour 160 h 22 min d'immersion.

En toute rigueur, on ne peut pas exclure la présence d'omblières ailleurs dans le Léman, puisqu'il a été bien entendu impossible de parcourir en sous-marin la totalité des fonds du lac. Toutefois, la présence d'un complexe d'omblières de grande importance est peu vraisemblable, car il aurait probablement été mis en évidence par les pêcheurs professionnels qui pratiquent leur métier depuis plusieurs centaines d'années sur le Léman.

Positionnement

Lors de l'étude de 1992 (Rubin & Büttiker 1992), une des principales difficultés techniques était la possibilité de se positionner précisément avec le sous-marin de manière à pouvoir dresser avec exactitude des cartes indiquant l'emplacement et la surface des frayères. Ces difficultés ont été en partie levées dans la présente étude grâce à l'installation sur le sous-marin et

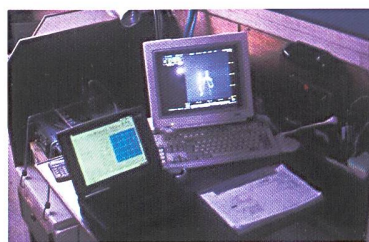


Fig. 5. Système de positionnement par satellite à bord du bateau d'accompagnement du F.A.-Forel.

son bateau d'accompagnement d'un système combiné de positionnement par GPS et ultrason (Fig. 5). Ce système fonctionne bien lorsque les fonds sont relativement plats. Malheureusement, les frayères sont pour la plupart situées dans des endroits accidentés (présence de falaises) sur lesquels les ultrasons forment de nombreux échos parasites. De plus, en surface, le bateau est souvent proche de montagnes, ce qui rend la détection des satellites parfois difficile. C'est pourquoi la précision des points GPS varie de 2 à 10 m en moyenne. De petits fanions posés sur le fond et maintenus verticalement par un flotteur ont été placés sur certaines frayères pour en faciliter l'identification.

Une omblière est considérée comme «active» si des ombles en train de se reproduire y sont observés ou si le substrat caillouteux a visiblement été «nettoyé» de sa couche de sédiment par le mouvement des ombles.

Cartographie

Avec l'aide de l'Institut Forel de l'Université de Genève, des cartes précises ont pu être établies en 2004. La réalisation des différentes cartes bathymétriques s'est faite en trois étapes:

- 1. La préparation des campagnes s'est résumée à la préparation des routes de navigation. Il a été choisi de naviguer selon des tracés parallèles à la côte et espacés 20 à 30 mètres. Ces routes ont été entrées dans un GPS de navigation Garmin et ont été suivies par le pilote du bateau.
- 2. Les mesures de profondeurs ont été effectuées par un échosondeur Marimatech, à une fréquence de 2 mesures par seconde (précision de l'ordre de 10 cm), soit une mesure tout les 1.4 mètres environ. Lors de la navigation et de l'enregistrement des profondeurs, la position exacte du bateau a également été mesurée par GPS Ashtech à une fréquence de 1 position par seconde.
- 3. Le traitement des données a consisté à supprimer des données les valeurs absurdes, convertir les positions en coordonnées suisses, corriger les positions en fonction d'une base fixe pour obtenir précision plus élevée (5 m), attribuer à chaque profondeur mesurée une position et pour terminer, à interpoler les données pour obtenir les cartes à l'aide de Surfer 8.0 et de la méthode du Kriging.

Ces investigations ont fourni des cartes bathymétriques précises des zones étudiées. Sur ces cartes, ont ensuite été placés les points relevés à partir du

F.A.-Forel correspondant aux différentes frayères. Un traitement graphique permet ensuite une présentation en 2 ou 3 dimensions. Il a ensuite été possible de comparer ces cartes à celles établies précédemment par différents scientifiques (Forel 1892; André 1922; Villaume 1936) depuis des investigations effectuées en surface (principalement des dragages pour déterminer la nature des fonds ou des positionnements à partir de points repères sur la cote selon les endroits où les pêcheurs tendent leurs filets). La découverte de plusieurs sites n'a été possible que grâce à des indications précises fournies par des pêcheurs professionnels du Léman.

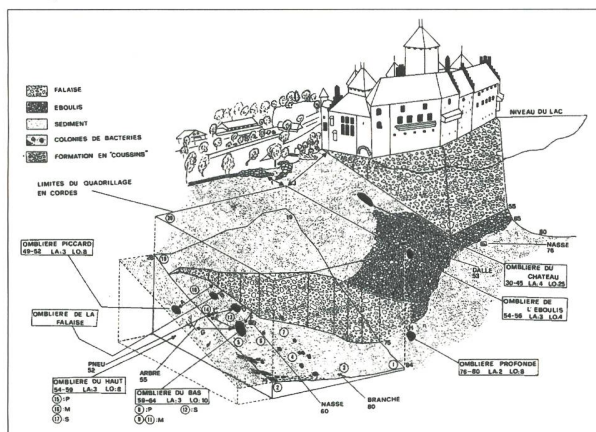
Résultats

Evolution des frayères déjà connues

Le complexe d'omblières de Chillon

L'étude de 1992 avait révélé la présence de 7 omblières distinctes dans le complexe de Chillon, les *omblières du Château, de l'éboulis, profonde, du bas, du haut, de la falaise* et *Piccard* (Fig. 6). En 2004, sur la base de la campagne d'échosondages, une carte bathymétrique précise de la région de Chillon a pu être établie. Les coordonnées des omblières, déterminées à partir des observations à bord du *F.A.-Forel*, y ont été rapportées (Figs. 7 et 8).

Fig. 6. Carte du complexe de Chillon (Rubin et Büttiker, 1992).



Dans ce vaste complexe d'omblières, seule l'**omblière du Château** est accessible en plongée autonome en raison de sa relative faible profondeur. Celle-ci a fait l'objet de 31 plongées autonomes scientifiques entre les hivers 1981/82 et 1986/87. L'ensemble de ces plongées a permis de mettre en évidence une vaste frayère entre 35 et 50 m de profondeur (Fig. 9), sur laquelle de nombreux œufs vivants ont été récoltés, la zone la plus active se

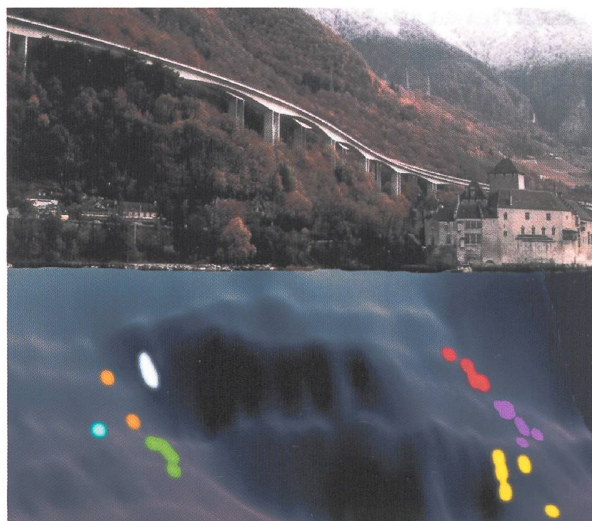


Fig. 7. Représentation en 3D du complexe de Chillon. Points bleu: Omblière Piccard. Orange: O. de la falaise. Gris: O. Thiebaud. Vert: O. du bas. Jaune: O. profonde. Violet: O. de l'éboulis. Rouge: O. du château.

situant aux alentours de -40 m. Lors des plongées à bord du *F.A.-Forel*, de l'hiver 1984/85 à 2004/05, l'omblière du Château est apparu comme un site relativement stable en terme de fréquentation par les poissons. En effet, des œufs et/ou des ombles y ont régulièrement été observés, la zone la plus active se situant entre 35 et 45 m de profondeur.

Fig. 8. Carte bathymétrique du complexe de Chillon.

Points bleu: Omblière Piccard. - Orange: O. de la falaise. - Gris: O. Thiebaud. - Vert: O. du bas. - Jaune: O. profonde. - Violet: O. de l'éboulis. - Rouge: O. du château. Fond de carte reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA068253).

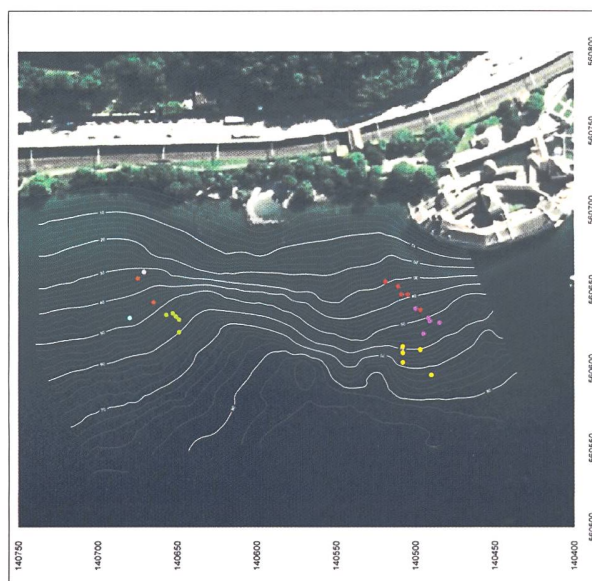




Fig. 9. L'ombrière du Château, le 12/12/81.



Fig. 10. L'ombrière de l'éboulis, le 17/12/84, prof: 53-55 m.



Fig. 11a et b. Ombrière de l'éboulis pendant l'hiver 2004/05.

A gauche: partie inactive à -58 m, à droite: partie active à -56 m.



L'ombrière de l'éboulis se situe sur le cône de gravas rejetés entre les 2 falaises du site. De 1984/85 à 1987/88, de nombreux ombles, ainsi que des œufs y ont été régulièrement observés (Fig. 10). Puis au

1998/99. Elle est cependant recouverte de sédiments depuis.

L'ombrière profonde, la plus profonde du complexe (entre -76 et -80 m.), apparaît comme l'un des sites les plus stables de Chillon. On y a observé pratiquement chaque année des œufs et/ou des ombles (Fig. 14a, b et c). En 2004/05, on observait dès -82 m des colonies importantes de bactéries. (Fig. 16a).

L'ombrière du bas est de toutes celles de Chillon, la frayère la plus active et la plus stable (Fig. 15a, b et c). On y a observé des ombles et/ou des œufs chaque année depuis 1984/85. C'est aussi, après l'ombrière profonde, celle qui est la plus profonde (-59 à -66 m). En 2004/05, le substrat était recouvert d'importantes colonies de bactéries dès -63 m. (Fig. 16a et b). Ces bactéries se situent de part et d'autres de sillons de sédiments ayant pour origine des probables sources sous-lacustres. L'eau issue de ces sources apparemment coule sur le fond le long de cheminements noirs bien visibles sur le substrat jaune oxydé. De telles colonies avaient déjà été observées lors des toutes premières plongées sur le site pendant l'hiver 1984/85.

Le complexe d'ombrières du Bouveret

Seules 2 campagnes de plongées ont été effectuées sur le complexe du Bouveret, l'une pendant l'hiver 1986/87, l'autre en mars 2004. L'étude de 1992 (Rubin & Büttiker 1992) y avait révélé la présence de 2 ombrières distinctes (Fig. 17). Ces deux ombrières étaient le résultat de l'exploitation de la carrière du



Fig. 12. Ombles sur l'ombrière du haut pendant l'hiver 1984/85.



Fig. 13a et b. Ombrière Piccard. a: La coulée de gravier recouverte de sédiments à moins de 49 m de profondeur, observée le 17/12/84. b: L'extrémité basse de l'ombrière Piccard à -52 m le 17/12/84.



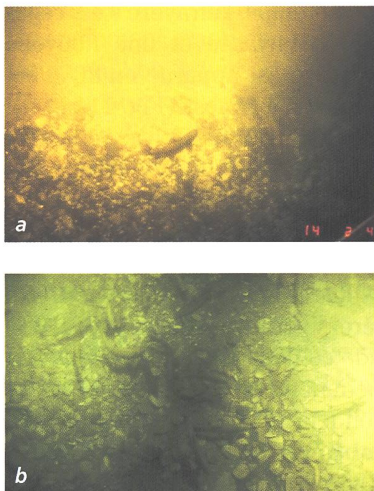


Fig. 14a,b et c. a: L'omblière profonde le 17/12/8. b: le 13/12/0. c: le 22/12/00.

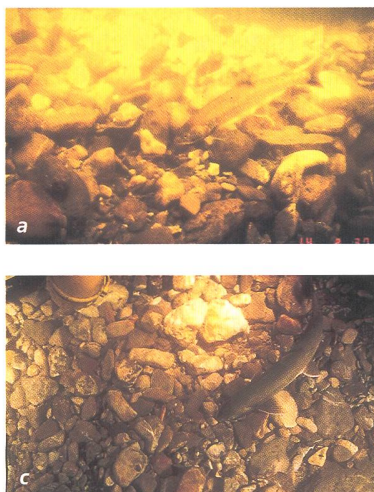
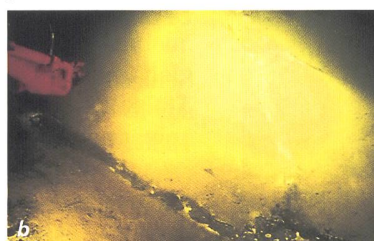


Fig. 15a,b et c. Omblière du bas. a: ombles sur l'omblière du bas à -60 m le 17/12/85, b: le 22/12/00, c: pied de l'omblière recouvert de sédiments à -65 m le 13/12/04.



Fig. 16a et b. Colonies de bactéries. a: sous l'omblière profonde à -80 m pendant l'hiver 2004/05. b: sous l'omblière du bas à -78 m pendant l'hiver 1984/85.



Fenalet, située à leur aplomb, en activité de 1931 à 1972 (Fig. 18a et b). Lors des chargements des barges, et en fonction de la demande en matériaux, de grandes quantités de gravier de taille non exploitable, étaient parfois déversées dans le lac. **L'omblière du Bouveret**, se situait entre 69 et 71 m de profondeur (Fig. 19a et b), d'une largeur de 3 m pour 5 m de long.

L'omblière de St-Gingolph, se situait entre 79 et 89 m de profondeur (Fig. 20a et b), d'une largeur de 1.5 à 10 m pour une longueur de 22 m.

Pendant l'hiver 2003/04, le 12/03/04, les observations ont montré que les 2 omblières décrites en 1992 étaient toutes deux inactives. Le gravier était toujours bien présent, mais recouvert de sédiments fins, et ceci depuis probablement longtemps au vu de la hauteur de la couche (Figs. 19a et b, 20a et b). Pendant l'hiver 1986/87, juste au-dessus de l'omblière du Bouveret, l'essieu d'un wagonnet utilisé autrefois dans la carrière avait été observé à -76 m (Fig. 21a et b). Lors de cette campagne, de nombreux œufs, ainsi que des ombles, avaient été observés sur les frayères. En mars 2004, il est certain que l'on se trouvait au bon endroit puisque l'essieu du wagonnet était toujours bien visible, bien que recouvert d'une épaisse couche de sédiments.

Le complexe d'omblières de Meillerie

Les omblières de Meillerie sont mentionnées depuis longtemps dans la littérature (André 1922). Elles étaient localisées entre le port de Meillerie et Locum sur une longueur de 2.5 km et une largeur de 300 m, à une profondeur maximale de -250 m. (Fig. 22). Les mesures de température effectuées à cette époque ne permettaient pas de conclure à la présence de sources sous-lacustres. Par contre, André (1922) observait la présence de courants en profondeur. Ses dragages attestaient de la grande hétérogénéité du fond avec tantôt du limon, tantôt du gravier ou des cailloux plus grossiers. André fit

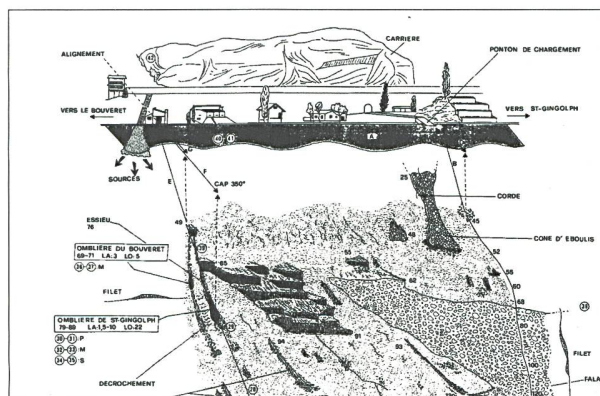


Fig. 17. Carte du complexe du Bouveret (Rubin et Büttiker, 1992).

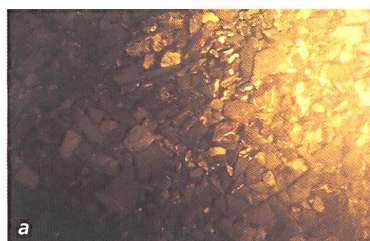


Fig. 20a et b.
L'omblière
de St-Gingolph.
a: pendant l'hiver
1986/87,
b: en mars 2004.

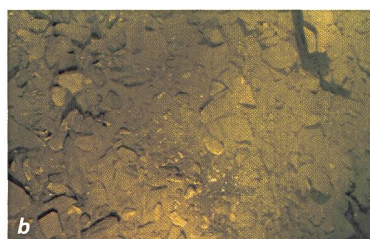


Fig. 21a et b.
Essieu du
wagonnet au-
dessus de l'omblière
du Bouveret
à -76 m.
a: pendant l'hiver
1986/87,
b: droite en mars
2004.



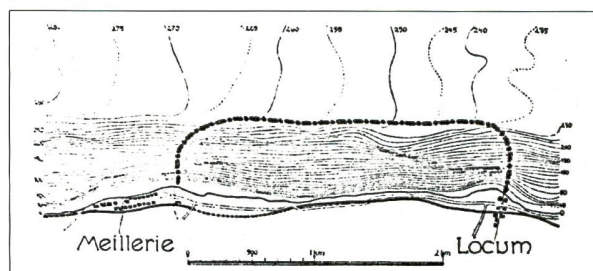
Fig. 18. La carrière
du Fenalet.
a: pendant son
exploitation de
1931 à 1972.
b: en 2004.



Fig. 19a et b.
L'omblière du
Bouveret.
a: pendant l'hiver
1986/87,
b: en mars 2004.



Fig. 22. Carte des omblières de Meillerie, établie par André (1922).



tion; étant donné que ces carrières sont à proximité immédiates du lac, on peut tenir pour certain que des quantités énormes de matériaux rocheux sont venues, au cours du temps, joncher certains parages de l'omblière» (André 1922). Il est ainsi le premier à faire le lien entre l'activité humaine liée aux carrières et les omblières. L'étude de 1992 avait révélé la présence d'une vingtaine d'omblières distinctes dans le complexe de Meillerie (Fig. 23).

l'hypothèse que les frayères seraient dues d'une part à la forte déclivité du terrain qui empêche le sédiment de se déposer sur le fond, ainsi qu'au fait que «les escarpements qui dominent la rive de l'omblière sont exploités pour la pierre de construc-

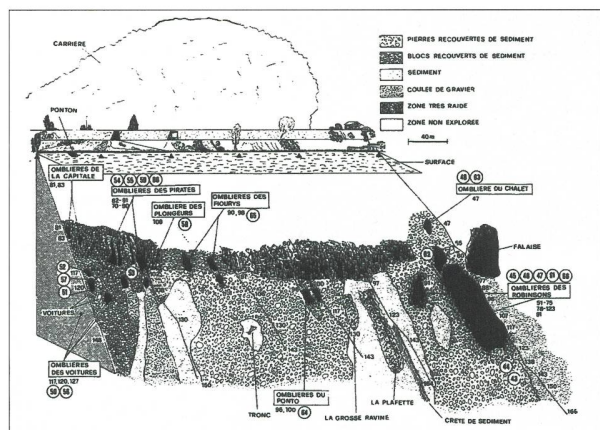


Fig. 23. Carte du complexe de Meillerie (Rubin et Büttiker, 1992).

Ces omblières sont les plus grandes et les plus profondes du Léman. (Fig. 25). L'abondance de matériaux favorables est étroitement liée à l'exploitation des carrières situées à leur aplomb. Ces carrières entraînent l'immersion plus ou moins volontaire de grande quantité de gravier, et ceci depuis fort longtemps (Fig. 24a et b).

Pendant l'hiver 1988/89, **l'omblière des Robinsons** était constituée de 3 zones actives (Fig. 23) (Rubin & Büttiker 1992). Pendant l'hiver 2004/05, exactement la même configuration était observée (Figs. 25 et 26a, b, c et d). Le substrat de la frayère de l'Est est nettement plus grossier (diamètre d'un poing environ) que celui de la frayère Ouest (diamètre d'une noix). L'omblière des Robinsons se présente maintenant essentiellement comme deux langues de gravier parallèle formant un éboulis. Connaissant leur pente respective (45° pour celle de l'Est, 35° pour celle de l'Ouest) et leur différence de niveau respective (71 m pour celle de l'Est, 24 m pour celle de l'Ouest), leur

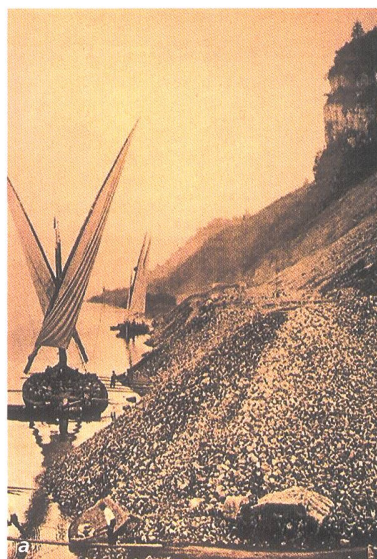
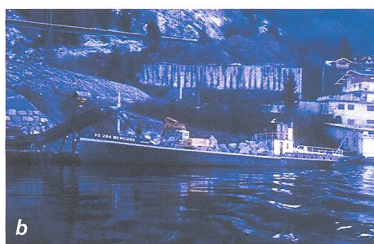


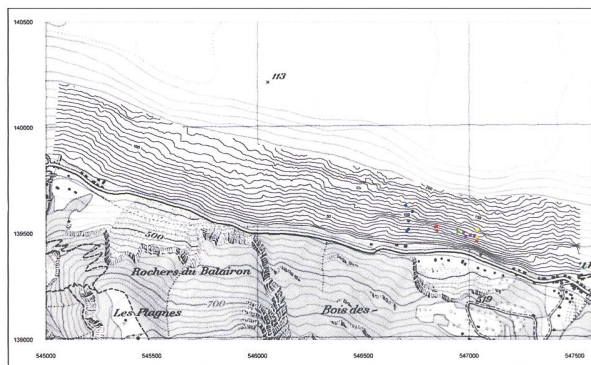
Fig. 24a et b.
Exploitation des
carrières de
Meillerie au cours
du temps.



longueur estimée est de 100 et 42 m respectivement. Sachant que leur largeur moyenne est de 14 et 8 m, la surface de chaque frayère est donc de 1400 et 336 m², soit 1736 m² de surface active, ce qui en fait sans conteste aujourd'hui la plus grande des omblières connues du Léman.

Fig. 25. Carte des omblières de Meillerie.

Points brun: Omblière de la Capitale, jaune: O. des voitures, violet: O. des pirates, vert: O. des Fijouris, rouge: O. du Ponto, bleu: O. des Robinsons. Fond de carte reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA068253).



L'omblière du Chalet, active pendant l'hiver 1988/89, à -47 m était entièrement recouverte de sédiments pendant l'hiver 2004/05. Pendant l'hiver 1988/89, **l'omblière du Ponto** était constituée de 2 zones actives parallèles, séparées par une bande de sédiments fins, entre -96 et -100 m (Rubin & Büttiker 1992). Pendant l'hiver 2004/05, les 2 zones actives étaient pratiquement à bord touchant. La zone ouest s'étendait de -97 à -111 m sur une largeur de 2 m et une longueur de 20 m, soit une surface de 40 m². La zone est s'étendait de -97 à -107 m sur une largeur de 3 m et une longueur de 14 m, soit une surface de 42 m². A nouveau une très forte répartition des matériaux était observée en fonction de la granulométrie: les particules les plus grossières en profondeur, celles de plus petit diamètre plus proches de la surface. Une telle répartition est typique de matériaux graveleux s'écoulant le long d'un plan incliné de forte pente (Fig. 27a, b et c). Pendant l'hiver 1988/89, **l'omblière des Fijouris** était constituée de 3 zones actives entre -90 et -98 m (Rubin & Büttiker 1992). Pendant l'hiver 2004/05, les 3 zones actives étaient confondues, entre -92 et -98 m, sur une largeur de 2 m, une longueur 9 m, soit une surface de 18 m². Au sommet de la frayère se trouvait un pilier en béton armé au pied d'une falaise. Le substrat était constitué de graviers fins parmi des blocs plus grossiers (Fig. 28). Pendant l'hiver 1988/89, **l'omblière des Pirates** était constituée de plu-

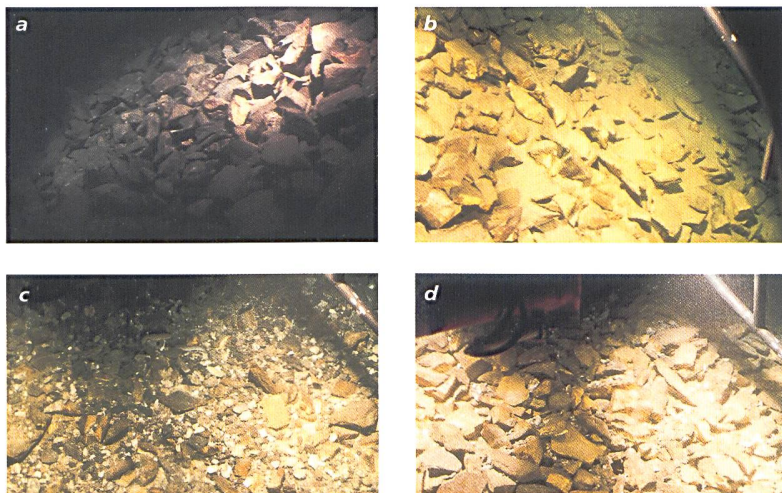


Fig. 26a,b,c et d. L'omblière des Robinsons.

a: entre 78-123 m durant l'hiver 1988/89. b: même endroit le 31/12/04 (zone inactive). c: Partie supérieure, le 31/12/04, à -55 m (partie active) gravier fin. d: Pied de la frayère, le 31/12/04 à -121 m (partie active) gravier grossier.

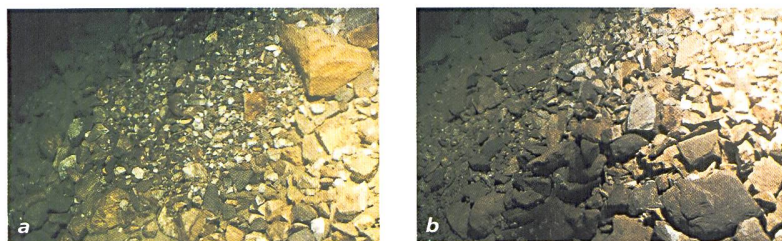


Fig. 27. Omblière du Ponto pendant l'hiver 2004/05.

a: partie supérieure à -97 m avec du gravier fin. b: partie médiane à -108 m avec du gravier grossier. c: pied de la frayère à -111 m avec blocs et sédiment fin.

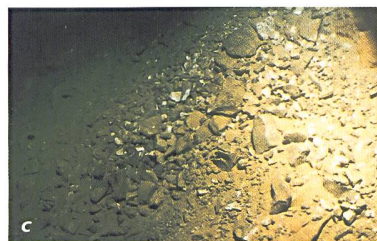
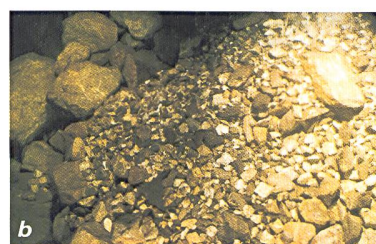


Fig. 28. Omblière des Fiourys le 14/01/05 à -90 m.

Fig. 29a et b. L'omblière des Pirates, entre -70 et -90 m. a: pendant l'hiver 1988/89, b: pendant l'hiver 2004/05.



sieurs zones actives entre -82 et -91 m, ainsi qu'entre -70 et -90 m (Rubin & Büttiker, 1992). Pendant l'hiver 2004/05, 2 zones actives étaient plus particulièrement observées: celle située à l'est entre -98 et -113 m sur une largeur de 7 m, et celle située à

l'ouest entre -92 et -99 m sur une largeur de 5 m. Le substrat était constitué de graviers fins parmi des blocs plus grossiers (Fig. 29a et b). Pendant l'hiver 1988/89, l'omblière des voitures était constituée de 3 zones actives (Rubin & Büttiker 1992). Le nom était lié à la présence de 3 voitures immergées à -117, -120 et -127 m (Fig. 30). Pendant l'hiver 2004/05, les mêmes zones étaient observées entre -116 et -124 m. Une des voitures était immatriculée: «1152 RP 74». Pendant l'hiver 1988/89, l'omblière de la Capitale était constituée de 2 zones actives (Rubin & Büttiker 1992) (Fig. 31). Pendant l'hiver 2004/05, les mêmes zones actives étaient observées. Entre ces 2 zones, une voiture de type rallye avec arceau de sécurité était observée à -82 m.

Découverte de nouveaux sites

Le complexe d'omblières de Rivaz

A la suite d'indications fournies par M. H. Champier, pêcheur professionnel de la région, une série de plongées a été effectuée en 2000 en face de Rivaz afin de vérifier l'existence d'un nouveau site de frai. Ces plongées ont fait l'objet, en octobre 2000, du travail de diplôme d'Olivier Dénéréaz, étudiant à l'Ecole d'Ingénieurs de la HES-SO de Lullier, filière Gestion de la nature. Lors de





Fig. 30. Voitures à -124 m pendant l'hiver 2004/05.



Fig. 31. L'omblière de la Capitale entre -81 et -83 m pendant l'hiver 1988/89.



Fig. 34a,b. L'omblière du moulin à Rivaz, le 14/01/00, entre 82 et 102 m de profondeur.

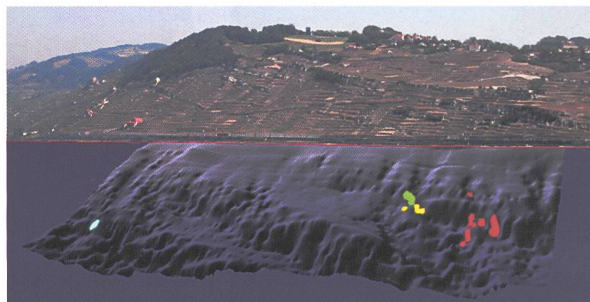


Fig. 32. Représentation en 3D du complexe d'omblières de Rivaz. Points bleu: Omblière du cochon, vert: O. des boulons, jaune: O. des chaussures, rouge: O. du moulin.

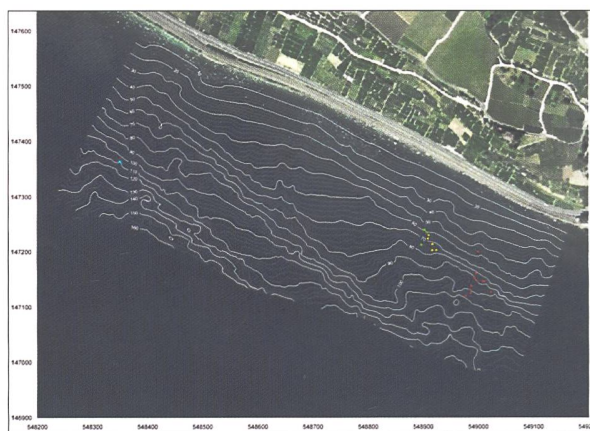


Fig. 33. Carte bathymétrique du complexe de Rivaz. Points bleu: Omblière du cochon, vert: O. des boulons, jaune: O. des chaussures, rouge: O. du moulin. Fond de carte reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA068253).



ces plongées, une surface rectangulaire de 11 ha, comprise entre les coordonnées 549350 / 147050 et 548300 / 147400, a été parcourue entre 60 et 130 m de profondeur. La zone d'étude correspondait à une bande de 100 m de large pour 1100 m de long, paral-

lèle à la côte et distante de la rive de 75 à 100 m (Fig. 32 et 33). La zone est caractérisée par de nombreuses falaises plus ou moins parallèles à la rive. La pente est très forte (30-45°). Mis à part les falaises, le substrat est généralement composé de sédiments fins, à l'ex-

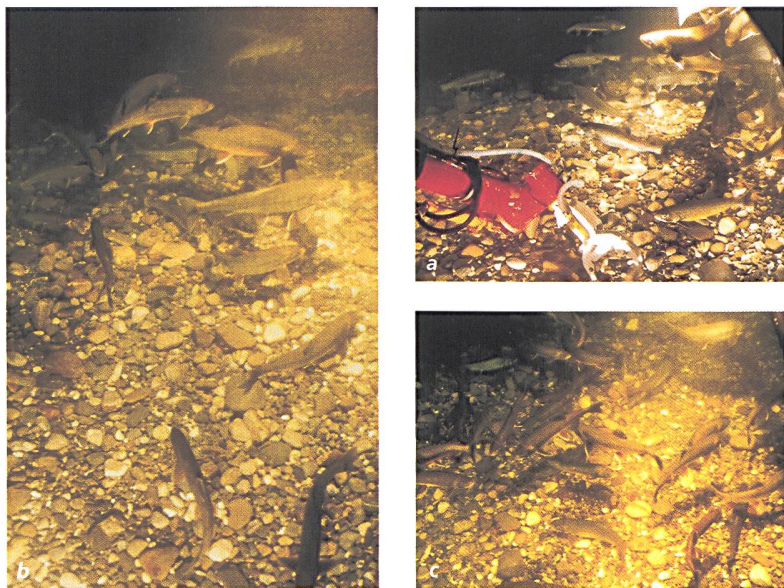


Fig. 35a,b et c. Ombles sur l'omblière du moulin le 16/12/04.

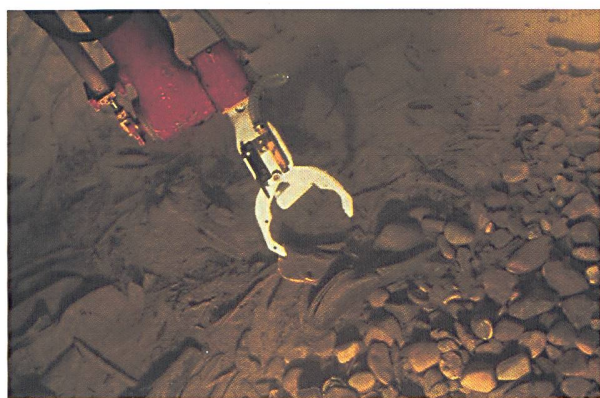


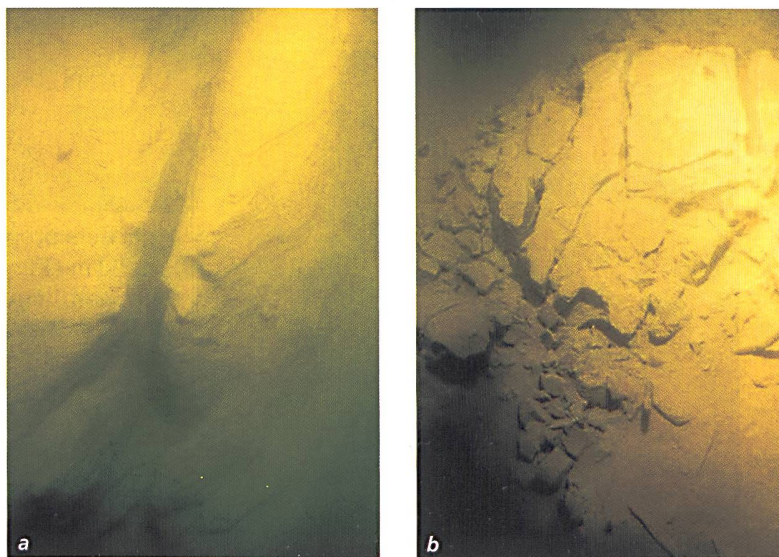
Fig. 36. L'omblière des chaussures à Rivaz, le 11/03/04.

ception des omblières constituées par des coulées de graviers et de galets. L'extrémité est de la zone est influencée par la présence du Forestay, petit cours d'eau dont l'embouchure se trouve sous les anciennes minoteries de Rivaz aujourd'hui détruites. Les plongées ont révélé l'existence d'un vaste complexe de 4 omblières distinctes (Figs. 32 et 33). En 2000/01, ainsi qu'en 2003/04, d'autres plongées ont eu lieu afin d'évaluer l'évolution de ces frayères. **L'omblière du moulin** est constituée d'une coulée de gravier au pied d'une falaise d'une dizaine de m de haut (Fig. 34a, b). Pendant l'hiver 1999/00, la frayère longeait le pied de la falaise de 82 à 102 m de profondeur. Dans la falaise, on observait plu-

sieurs zones de gravier indiquant bien que ces matériaux provenaient du haut et tombaient le long de la falaise pour constituer à son pied l'omblière. Le 11 mars 2004, le substrat de l'omblière du moulin était toujours propre entre -88 et -92 m de profondeur, pour une largeur de 20 m en moyenne. Pendant l'hiver 2004/05, le 16 décembre 2004, une plongée exceptionnelle a été effectuée sur l'omblière du moulin. C'est en effet à cette occasion que l'une des plus grandes concentrations d'ombles a été observée sur une seule omblière (plusieurs centaines d'individus) (Fig. 35a,b et c). La frayère était active de -88 à -93 m, sur une largeur de 18 m pour une longueur de 9 m, sur une pente de 35°, soit une surface de 162 m² (soit près d'une fois et demi celle de la Veraye).

L'omblière des chaussures doit son nom à la présence de plusieurs chaussures à son extrémité amont ouest (Fig. 36). Elle est également située au pied d'une falaise. Une crête de sédiment la sépare de **l'omblière des 4 boulons**. Le 11 mars 2004, le substrat était toujours propre entre 73 et 76 m sur une largeur de 2 m environ. La coulée de gravier continuait en profondeur au delà de 76 m, mais elle était alors entièrement recouverte de sédiments fins. Pendant l'hiver 2004/05, alors que la frayère était encore bien visible en août, elle est apparue entièrement recouverte de sédiments en décembre. Lors de la remontée, il a été observé qu'au dessus de cette frayère se trouvaient d'importantes falaises,

Fig. 37a et b. Blocs de sédiments en amont de l'omblière des chaussures, b: bloc encore en place, à droite: bloc écrasé au pied de la falaise.



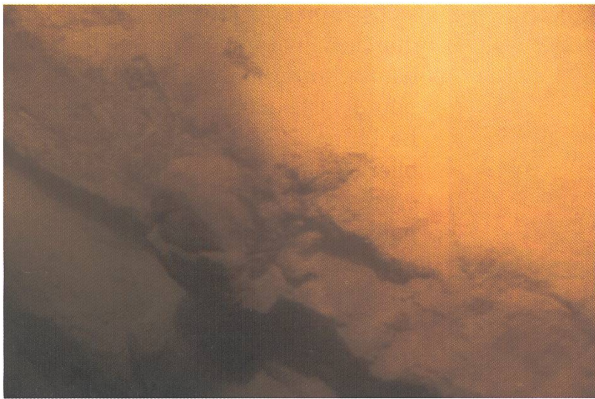
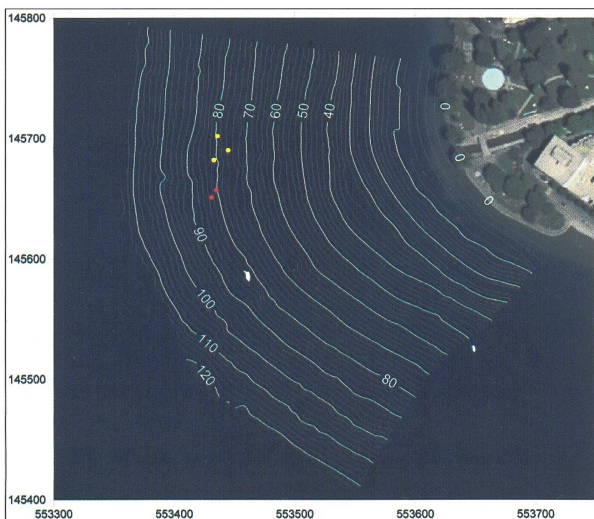


Fig. 38. Rocher caractéristique au-dessus de l'ombrière du cochon, le 11/03/04.

Fig. 39. Représentation en 3D du complexe de la Veveyse. Points jaunes: Ombrière Champier, points rouges: O. GN.



Fig. 40: Carte bathymétrique du complexe de la Veveyse. Points jaunes: Ombrière Champier, points rouges: O. GN. Fond de carte reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA068253).



tantôt de roches tantôt de sédiments plus ou moins compactés. Des blocs de sédiments se désolidarisent de la falaise et tombent en profondeur en provoquant des avalanches. Certains blocs s'écrasent au pied de la falaise où ils s'éparpillent recouvrant ainsi la frayère. Un tel bloc éclaté a clairement été observé le 16 décembre 2004 (Fig. 37a et b). C'est probablement à la suite d'un tel événement que la frayère des chaussures a été recouverte. Le sommet de **l'ombrière des 4 boulons** se trouve à 4 m en contrebas du pied de la falaise à 72 m de profondeur. A -80 m, à l'extrémité est de la coulée de graviers se trouve un gros bloc de béton d'où dépassent 4 boulons alignés qui ont donné leur nom à la frayère. Le 11 mars 2004, ainsi que pendant l'hiver 2004/05, l'ombrière était toujours active. A l'ouest de la zone, se trouve **l'ombrière du cochon** dans une falaise en escalier (succession de plats et de forte pente). La présence d'un rocher particulier faisant penser à une «tête de cochon qui sourit» a permis de baptiser la frayère ainsi (Fig. 38). Le 11 mars 2004, le substrat était entièrement recouverte de sédiment. Aucune zone d'activité n'a pu y être observée. Elle semblait inutilisée par les ombles, en tout cas durant l'hiver 2003/2004 et 2004/05.

Le complexe de la Veveyse

A la suite d'indications fournies par M. H. Champier, pêcheur professionnel de la région, une plongée a été effectuée le 10 mars 2004 en face de l'embouchure de la Veveyse, à Vevey, afin de vérifier l'existence d'un nouveau site de frai. La plongée a révélé l'existence d'un complexe constitué de 2 sites principaux sur le cône d'alluvions de la rivière (Figs. 39 et 40).

La première frayère, **l'ombrière GN**, est constituée d'une vaste coulée de graviers située dans l'axe de l'embouchure de la rivière, avec une partie active, propre, utilisée par les ombles, entre 90 et 80 m de profondeur, pour une largeur moyenne de 1.5 m. Sa longueur estimée est de 17 m, soit une surface active de l'ordre de 26 m² (Fig. 41). Le déplacement d'eau occasionné par le moteur vertical du sous-marin a permis l'observation d'œufs d'omble chevalier, prouvant ainsi de façon indéniable l'utilisation de ce site par ces poissons pour se reproduire. La seconde frayère, **l'ombrière Champier**, est constituée d'un ensemble de taches (environ 3 taches distinctes) de graviers propres à une profondeur comprise entre 83 et 90 m (Fig. 42). Chaque tache est d'une surface de 1 à 2 m² environ. Le 13 janvier 2005, une nouvelle plongée a été effectuée sur ces mêmes sites. Malheureusement, les observations à cette occasion ont montré que les deux frayères avaient entièrement été recouvertes de sédiments et de feuilles, provenant probablement de la Veveyse. Manifestement durant l'hiver 2004/05, aucune de ces deux frayères n'a été fréquentée par les ombles pour se reproduire.

Le même jour, une plongée a été effectuée à l'aplomb du château de la Tour-de-Peltz, un site potentiel nous ayant été signalé par des pêcheurs. Des passes systématiques, dans un couloir de 50 m environ en face du château, ont été effectuées tous les 10 m de profondeur entre -60 et -10 m. Le fond s'est révélé consti-

tué principalement de sédiments fins, parsemé de quelques blocs. Une petite falaise a également été mise en évidence, mais aucun site propice à la reproduction des ombles n'a été identifié.

Le complexe de la Dranse

Le 24 mai 2005, une plongée a été effectuée au droit de l'embouchure de la Dranse afin d'y vérifier la présence d'une omblière. Actuellement une société exploite les graviers issus des crues de la Dranse qui se déposent sur le cône d'alluvion (Fig. 43a et b). Sur une largeur de 100 m environ de part et d'autre de l'embouchure de la Dranse, des passes ont été effectuées parallèlement à la rive entre 110 et 20 m de profondeur. Le fond s'est révélé en surface constitué uniquement de sédiments fins, parsemés de quelques blocs plus gros ou d'objets hétéroclites (Fig. 44a et b). Les pêcheurs nous avaient mentionné que lors des pêches de géniteurs, ils tendaient leurs filets directement dans les fosses de dragage et que c'est à ce moment-là qu'ils avaient le plus de succès. Cette remarque s'est révélée très judicieuse puisque les observations en plongée ont en effet démontré que le gravier que les ombles recherchent pour frayer n'était affleurant qu'en bordure des fosses, là où la drague avait mis à découvert les granulats charriés par la rivière. En fait les graviers ne parviennent au lac que lors des grosses crues de la Dranse. Ils s'épandent le long du cône d'alluvion et sont rapidement recouverts par le sédiment fin amené par la rivière dans son régime hydraulique normal. Le delta est donc une alternance de couches de graviers et de sédiments fins. Ce n'est que lorsque la drague creuse dans ce substrat hétérogène qu'elle remet artificiellement à découvert les zones de graviers sur lesquelles viennent pondre les ombles (Fig. 45a et b).

Fig. 41. Omblière GN, le 10/03/04 à -90 m.

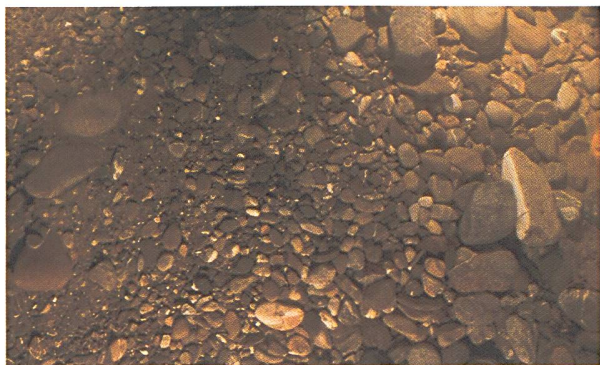


Fig. 42. Omblière Champier, le 10/03/04 à -90 m.

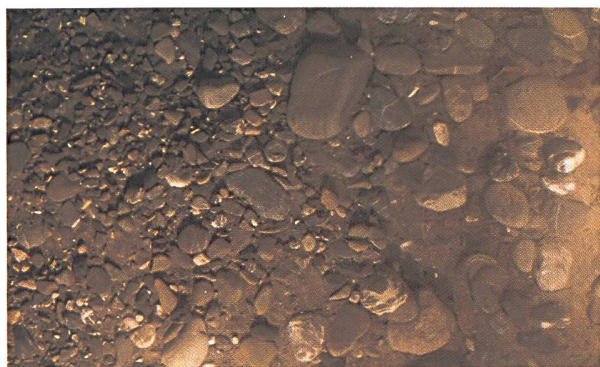


Fig. 43a et b. Exploitation des graviers à l'embouchure de la Dranse.

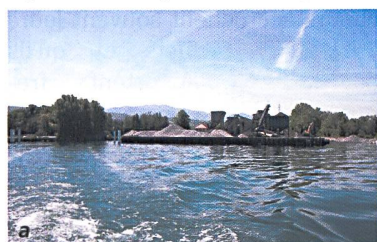


Fig. 44a et b. Fond au droit de l'embouchure de la Dranse à -60 m.



Le complexe de Ripaille

Le complexe de Ripaille est mentionné dans la littérature pour la première fois par André (1922). Le 23 mai 2005, une plongée a été effectuée au large de Ripaille pour éventuellement détecter la présence d'une omblière. Le site était connu des pêcheurs de la région qui y pratiquent des pêches de reproducteurs en hiver. Les passes ont été effectuées à -100, -95, -90, -85, -75, -65, -55, -45, -35, -20 m en suivant les lignes de pente. Le fond s'est révélé sous la forme d'une pente uniforme avec, dans la partie profonde, du sédiment fin présentant une structure en «coussins» typique (Fig. 46). A -82 m, plusieurs décrochements de sédiments fins étaient creusés par des écrevisses pour former des ter-

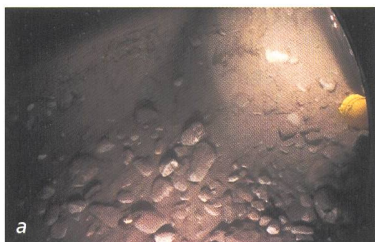


Fig. 45a et b: Affleurement de gravier en bordure de la fosse de dragage à -98 m, recouvert de sédiment fin.

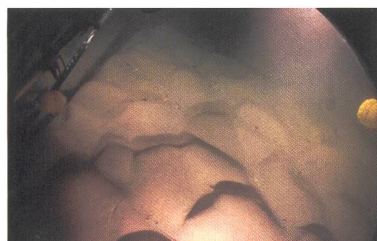


Fig. 46. Fond dans le secteur de Ripaille avec sédiment en «coussins», observé le 23/05/05 à -95 m.



Fig. 47. Terriers d'écrevisses, observés le 23/05/05 à -82 m, au large de Ripaille.



Fig. 48. Sédiments fins sur coulées de graviers de granulométrie favorable, observés le 23/05/05 dès -85 m.

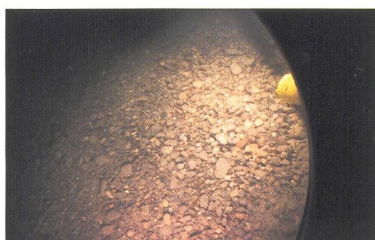


Fig. 49. Ombrière de Ripaille entre -55 et -45 m, observée le 23/05/05.

riers (Fig. 47). Entre -85 et -65 m, le fond est parcouru de plusieurs coulées de graviers de granulométrie favorable, mais entièrement recouverts de sédiments fins (Fig. 48). Les coulées de gravier étaient exemptes de sédiments fins à leur surface qu'entre -55 et -45 m sur une largeur de quelques mètres (2-5 m) et constituaient donc l'**ombrière de Ripaille** (Fig. 49). A moindre profondeur, on observait aussi du gravier, mais celui-ci était entièrement recouvert par des nodules de moules zébrées, *Dreissena polymorpha* (Fig. 50). L'ombrière de Ripaille se situe donc à l'extrémité nord de la zone d'étude entre -55 et -45 m (Fig. 51a et b).

Le complexe d'Yvoire

Les investigations de Forel

La frayère d'Yvoire est connue depuis très longtemps (Forel 1892, 1904). Forel, dans sa monographie sur le Léman y consacre d'ailleurs un chapitre entier «*La moraine sous-lacustre d'Yvoire, ombrière d'Yvoire*». Il mentionne que «*au large d'Yvoire, à 1.5 et 2 km du rivage, dans la direction de Rolle et par 60 m de profondeur moyenne, sont situées les ombrières d'Yvoire, célèbres pour les pêches fructueuses qui s'y font. C'est là que vient frayer le précieux salmonidé, l'omble-chevalier; le plus délicat des poissons du lac et que les pêcheurs d'Yvoire le capturent avec un succès constant et sans analogue dans aucune autre région du Léman.*». Il établit une carte précise de la zone (Fig. 52). Forel (1892) se pose la question «*A quoi est due l'attraction qui amène le poisson dans ces parages?*». Il constate que les pêcheurs accrochent souvent leurs

filets et qu'ils apportent fréquemment dans leurs mailles des cailloux et des débris de roche. «*Il y a là une moraine sous-*

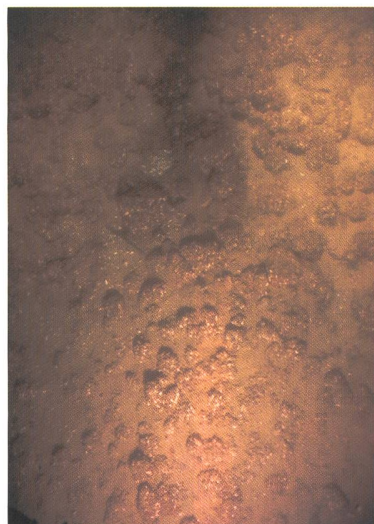


Fig. 50. Nodules de *Dreissena polymorpha* sur coulées de gravier, observés le 23/05/05 entre -35 m et la surface.

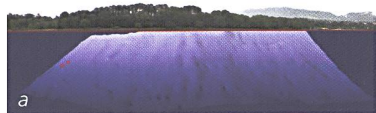


Fig. 51a et b. a: Carte en 3D, b: en plan de l'omblière de Ripaille. Fond de carte reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA068253).

lacustre», conclut-il. Il parvient à cette conclusion en analysant des échantillons récoltés sur l'omblière par maître Dufour, pêcheur à Yvoire. Les pierres appartiennent à toute sorte de roches alpines. Il pratique également plusieurs dragages, le premier le 30 décembre 1876 avec son ami Revilliod, à bord du yacht le *Caprice*. Il remonte de -70 m du limon et du gravier, des sables glaciaires. En 1885, le peintre François Bocion, lui confirme que les pêcheurs d'Yvoire remontent des pierres dans leurs filets mouillés par -60 m. Le 18 septembre 1885, Forel est sur place avec François Dufour, pêcheur d'Yvoire qui lui indique les stations où il capture le plus d'ombles. Sa drague ramène «toutes les roches possibles du Valais... J'étais incontestablement sur une moraine, saillante sur le sol, par 60 m d'eau, à

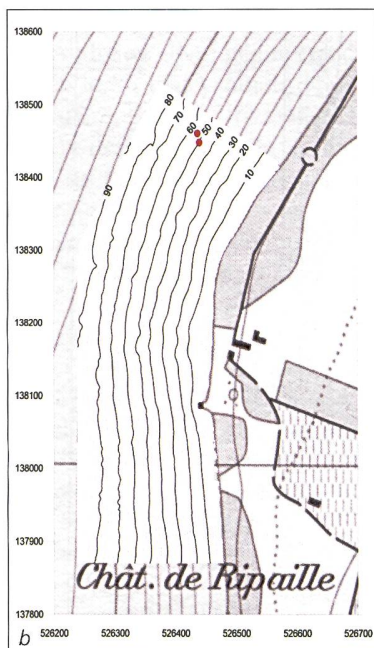


Fig. 52. Carte de l'omblière d'Yvoire établie par Forel en 1892.

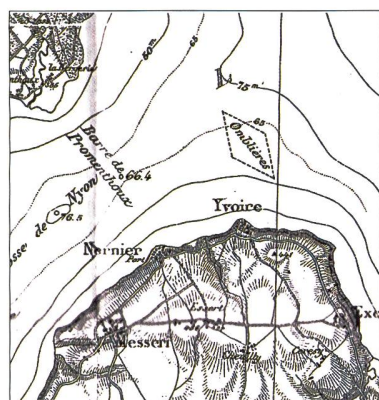


Fig. 53. Carte des omblières d'Yvoire établie par André en 1922.

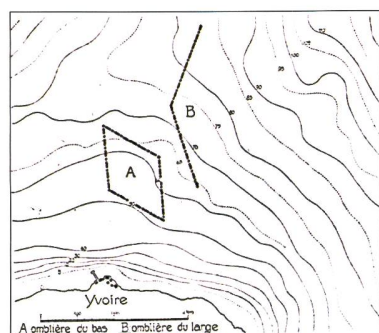


Fig. 54. Carte des omblières d'Yvoire établie par A.T. Verdonnet en 1969.

plus d'un kilomètre du rivage nord d'Yvoire. La barre d'Yvoire est donc revêtue d'une moraine glaciaire». En 1889 et 1891, Forel fait de nouveaux dragages avec André Delebecque. A plusieurs reprises sa drague reste accrochée sur le fond. Il en conclut que «il y a sur le sol de gros blocs saillants. Il est vrai que nos dragues ne nous ont rapporté que des sables et graviers, mais cela tient évidemment à la petite taille de nos appareils». A la suite de ses dragages, Forel mentionne également que certaines pierres ramenées par les pêcheurs dans leurs filets sont tapissées d'une mousse en végétation, *Thamnium adopecurum* var. *lemanii*, Schnetzler (Forel 1892). Il affirme que cette mousse se développe sur place en profondeur.

Ce phénomène ne manquera pas d'intriguer les botanistes par la suite. Comment un végétal pourrait-il pousser à une telle profondeur dans le Léman en l'absence totale de lumière? Lors des plongées que nous effectuerons par la suite, nous ne trouverons aucune trace de cette mousse. Forel tente de dresser la carte de ces omblières. D'après les pêcheurs, il y aurait 3 sites distincts. Les enquêtes menées auprès des pêcheurs donnent toutefois des positions différentes. Raison pour laquelle il rapporte sur la carte une zone trapézoïdale à l'intérieur de laquelle devraient se trouver l'ensemble des sites (Fig. 52). Forel constate que les frayères ne situent pas directement sur la barre délimitant le haut du petit lac, mais bien en amont de celle-ci dans la pente. Il se pose la question alors de comprendre pourquoi les graviers constituant cette moraine ne sont pas recouverts de sédiments fins. Il pense d'abord expliquer les omblières d'Yvoire par l'existence d'un affluent sous-lacustre qui sourdrait en ce point sur le sol du lac (présence de graviers propres et d'une mousse typique des eaux courantes). Mais il réfute

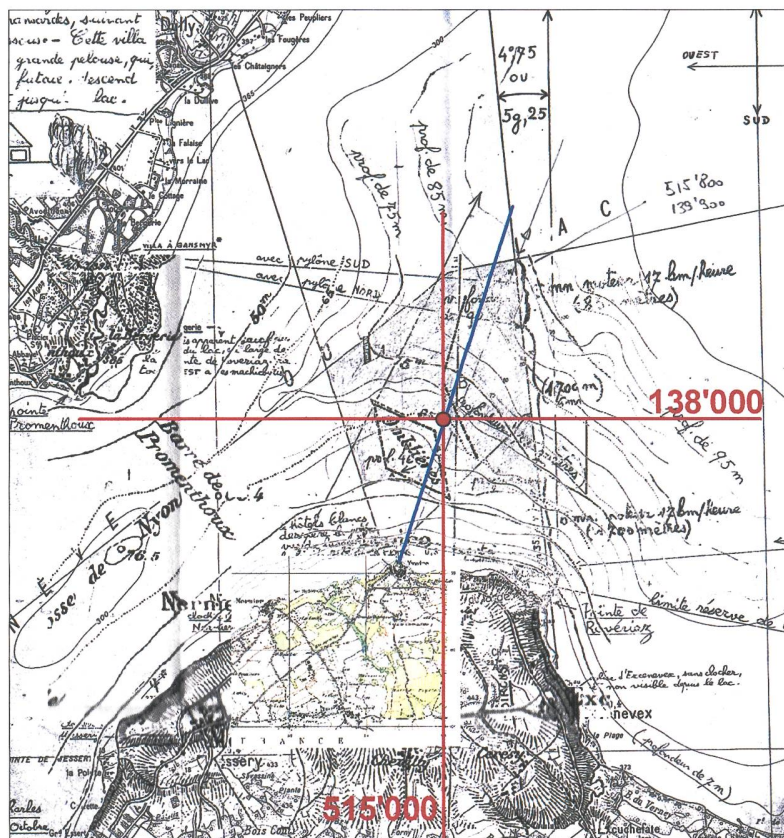


Fig. 55. Carte avec parcours (ligne bleue) effectué lors de la plongée du 25/05/05. Point rouge: position de «l'omblière d'Yvoire». Fond de carte reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA068253).

cet argument après une observation précise des cartes bathymétriques (ne montrant aucune dépression de terrain), ainsi qu'après une campagne de mesures de température ne permettant pas d'identifier une variation locale. Cette idée que les omblières ont pour origine des sources sous-lacustres restera cependant tenace. C'est la raison pour laquelle nous pratiquerons

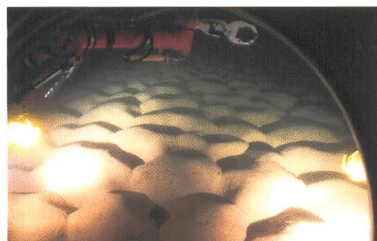


Fig. 56. Fond, au large de Thonon, à -91 m, observé le 25/05/05.

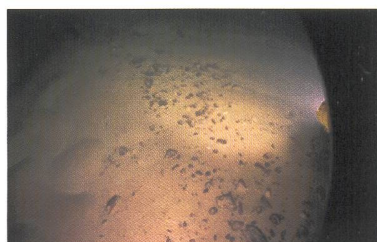


Fig. 57. Zone de graviers recouverts de sédiments à -70 m au large de Thonon, observé le 25/05/05.



Fig. 58. Ancienne moraine décrite par Forel à -64 m.

également à notre tour des séries de mesures de température à partir du sous-marin F.A.-Forel pour parvenir à la même conclusion (Rubin & Büttiker 1992). D'après Forel, la faible épaisseur des sédiments serait due à l'action des courants.

Les investigations d'André

André (1922) mentionne à son tour les omblières d'Yvoire et y effectue des investigations en 1921 à bord du bateau du service des Eaux et Forêt de Thonon, l'*Edouard Claparède*. Il mentionne que les pêcheurs distinguent à Yvoire deux frayères: l'omblière du bas et l'omblière du large. La première correspond à celle des observations de Forel (1892), la seconde est nouvelle. André ne parvient à déterminer que la limite ouest de la frayère à une profondeur estimée à -73 m. Il en dresse la carte (Fig. 53). Le 28 juin 1921, André effectue, comme Forel 30 ans plus tôt, une série de mesure de température. Il prélève également divers échantillons de faune benthique. Il ne trouve aucune différence significative qui pourrait plaider en faveur de la présence de sources sous-lacustres. Les dragages qu'il effectue

dénotent de la nature hétérogène du fond. Sa drague ne ramène tantôt rien (étant probablement tombée sur un fond par trop rocheux), du limon ou des cailloux. Il ne trouve pas la mousse décrite par Forel.

Les données du Service de la pêche de Thonon

Le Service de la pêche basé à Thonon dispose d'une carte remarquable établie par M. A.T. Verdonnet en 1969 qui indique un grand nombre de points de repères permettant de localiser la zone où se trouveraient les omblières d'Yvoire (Fig. 54). La zone est très vaste, montrant bien par là la difficulté de positionner précisément les points constituant les frayères. Aucun complexe d'omblières du Léman n'est aussi vaste que celui proposé qui «couvre» une surface de 5.8 km².

Les observations de 2005

C'est sur la base des cartes de Forel, d'André et de Verdonnet qu'une plongée a été effectuée le 25 mai 2005 pour déterminer la présence de la frayère. Etant dans l'impossibilité de parcourir de manière systématique une surface aussi grande que celle de la carte Verdonnet, tout en désirant ne pas limiter les investigations qu'à la zone proposée par Forel puisque apparemment il y avait aussi des possibilités de trouver des zones intéressantes ailleurs, il a été décidé de parcourir la surface potentielle en suivant une diagonale à 199° depuis le large, en direction de Thonon (Fig. 55). Ce faisant, on parcourait à la fois la zone de Verdonnet plus ou moins par le centre tout en touchant également à celles de Forel et d'André. A -91 m, dans le secteur le plus éloigné de Thonon, le fond est apparu uniformément plat, recouvert de sédiments fins en forme de «cousin» (Fig. 56). Dès -70 m, les dunes de sédiments disparaissent pour laisser la place à un fond plat. A plusieurs endroits, on observe d'anciennes zones de gravier, recouvertes de sédiments fins (Fig. 57). C'est probablement sur de telles zones que Forel a récolté dans ses dragues des graviers «provenant de toutes les roches possibles du Valais». Plus près du bord, la masse de cailloux et de roches affleurant augmente. Un véritable bloc erratique de plusieurs dizaines de m³ a même été observé sur le fond. Dès -64 m, on découvre un amas de roches hétéroclites, probablement la moraine décrite par Forel (Fig. 58). On comprend bien que sa drague s'y soit facilement accrochée et n'ait ramené rien ou des graviers et du sédiment. Ce type de milieu se prolonge jusque vers -60 m. Au terme de cette plongée, plusieurs zones potentielles ont été mises en évidence pouvant faire penser à d'anciennes frayères. Toutefois, aucune ne correspondait à ce que l'on considère comme une «frayère active». Il est probable que les ombles aient aujourd'hui déserté ces lieux ou qu'ils frayent ailleurs que sur la route empruntée par le F.A.-Forel.

Création de sites expérimentaux

Principes

On peut distinguer deux types d'omblières dans le Léman: celles d'origine purement naturelle et celles auxquelles on peut rattacher une action humaine. Les omblières de St-Gingolph et du Bouveret sont liées à la présence de la carrière du Fenalet, celles de Meillerie aux carrières du Locum et de Meillerie, celle de la Dranse à l'action de la drague. A Chillon, les gravats

issus du percement des forts militaires ont été immergés au pied du château. Des frayères encore actives aujourd'hui, il n'y a que les omblières de la Veraye, de Rivaz et de Ripaille qui soient d'origine purement naturelle (Rubin & Büttiker 1992). Créer une frayère artificielle pour les ombles chevaliers peut paraître un processus relativement «simple». Il «suffirait» d'immerger au bon endroit du gravier d'une granulométrie favorable. Les pêcheurs pratiquaient déjà de la sorte au 19^e siècle pour attirer les poissons en certains endroits déterminés (Fatio 1890). Les exemples des omblières «artificielles» de Chillon, du Bouveret et de Meillerie montrent que le procédé peut être efficace. Des omblières ont également été construites selon le même principe dans les lacs de Zoug (Rühlé 1976) et de Neuchâtel (Rubin 1993).

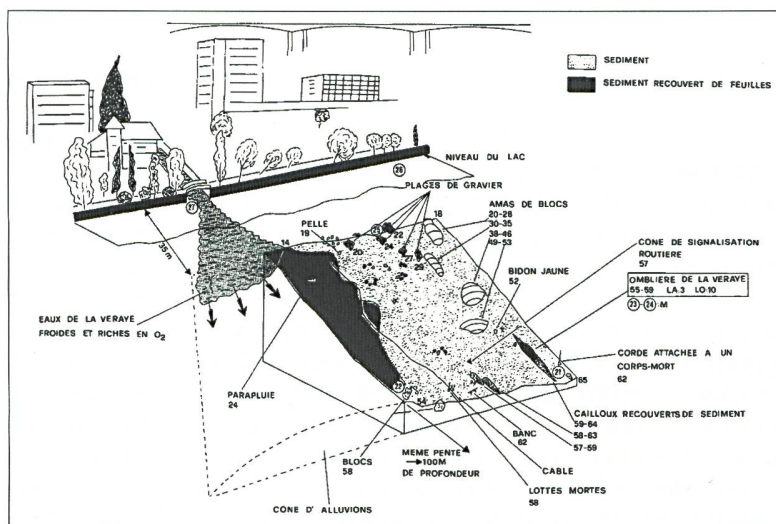


Fig. 59. Carte du complexe de la Veraye (Rubin et Büttiker, 1992).

L'omblière de la Veraye

L'étude de 1992 (Rubin & Büttiker 1992) avait révélé la présence d'une omblière en face de la Veraye, entre Chillon et Montreux. **L'omblière de la Veraye** est étudiée depuis l'hiver 1985/86. Il s'agissait d'une petite zone de graviers de 3 m sur 10, entre 55 et 59 m de profondeur, le long du cône d'alluvions, à l'est de l'embouchure de la rivière (Figs. 59 et 60). Pendant **l'hiver 1997/98**, lors de la plongée du 02/02/98, une seconde zone de gravier propre de 5 m sur 4 était observée à 5 m à l'ouest de la frayère originale. Pendant **l'hiver 1998/99**, un projet pilote a consisté à déposer du substrat favorable près de l'omblière actuelle de la Veraye pour augmenter sa surface, donc sa capacité d'accueil (Fig. 61). Le 19 novembre 1998, 200 m³ de graviers (ø 32 à 45 mm) ont été immergés à partir de 2 barges noyeurs, à une profondeur de 60 m, dans le prolongement de l'omblière existante. Le matin de l'opération, le F.A.-Forel a plongé sur le site pour localiser le site d'immersion. Une bouée a été mise en place pour marquer précisément l'endroit. Les barges de la Sagrave

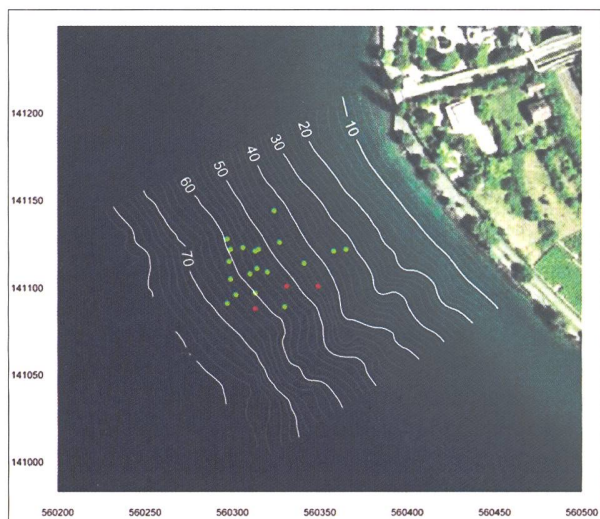


Fig. 60. Carte des omblières de la Veraye. Points vert: nouvelle omblière, rouge: O. ancienne. Fond de carte reproduit avec l'autorisation de swisstopo (BA068253).

ont ensuite déversé le gravier parallèlement à la côte. Ainsi, d'une surface initiale de 20 m² environ, l'ombrière de la Veraye a passé à une étendue de plus de 700 m² (Fig. 62).

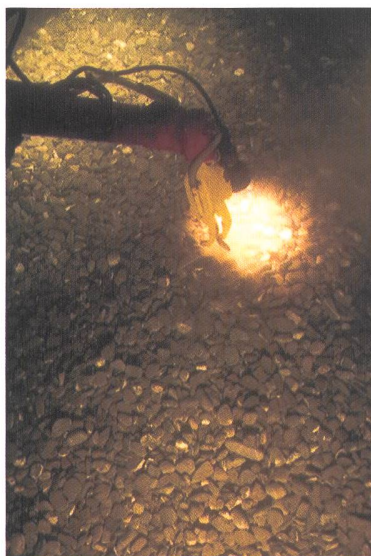
On pouvait se demander si les poissons allaient fréquenter ce nouveau site. Pour ce faire, un suivi biologique a été mis en place, comprenant notamment des observations en plongée en sous-marin, et des prélèvements d'échantillons d'œufs, pour comparer la survie sur la nouvelle frayère, respectivement sur les frayères déjà existantes et des analyses d'eau pour comparer la qualité physico-chimique sur le nouveau, respectivement sur les anciens sites. Les plongées effectuées dès le lendemain du déversement ont permis de révéler la présence de plusieurs dizaines d'ombles sur le nouveau site (Fig. 63). Plus tard, on a pu constater la présence de plusieurs milliers d'œufs dans les échantillons prélevés sur l'ensemble de la surface. Au cours des hivers suivants cependant, la surface active n'a cessé de se réduire. Pendant l'hiver 1999/00, les observations effectuées ont montré que la surface de la nouvelle frayère n'était plus uniforme. On trouvait un ensemble de crêtes et de bosses séparées par des dépressions. Une grande partie du gravier immergé était recouverte de sédiments. Il est probable que les glissements de terrain liés à l'ouragan *Lothar* du 26/12/99 étaient en partie responsables de cette situation. La zone active était observée entre -52 et -63 m bien que l'on observait du gravier jusqu'à -34 m. Pendant l'hiver 2000/01, la partie active n'était désormais plus constituée que de 3 bandes de gravier propre, la coulée ouest (-58 à -62 m) de 2.5 m de large pour 8 m de long, la coulée centrale (-58 à -60 m) de 5 m pour 12 m de long et la coulée ouest (-56 à -60 m) de 5 m de large pour 6 m de long, tout le reste étant recouvert de sédiments. Pendant l'hiver 2001/02, les



Fig. 61. Immersion de gravier le 19/11/98 sur l'ombrière de la Veraye.

3 coulées de graviers propres ont à nouveau été observées, bien que leur surface ait encore diminué, soit une largeur totale de 8 m environ, entre 55 et 64 m de profondeur.

Pendant l'hiver 2002/03, on observait plus qu'une seule zone de gravier actif entre 59 et 60 m de profondeur. Pendant l'hiver 2004/05, une seule zone était encore active entre -53 et -62 m, d'une largeur de 3 à 6 m, pour 18 m de long, soit une surface totale de l'ordre de 108 m² (Fig. 64). Divers pointages sur la zone ont mis en évidence que le gravier immergé en 1998 était toujours bien là, mais recouvert d'une couche de sédiments importante. Ainsi, au cours du temps, les surfaces de graviers à faible profondeur se recouvrent peu à peu de sédiments en passant de -48 à -70 m pendant l'hiver 1999/00 à -53 à -62 m pendant l'hiver 2004/05, se rapprochant ainsi de plus en plus des limites de profondeur de la frayère initiale de la Veraye (-55 à -59 m), ainsi que de sa localisation, sa surface active passant de 700 à 108 m², soit une diminution de l'ordre de 85%. Pendant l'hiver 2005-06, les filets tendus lors des pêches de reproducteurs ne ramenaient pratiquement plus de poissons, l'ombrière semblait donc encore moins attractive.



L'ombrière de Nyon

Une expérience similaire à celle de la Veraye a été tentée à Nyon. Des quan-

Fig. 62. Surface d'ombrière nouvellement créée suite à l'immersion de graviers à la Veraye. Situation le 20/11/98.



Fig. 63. Ombles sur la nouvelle frayère de la Veraye, le 20/11/98.

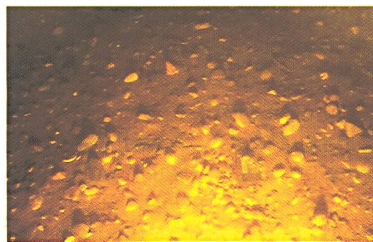


Fig. 67. Gravier recouvert par des sédiments au large de Nyon.



Fig. 64. L'omblière de la Veraye, le 13/12/04, à -61 m.

constaté malheureusement que les graviers avaient été recouverts d'une importante couche de sédiments, rendant la zone inattirative pour les ombles (Fig. 67).

Discussion

Evolution des omblières

tités importantes de graviers favorables se déposent naturellement à l'embouchure de la Versoix, ce qui pose de nombreux problèmes pour l'exploitation du port tout proche. C'est la raison pour laquelle l'embouchure de la rivière est draguée régulièrement et les matériaux vendus à une entreprise de construction (Fig. 65). Pour la création de l'omblière de Nyon, il a été possible de disposer gratuitement de ces matériaux, seuls les frais inhérents à leur transport ont été à la charge du projet. Ces frais ont été couverts par le club Rotary de Nyon. Cette immersion a été effectuée en automne 2000 dans la baie de Promenthoux (509'100 / 137'500). Le site se situait à 40 m de profondeur sur une pente de 10% environ (Fig. 66). Pour des raisons de calendrier d'utilisation du *F.A.-Forel*, il n'a pas été possible d'inspecter rapidement la zone après l'immersion. La première visite sur place n'a pu être effectuée en plongée qu'une année plus tard. A cette date, on a

L'étude des omblières du Léman menée sur plus de 20 ans d'observations en plongée montre que certains sites sont remarquablement stables alors que d'autres semblent plus éphémères. Chillon, par exemple, est un endroit connu depuis très longtemps comme site de frai de l'omble chevalier. Ce poisson est mentionné dès 1288 dans les comptes du Châtelain de Chillon. En 1396, celui-ci abandonne son droit de pêche autour du château contre 40 sous. Ce droit sera retiré aux pêcheurs de Villeneuve par un prononcé de leurs Excellences de Berne, du 16 juillet 1541, qui interdira la pêche et le trafic autour du château. (Rubin 1992). Ces mentions historiques attestent de la présence de l'omble dans les environs. Le site devait être déjà bien connu puisque apparemment le nombre de pêcheurs était suffisamment important pour importuner les Bernois, propriétaires à l'époque du château. Par

ailleurs, la relation entre la présence des ombles et les zones de gravier situées en profondeur est également connue depuis fort longtemps. Ainsi, sur la carte de 1581 du Syndic de Genève, Jean du Villard, qui décrit «19 sortes de poissons qui se trouvent dans le Rosne et Lac de Genève et leur vraie saison pour manger», il est dit de l'omble «Bon poisson, jusqu'à 15 livres, au plus profond du lac et hante les rocs, sa saison à manger est au mois de janvier» (Rubin 1992).

Certaines omblières ont fait l'objet d'études depuis longtemps, comme celles de Meillerie, de Ripaille ou d'Yvoire (Forel 1892, 1904; Crettiez 1906; André 1922; Villaume 1936). L'abandon de certaines frayères par



Fig. 65. Dragage à l'embouchure de la Versoix.



Fig. 66. Immersion du gravier au large de Nyon.

les ombles semble être un phénomène qui n'est pas nouveau. Ainsi, lors des plongées de 2005, nous n'avons pas trouvé de surfaces actives à Yvoire alors que cette zone était considérée comme l'un des sites les plus importants autrefois (Forel 1892; André 1922). Il est tout à fait possible que les ombles chevaliers y aient été attirés à une certaine époque, puis l'aient ensuite déserté. On n'y trouve plus aujourd'hui d'affleurements de graviers propres, constituant potentiellement une omblière. Il est vrai toutefois qu'au cours de la plongée du 25/05/05 nous n'avons pas parcouru la totalité de la zone. On peut bien trouver peut-être encore ça et là des portions de graviers propres, mais probablement rien de comparable à ce que l'on trouve ailleurs, les pêcheurs l'auraient signalé. Toutefois en raison de la faible pente, une grande partie a apparemment été recouverte de sédiments, malgré l'action des courants proposé par Forel (1892). A son époque (1876-1891, dates de ses investigations), le plus vaste complexe d'omblières du Léman n'existait pas encore. En effet, le complexe de Meillerie n'était probablement que très récent, l'exploitation des carrières venant de débuter depuis 1845. Il se peut donc qu'au début du siècle, les ombles aient été contraints de venir frayer à Yvoire faute de zones plus favorables ailleurs. Forel ne cite d'ailleurs dans son ouvrage aucune autre omblière, ce qui est étonnant car il avait beaucoup de contact avec les gens du lac qui lui auraient probablement indiqué d'autres sites s'ils avaient été connus. De par leur action lors de la reproduction, les ombles «nettoient» les surfaces de gravier du sédiment fin qui s'y est déposé durant l'année écoulée (Rubin 1994). Ils auraient ainsi pendant longtemps «entretenu» localement le site d'Yvoire. Par la suite, avec l'arrivée massive, régulière, de graviers propres provenant des carrières qui voient le jour autour du Léman, il se peut que les ombles aient progressivement déserté le site d'Yvoire au profit des autres, plus vastes et constitués de graviers renouvelés régulièrement. André (1922) mentionne également l'abandon de l'omblière de Ripaille dans le delta de la Dranse. On ne sait pas exactement s'il parle de ce que nous avons nommé ici l'omblière de la Dranse, ou de celle de Ripaille puisqu'il ne donne aucune carte. Toujours est-il que ce site aurait été abandonné, soit lorsque les bateaux de la CGN auraient commencé à y déverser leurs scories (ce qui entraîna une polémique entre les pêcheurs et la CGN), soit à la suite d'un éboulement en 1901 qui aurait recouvert les galets de limon (André 1922). Néanmoins, certaines de ces frayères existent encore aujourd'hui.

Apparemment, trois critères semblent donc déterminants pour la pérennité d'une omblière:

Un apport constant de gravier

Souvent les omblières sont mentionnées à l'embouchure des rivières: «... à l'époque des amours, l'omble quitte les plus grands fonds pour remon-

ter un peu du côté des rives et venir pondre, volontiers sur un fond pierreux ou caillouteux, près de l'embouchure de quelque rivière» (Fatio 1890). Ainsi le renouvellement constant du substrat avec l'apport régulier de graviers par les rivières apparaît comme l'une des clés pour la stabilité à long terme des frayères. Or, aujourd'hui la plupart des omblières ne sont plus régulièrement approvisionnées par les rivières, notamment à cause de la création de retenues en amont qui empêchent le charriage des matériaux grossiers. De toutes les frayères inventoriées encore actives aujourd'hui, seules celles du complexe de la Veveyse et de la Dranse semblent être encore alimentées par des matériaux provenant de la rivière. Cependant, lorsque des crues massives apportent des quantités importantes de matériaux comme durant l'hiver 2004-05 à Vevey, on s'empresse de les évacuer pour des raisons de sécurité. A la Veraye, l'omblière «artificielle», faute d'apports réguliers voit sa surface se réduire d'année en année. La rivière, au lieu d'apporter des matériaux grossiers favorables au frai, charrie en revanche des quantités importantes de feuilles et de sédiments fins qui recouvrent et colmatent continuellement le substrat favorable. Les dimensions, ainsi que la localisation de la surface active, se rapprochent de plus en plus des observations de l'omblière initiale. L'immersion de 200 m³ de gravier propre en novembre 1998 aura permis de constituer une frayère active jusqu'en 2005, soit pendant 7 ans environ. Le complexe du Bouveret était encore actif pendant l'hiver 1986/87, probablement parce que l'exploitation de la carrière du Fenalet n'avait cessé que depuis 15 ans. Apparemment, 20 ans plus tard, en 2004, faute d'apports nouveaux de matériaux, l'ensemble du site était déserté. La présence de l'embouchure du Rhône proche, avec ses apports en sédiments très importants, a probablement contribué encore à la disparition rapide de ces surfaces favorables.

La présence de courants importants

Forel (1892) a démontré que les omblières d'Yvoire étaient étroitement liées à la présence de forts courants empêchant une trop grande sédimentation. Il réfuta également l'existence de sources sous-lacustres aux abords des omblières en effectuant de nombreuses mesures de température, comme André (1922) plus tard. Lors de l'étude *in situ* de 1992, l'absence de sources près des frayères sera confirmée (Rubin & Büttiker 1992).

Des sites en profondeur

Dans les différents complexes, les ombles ont tendance à se concentrer sur certaines frayères. Par leur action particulière de nage lors de la reproduction (Rubin 1994), les poissons «nettoient» les graviers de leurs sédiments. Ainsi, en se concentrant spécifi-

quement sur certains sites, ils contribuent au maintien des surfaces propres. Les ombles frayent de préférence en profondeur, là où la lumière est quasiment absente (Rubin & Büttiker 1992). Ainsi, ce sont de préférence les sites en profondeur qui sont «*entretenus*». Cela pourrait expliquer pourquoi, sur les différents complexes étudiés, ce sont les sites les plus profonds qui apparaissent les plus stables, comme à Chillon par exemple avec l'omblière profonde ou l'omblière du bas.

Bilan concernant la création de frayères artificielles

On avait très tôt remarqué que les ombles se concentraient en hiver sur des zones profondes et caillouteuses (Fatio 1890). L'auteur rapporte que les pêcheurs connaissaient si bien cette préférence de l'omble pour les endroits caillouteux, qu'ils jetaient eux-mêmes au fond de l'eau des chargements de pierres pour établir des lieux de frai. André (1922) après son étude du complexe de Meillerie évoque la possibilité de créer de nouveaux sites: «*Ces données laissent même la possibilité d'établir, s'il en est besoin, des frayères artificielles, en immergeant quelques chargements de pierre, non pas au hasard, mais en choisissant des points où la sédimentation des limons a le moins de chances de se produire, cela grâce à la déclivité du fond ou grâce à l'existence d'un courant, constant mais lent*». La création «involontaire» des omblières de Meillerie par immersion accidentelle de graviers, ou celle de certaines omblières de Chillon suite à l'immersion de déblais provenant de la construction des forts militaires démontrent qu'il est possible de créer dans le Léman des sites fonctionnels. Les premières expériences de création d'omblières montrent que l'opération peut être un succès si le site répond à des critères favorables en termes de profondeur, de courantologie et de sédimentologie. C'est en partie le cas pour l'omblière de la Veraye. Cependant même là, un entretien semble indispensable. Ainsi, il semble donc nécessaire pour maintenir le secteur actif sur la totalité de la surface créée, d'immerger environ tous les 3 ans du gravier propre, sans quoi la zone se recouvre inexorablement de sédiments. Le relatif échec de l'omblière de Nyon semble dû principalement à un trop fort taux de sédimentation (ou à une couche initiale trop importante de sédiments meubles). Il semble donc que cette méthode puisse être un succès à condition que diverses conditions écologiques soient remplies. La création de sites fonctionnels n'est donc pas si facile que cela. C'est la raison pour laquelle d'une opération visant à la création de nouvelles zones de frai doit être entreprise dans une approche pluridisciplinaire, en réunissant au sein d'une équipe de scientifiques toutes les compétences nécessaires (biologie, courantologie, géologie) pour mener à bien un tel projet.

Conclusions et perspectives

L'omble chevalier est un poisson qui a toujours fait partie de la faune piscicole du Léman. De ce fait, différentes mesures de gestion devraient être entreprises afin d'assurer sa pérennité dans le lac. Aujourd'hui, deux variantes de gestion sont envisageables: le repeuplement ou la renaturation.

En ce qui concerne le **repeuplement**, c'est en moyenne 1.5 millions de jeunes ombles chevaliers qui sont mis à l'eau annuellement dans le Léman. Ces poissons sont achetés par les Etats à différents pisciculteurs pour un montant approximatif annuel de l'ordre de 300 000.- L'efficacité de cette méthode peut aujourd'hui être remise en doute. En effet, dans un premier temps, dans les années 90, plus on immergeait de jeunes ombles, plus on en capturait 3 ans plus tard. Aujourd'hui par contre, alors que l'on immerge toujours autant de poissons, on en capture de moins en moins. S'il était juste par le passé de concentrer les efforts de gestion piscicole essentiellement sur le repeuplement parce que les premiers stades de vie dans le Léman étaient très difficiles, aujourd'hui par contre, la situation a évolué. En effet, la qualité de l'eau du lac ne cessant de s'améliorer (Cipel 2002), la reproduction naturelle devrait retrouver une certaine efficacité. C'est pourquoi, en termes de développement durable, il apparaît nettement plus profitable d'améliorer les conditions écologiques du lac afin de permettre aux poissons de se reproduire naturellement. Le repeuplement ne peut en effet offrir qu'une alternative efficace à court terme. Dans le meilleur des cas, on ne parvient qu'à maintenir une population au prix de grands efforts. Cette action, au mieux, ne fait que masquer les problèmes rencontrés par l'espèce pour survivre naturellement, mais en aucun cas ne les solutionne. A l'opposé, les efforts consentis lors de la renaturation d'un milieu peuvent porter leurs fruits à long terme, puisque plusieurs générations de poissons sont susceptibles de bénéficier des améliorations apportées. En termes de développement durable, c'est donc cette voie qu'il convient également de favoriser.

En terme de **renaturation**, ou d'aménagement à but piscicole, la création d'une omblière comme celle de la Veraye, avec le transport et l'immersion de 200 m³ de graviers, créant ainsi en tout cas pendant un certain temps une surface favorable à la reproduction de l'ordre de 700 m², coûte environ 15 000.-. En affectant donc le 5% seulement du budget «repeuplement» à l'entretien ou la création de nouveaux sites de frai, il serait possible de maintenir dans le Léman des sites fonctionnels pour la reproduction naturelle de l'espèce. Sachant que les apports naturels de gravier dans le Léman sont insuffisants, le dépôt régulier de matériaux favorables doit être entrepris tous les 3 ans environ. L'idée serait donc de choisir 3 sites sur le Léman et d'immerger du gravier propre chaque

année sur l'un d'eux. Ainsi, par tournus, ceux-ci seraient renouvelés tous les 3 ans. Un choix pourrait se porter sur les sites prioritaires suivant pour la côte suisse: Veraye, Chillon, ou Rivaz et Ripaille pour la côte française. Evidemment, cette méthode, bien qu'efficace, reste cependant artificielle. Aussi, serait-il favorable dans le même temps d'entreprendre une réflexion sur la dynamique de charriage des matériaux par les rivières, et dans la mesure où cela est possible compte tenu des consignes de sécurité pour les biens et les personnes, favoriser, voir rétablir, une dynamique de transport naturel des matériaux par les rivières.

Une réflexion devrait également être conduite sur l'impact lié aux pêches de géniteurs. En effet, il y était patent de constater que durant l'hiver 2004/05, le site de frai de la côte suisse manifestement le plus favorable était celui de Rivaz, là où le gravier était le plus propre et les ombles les plus abondants, et le seul site où... aucune pêche de géniteurs n'y fût organisée. Aussi, le roulement proposé dans le renouvellement des frayères par immersion de graviers devrait s'accompagner d'une concentration des pêches de reproducteurs sur certains sites afin de laisser les poissons se reproduire ailleurs sans être dérangés.

■ Remerciements

Ce travail de synthèse et de mise à jour de nos connaissances concernant les sites de reproduction de l'omble chevalier du Léman a pu être effectué grâce au financement accordé au Musée du Léman par la Ville de Nyon (Préavis n° 59), ainsi qu'aux clubs Rotary de Nyon et à l'Association des Amis des Musées de Nyon. Qu'il me soit donc permis ici de remercier chaleureusement et sincèrement les édiles nyonnais pour avoir rendu cette étude possible. Mes remerciements également à toute l'équipe du sous-marin *F.A.-Forel*, et à M. Jacques Piccard, pour leur professionnalisme et leur disponibilité sans faille qui nous ont permis d'effectuer toutes ces observations inédites en profondeur. Il nous aurait été évidemment impossible de découvrir autant de sites nouveaux sans les renseignements que nous ont fournis les pêcheurs professionnels du Léman. Un remerciement particulier à MM. H. Champier, J.P. Gerber, J.P. Jacquier et Ph. Desbiolles, ainsi qu'aux responsables de la pêche tant suisse que français, MM. B. Büttiker et M. Michoux.

Bibliographie

- **ANDRÉ E.** 1922. Les omblières du Léman. Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, 54: 273-284.
- **CIPEL.** 2002. La lettre du Léman. Bulletin d'information de la commission internationale pour la protection des eaux du Léman, 1-6.
- **CRETIEZ J.** 1906. La culture de l'omble-chevalier du lac Léman, méti et hybrides de ce salmonide. Extraits des comptes rendus de l'association française pour l'avancement des sciences, 498-506.
- **FATIO V.** 1890. Histoire naturelle des poissons. H. Georg, Genève et Bâle.
- **FOREL FA.** 1892. La moraine sous-lacustre d'Yvoire, omblières d'Yvoire. In: Le Léman, monographie limnologique.(ed F. Rouge), Lausanne.
- **FOREL FA.** 1904. L'origine de la faune ichtyologique du Léman. In: Le Léman, monographie limnologique (ed F. Rouge), Vol. III, pp. 343-354, Lausanne.
- **RUBIN J-F.** 1992. Histoire de l'omble chevalier, *Salvelinus alpinus* (L.), dans le Léman (Suisse). Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, 82: 1-10.
- **RUBIN J-F.** 1993. Le site de fraye de l'omble chevalier, *Salvelinus alpinus* (L.), de La Raisse dans le Lac de Neuchâtel étudié à partir du sous-marin F.A.-Forel. Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles, 82: 345-356.
- **RUBIN J-F.** 1994. Comportement de fraye de l'omble chevalier *Salvelinus alpinus* (L.), observé dans le Léman à partir du sous-marin «F.A.-Forel». Bulletin français de Pêche et de Pisciculture, 333: 149-157.
- **RUBIN J-F, BÜTTIKER B.** 1992. Les sites de fraye de l'omble chevalier, *Salvelinus alpinus* (L.), dans le Léman. Bulletin français de Pêche et de Pisciculture, 325: 69-82.
- **RUHLÉ C.** 1976. Maintien de la population des ombles chevaliers (*Salvelinus alpinus* L.) dans le lac de Zoug par l'entretien artificiel des frayères et par des repeuplements de poissons d'âges divers. Revue des travaux de l'Institut des pêches maritimes, 11: 737-738.
- **VILLAUME M.** 1936. La destinée tragique de l'omble-chevalier. Bulletin français de Pêche et de Pisciculture, 97: 5-37.

Annexe 1: Coordonnées des omblières

| Omblière | Date | Coord. | Coord. | Point marquant |
|------------------|------------|---------|---------|----------------------------------|
| Chillon | | | | |
| du Château | | 140.519 | 560.655 | |
| | 05.01.1999 | 140.497 | 560.637 | |
| | 05.01.1999 | 140.519 | 560.655 | |
| | 11.01.1999 | 140.511 | 560.652 | 3 ^e prél. |
| | 11.12.2002 | 140.509 | 560.647 | Fanion 5 |
| | 11.12.2002 | 140.505 | 560.647 | Fanion 6 |
| | 13.12.2004 | 140.506 | 560.634 | Pied actif |
| | 13.12.2004 | 140.521 | 560.637 | Sommet actif |
| | 15.12.2004 | 140.503 | 560.636 | ETF box n° 2 |
| de l'éboulis | 05.01.1999 | 140.485 | 560.629 | |
| | 11.01.1999 | 140.495 | 560.622 | 2 ^e prél. |
| | 22.12.2000 | 140.491 | 560.630 | |
| | 11.12.2002 | 140.500 | 560.638 | Fanion 17 |
| | 11.12.2002 | 140.492 | 560.632 | Fanion 8 |
| | 13.12.2004 | 140.497 | 560.626 | Pied actif |
| | 15.12.2004 | 140.488 | 560.619 | ETF box n° 10 |
| | 15.12.2004 | 140.488 | 560.625 | ETF box n° 3 |
| profonde | 05.01.1999 | 140.508 | 560.610 | |
| | 05.01.1999 | 140.508 | 560.614 | |
| | 11.01.1999 | 140.508 | 560.604 | 1 ^{er} prél. |
| | 22.12.2000 | 140.497 | 560.612 | |
| | 11.12.2002 | 140.490 | 560.596 | Fanion 11 |
| | 13.12.2004 | 140.515 | 560.583 | Pied actif |
| | 13.12.2004 | 140.512 | 560.591 | Sommet actif |
| | 15.12.2004 | 140.504 | 560.592 | ETF Box n° 8 |
| | 15.12.2004 | 140.510 | 560.602 | ETF Box n° 7 |
| du bas | 05.01.1999 | 140.653 | 560.635 | |
| | 11.01.1999 | 140.651 | 560.633 | 4 ^e prél. |
| | 22.12.2000 | 140.657 | 560.634 | |
| | 18.12.2002 | 140.649 | 560.631 | Fanion 13 |
| | 18.12.2002 | 140.649 | 560.623 | Fanion 16 |
| | 13.12.2004 | 140.665 | 560.625 | Sommet actif |
| | 13.12.2004 | 140.630 | 560.602 | Pied actif |
| | 15.12.2004 | 140.650 | 560.619 | ETF box n° 6 |
| | 15.12.2004 | 140.655 | 560.620 | ETF box n° 1 |
| | 15.12.2004 | 140.652 | 560.618 | ETF box n° 9 |
| de la falaise | 05.01.1999 | 140.665 | 560.642 | |
| | 22.12.2000 | 140.675 | 560.657 | |
| Piccard | 05.01.1999 | 140.680 | 560.632 | |
| Thiébaud | 05.01.1999 | 140.671 | 560.661 | |
| La Veraye | | | | |
| O. nouvelle | | 141.101 | 560.331 | |
| | | 141.110 | 560.349 | |
| | | 141.107 | 560.332 | |
| | 20.11.1998 | 141.089 | 560.330 | Extrémité de la nouvelle frayère |
| | 20.11.1998 | 141.114 | 560.341 | Extrémité de la nouvelle frayère |
| | 20.11.1998 | 141.091 | 560.297 | Extrémité de la nouvelle frayère |
| | 20.11.1998 | 141.144 | 560.324 | Extrémité de la nouvelle frayère |
| | 05.01.1999 | 141.115 | 560.298 | |
| | 05.01.1999 | 141.109 | 560.320 | |
| | 08.01.1999 | 141.096 | 560.302 | |

| Ombrière | Date | Coord. | Coord. | Point marquant |
|------------------|------------|---------|---------|--------------------------------|
| O. nouvelle | 08.01.1999 | 141.123 | 560.306 | |
| | 08.01.1999 | 141.108 | 560.310 | |
| | 08.01.1999 | 141.126 | 560.327 | |
| | 22.12.2000 | 141.128 | 560.297 | |
| | 22.12.2000 | 141.122 | 560.299 | |
| | 22.12.2000 | 141.097 | 560.313 | |
| | 18.12.2002 | 141.122 | 560.365 | Fanion 10 |
| | 13.12.2004 | 141.110 | 560.315 | Sommet actif |
| | 13.12.2004 | 141.087 | 560.304 | Pied actif |
| | 13.12.2004 | 141.113 | 560.305 | Brouette |
| | 15.12.2004 | 141.111 | 560.305 | ETF box n° 4 |
| | 15.12.2004 | 141.113 | 560.309 | ETF box n° 5 |
| O. ancienne | 18.12.2002 | 141.111 | 560.314 | Fanion 61 |
| | 18.12.2002 | 141.105 | 560.299 | Fanion 7 |
| | 18.12.2002 | 141.122 | 560.315 | Fanion 12 (partie active) |
| | 18.12.2002 | 141.121 | 560.313 | Fanion 15 (partie active) |
| Rivaz | | | | |
| du moulin | 14.01.2000 | 147.139 | 548.987 | Extrémité Ouest |
| | 14.01.2000 | 147.132 | 548.985 | Extrémité Sud |
| | 14.01.2000 | 147.121 | 548.977 | Pointe |
| | 14.01.2000 | 147.128 | 549.023 | Extrémité Est |
| | 14.01.2000 | 147.147 | 549.008 | Supérieur Est |
| | 14.01.2000 | 147.126 | 548.986 | Inférieur Ouest |
| | 08.08.2000 | 147.161 | 548.996 | Sommet du cône |
| | 08.08.2000 | 147.203 | 548.924 | Inférieur |
| | 11.03.2004 | 147.200 | 549.000 | |
| | 11.03.2004 | 147.147 | 549.011 | |
| | 11.03.2004 | 147.153 | 548.993 | |
| | 11.08.2004 | 147.147 | 548.998 | Trappe + courantomètre |
| | 16.12.2004 | 147.141 | 549.012 | Sommet du cône bcp de poissons |
| des chaussures | | 147.200 | 548.820 | |
| | 19.01.2000 | 147.230 | 548.910 | |
| | 19.01.2000 | 147.203 | 548.917 | |
| | 11.03.2004 | 147.224 | 548.909 | |
| | 11.03.2004 | 147.214 | 548.917 | |
| | 16.12.2004 | 147.203 | 548.915 | inactive |
| aux 4 boulons | | 147.220 | 548.790 | |
| | 19.01.2000 | 147.239 | 548.903 | |
| | 11.03.2004 | 147.213 | 548.897 | |
| | 11.03.2004 | 147.235 | 548.907 | |
| | 16.12.2004 | 147.193 | 548.904 | partie active |
| du cochon | | 147.350 | 548.380 | |
| | 11.03.2004 | 147.364 | 548.351 | non active |
| Bouveret | | | | |
| du Bouveret | 12.03.2004 | 137.682 | 552.652 | non active |
| | 12.03.2004 | 137.683 | 552.627 | non active |
| de St-Gingolph | 12.03.2004 | | | non active |
| Meillerie | | | | |
| de la Capitale | 14.01.2005 | 139.460 | 547.036 | Milieu partie active |
| des voitures | 14.01.2005 | 139.517 | 547.041 | Pied partie active |
| | 14.01.2005 | 139.481 | 547.036 | Sommet partie active |
| des pirates | 14.01.2005 | 139.504 | 546.976 | Pied partie active |

| Ombrière | Date | Coord. | Coord. | Point marquant |
|---------------|------------|---------|---------|------------------------------|
| des Pirates | 14.01.2005 | 139.483 | 546.984 | Sommet partie active |
| | 14.01.2005 | 139.484 | 547.026 | Pied partie active |
| | 14.01.2005 | 139.491 | 547.007 | Sommet partie active |
| des Fourys | 14.01.2005 | 139.520 | 546.946 | Pied partie active |
| | 14.01.2005 | 139.506 | 546.948 | Sommet partie active |
| du Ponto | 14.01.2005 | 139.528 | 546.842 | Pied partie active ouest |
| | 14.01.2005 | 139.511 | 546.850 | Pied partie active est |
| | 14.01.2005 | 139.533 | 546.848 | Sommet partie active ouest |
| des Robinsons | 30.12.2004 | 139.628 | 546.701 | Pied de la partie active |
| | 30.12.2004 | 139.557 | 546.716 | Milieu frayère |
| | 30.12.2004 | 139.508 | 546.708 | Sommet partie active |
| | 30.12.2004 | 139.518 | 546.716 | Tache à gauche |
| | 30.12.2004 | 139.601 | 546.733 | Pied langue ouest |
| Nyon | | | | |
| de Nyon | | 137.500 | 509.100 | |
| Vevey | | | | |
| GN | 10.03.2004 | 145.651 | 553.431 | |
| | 10.03.2004 | 145.657 | 553.435 | |
| Champier | 10.03.2004 | 145.682 | 553.433 | |
| | 10.03.2004 | 145.690 | 553.445 | |
| | 10.03.2004 | 145.702 | 553.436 | |
| Thonon | | | | |
| Ripaille | 23.05.2005 | 138.460 | 526.437 | Crête principale |
| | 23.05.2005 | 138.448 | 526.440 | Crête principale |
| Yvoire | 25.05.2005 | 138.030 | 515.034 | ancienne zone de déversement |

Annexe 2: Caractéristiques des omblières

| Site | Lieu | Hiver | Prélèvements œufs Prof (m) | Prof min (m) | Prof max (m) | Larg (m) | Long (m) | Remarques |
|----------------|------------------|-------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|------------------------------------------------|
| Chillon | | | | | | | | |
| | O. du château | 1981-82 | 38 | | | | | |
| | | 1982-83 | 38 | | | | | |
| | | 1983-84 | 38 | | | | | |
| | | 1984-85 | 38 | | | | | |
| | | 1985-86 | 38 | | | | | |
| | | 1986-87 | 38 | 30 | 50 | 4 | 25 | |
| | | 1996-97 | 36 | | | | | |
| | | 1997-98 | 38 | | | | | |
| | | 1998-99 | 44 | 36 | 44 | | | |
| | | 1999-00 | 44 | | | | | |
| | | 2001-02 | 47 | | | | | |
| | | 2002-03 | | 37 | 44 | | | Partiellement recouverte de sédiment |
| | | 2004-05 | | 44 | 51 | | | 2 zones actives distinctes (44-51 m / 40-44 m) |
| | O. profonde | 1997-98 | 78 | | | | | |
| | | 1998-99 | 78 | 76 | 80 | 2 | 8 | |
| | | 1999-00 | 75-78 | | | | | |
| | | 2000-01 | 76-79 | | 79 | | | |
| | | 2001-02 | 78 | | | | | |
| | | 2002-03 | | | 79 | | | Partiellement recouverte de sédiment |
| | | 2004-05 | | 75 | 80 | | | Colonies de bactéries dès -82 m |
| | | | | | | | | |
| | O. de l'éboulis | 1984-85 | | | | | | Uniquement ombles observés |
| | | 1985-86 | | | | | | Uniquement ombles observés |
| | | 1987-88 | | | | | | Uniquement ombles observés |
| | | 1996-97 | | | | | | Inactive |
| | | 1998-99 | 62 | 54 | 56 | 3 | 4 | |
| | | 1999-00 | 59 | | | | | |
| | | 2000-01 | 57-62 | | 59 | | | |
| | | 2001-02 | 55 | | | | | Partiellement recouverte de sédiment |
| | | 2002-03 | | 49 | 55 | | | Totalement inactive |
| | O. du haut | 2004-05 | | 55 | 57 | | | Nouvelle zone active plus à l'ouest |
| | | 1985-86 | 61 | | | | | |
| | | 1987-88 | 57 | 54 | 59 | 3 | 8 | |
| | | 1996-97 | 53 | | | | | |
| | | dès 1998/99 | | | | | | Recouverte de sédiment |
| | O. du bas | 1985-86 | 62 | | | | | |
| | | 1996-97 | 60 | | | | | |
| | | 1997-98 | 62 | | | | | |
| | | 1998-99 | 59 | 59 | 64 | 3 | 10 | |
| | | 1999-00 | 60 | | | | | |
| | | 2000-01 | 58 | 57 | | | | |
| | | 2001-02 | 64 | | | | | |
| | | 2002-03 | | 57 | 65 | | | |
| | | 2004-05 | | 57 | 62 | | | Dès -63 m, colonies de bactéries |
| | O. de la falaise | 1997-98 | 47 | | | | | |
| | | 1998-99 | | 44 | 47 | | | |
| | | 2000-01 | 43 | 44 | | | | |
| | | 2002-03 | | | | | | Recouverte de sédiment |
| | | 2004-05 | | 46 | | | | Recouverte de sédiment |
| | O. Thiebaud | 1996-97 | | 42 | 51 | | | |
| | | 1997-98 | 41 | | | | | |
| | | 1998-99 | | | | | | Active |
| | | dès 1999/00 | | | | | | Recouverte de sédiment |

| Site | Lieu | Hiver | Prélèvements œufs Prof (m) | Prof min (m) | Prof max (m) | Larg (m) | Long (m) | Remarques |
|------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| | O. Piccard | 1985-86 1987-88 1996-97 1998-99 2004-05 | 51 51 51 | 49 | 52 | 3 | 8 | Recouverte de sédiment |
| Veraye | | | | | | | | |
| | O. de la Veraye (old) | 1985-86 1997-98 2000-01 | 56 66 | 55 55 | 59 59 | 3 5 | 10 4 | à l'ouest de la première |
| | O. de la Veraye (new) | 1998-99 1999-00 2000-01 2001-02 2002-03 2004-05 | 53 55-64 | 52 58 58 56 59 53 | 63 62 60 60 60 62 | 3 5 5 8 3-6 | 8 12 6 18 | 700 m ² 3 zones distinctes 108 m ² |
| Rivaz | | | | | | | | |
| | O. du Moulin | 1999-00 2000-01 2003-04 2004-05 | 89 | 82 88 88 | 102 92 93 | 20 18 | 9 | 162 m ² |
| | O. des chaussures | 2000-01 2003-04 2004-05 | 79 | 73 | 76 | 2 | | Entièrement recouverte de sédiment |
| | O. du cochon | 1999-00 2003-04 2004-05 | | | | | | Entièrement recouverte de sédiment Entièrement recouverte de sédiment |
| | O. des 4 boulons | 1999-00 2003-04 2004-05 | | 72 71 77 | 78 81 | 2-6 10 | | |
| Bouveret | | | | | | | | |
| | O. du Bouveret | 1986-87 2003-04 | 70 | 69 | 71 | 3 | 5 | Entièrement recouverte de sédiment |
| | O. de St-Gingolph | 1986-87 2003-04 | 85 | 79 | 89 | 2-10 | 22 | Entièrement recouverte de sédiment |
| Meillerie | | | | | | | | |
| | O. du chalet | 1988-89 1989-90 2004-05 | 47 47 | 47 | 47 | | | Entièrement recouverte de sédiment |
| | O. des voitures | 1988-89 1989-90 2004-05 | 122 123 | 117 116 | 127 124 | | | |
| | O. des Fiourys | 1988-89 1989-90 2004-05 | 92 94 | 90 92 | 98 98 | 2 | 9 | 18 m ² |
| | O. des pirates | 1988-89 1989-90 2004-05 | 90 88 | 82 98 92 | 91 113 99 | 7 5 | | |

| Site | Lieu | Hiver | Prélèvements œufs Prof (m) | Prof min (m) | Prof max (m) | Larg (m) | Long (m) | Remarques |
|-----------------|----------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|---------------------------------------------------------|
| | O. du plongeur | 1989-90 | 112 | 108 | 112 | | | |
| | O. des Robinsons | 1989-90 | 95 | 51 76 91 | 75 123 | | | |
| | | 2004-05 | | 50 88 | 121 112 | 14 8 | 100 42 | 1400 m ² 336 m ² |
| | O. du ponto | 1989-90 | 98 | 96 | 100 | | | |
| | | 2004-05 | | 97 97 | 111 107 | 2 3 | 20 14 | 40 m ² 14 m ² |
| | O. de la Capitale | 1988-89 | | 81 | 83 | | | |
| | | 2004-05 | | 81 82 | 83 86 | | | |
| Veveyse | | | | | | | | |
| | O. Champier | 2003-04 2004-05 | | 83 | 90 | | | 8 m ² Entièrement recouverte de sédiment |
| | O. GN | 2003-04 2004-05 | | 80 | 90 | 1.5 | 17 | 26 m ² Entièrement recouverte de sédiment |
| Dranse | | | | | | | | |
| | O. de la Dranse | 2004-05 | | 96 | 100 | | | Dans les fosses de dragages |
| Ripaille | | | | | | | | |
| | O. de Ripaille | 2004-05 | | 45 | 55 | 2-5 | | |
| Yvoire | | | | | | | | |
| | O. d'Yvoire | 2004-05 | | 60 | 64 | | | Entièrement recouverte de sédiment |

