

ETUDES

*gestion des milieux
aquatiques*

11

Lacs de haute altitude

Méthodes d'échantillonnage ichtyologique

Gestion piscicole

Bernard Rivier



Cemagref
EDITIONS

Erratum

Encart photo

Deux légendes sont à inverser

photo : Truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum)
(photo H. Carmie)

photo : Omble de fontaine (*Salvelinus fontinalis* Mitchill)
(Photo H. Carmie)

Il faut lire Cristivomer (*Salvelinus namaycush* Walbaum)
(photo H. Carmie) et non Critivomer

Lacs de haute altitude

*Méthodes d'échantillonnage ichtyologique
Gestion piscicole*

Bernard Rivier

Cemagref
Groupement d'Aix-en-Provence
Division « Hydrobiologie »
Le Tholonet - BP 31
13612 Aix-en-Provence Cedex 1
Tél. 04 42 66 99 10 - Fax 04 42 66 88 65

Photo de couverture : Le lac d'Allos au moment de la fonte des neiges (photographie A. Kiener)

Lacs de haute altitude : méthodes d'échantillonnage ichtyologique, gestion piscicole - Bernard Rivier © Cemagref 1996 - 1^{re} édition. ISBN 2-85362-451-X - ISSN 1272-4661. Dépôt légal : 4^e trimestre 1996. Collection *Études du Cemagref*, série *Gestion des milieux aquatiques*, n° 11, dirigée par Luc-André Leclerc, chef du département - Impression et façonnage : Ateliers Cemagref Dicova, BP 22, 92162 Antony Cedex - Vente par correspondance : Publi-Trans, BP 22, 91167 Longumeau, Cedex 9, tél. 01 69 10 85 85 - Diffusion aux libraires : TEC et Doc, 14 rue de Provigny, 94236 Cachan Cedex, tél. 01 47 40 67 00 - **Prix : 150 F TTC**

Le Cemagref, institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement, est un établissement public sous la tutelle des ministères chargés de la Recherche et de l'Agriculture.

Ses équipes conçoivent des méthodes et des outils pour l'action publique en faveur de l'agriculture et de l'environnement. Leur maîtrise des sciences et techniques de l'ingénieur contribue à la mutation des activités liées à l'agriculture, à l'agro-alimentaire et à l'environnement.

La recherche du Cemagref concerne les **eaux continentales**, ainsi que les **milieux terrestres** et plus particulièrement leur occupation par **l'agriculture** et la **forêt**. Elle a pour objectif d'élaborer des méthodes et des outils d'une part de **gestion intégrée** des milieux, d'autre part de conception et d'exploitation **d'équipements**.

Les équipes, qui rassemblent un millier de personnes réparties sur le territoire national, sont organisées en **quatre départements scientifiques** :

- Gestion des milieux aquatiques
- Équipements pour l'eau et l'environnement
- Gestion des territoires
- Équipements agricoles et alimentaires

Les recherches du département *Gestion des milieux aquatiques* s'orientent vers :

- développement de méthodes et recommandations pour une gestion équilibrée de la ressource en eau et des milieux aquatiques continentaux ;
- proposition de méthodes permettant de fixer les contraintes imposées aux rejets et aux activités en fonction des potentialités des milieux récepteurs et d'optimiser les performances des procédés d'épuration des eaux ;
- élaboration de méthodes et procédés pour une gestion équilibrée des ressources vivantes aquatiques exploitées.

Résumé

L'échantillonnage ichtyologique des lacs d'altitude représente la phase initiale et indispensable des études permettant d'aboutir à une gestion piscicole rationnelle de ces milieux. La méthode d'étude par pêche aux filets maillants a été choisie après avoir envisagé les avantages et les inconvénients de l'ensemble des moyens disponibles pour échantillonner les peuplements de poissons des lacs d'altitude.

Les contraintes imposées par l'étude de ces lacs ont conduit à utiliser un protocole original d'échantillonnage destiné à calibrer en permanence l'effort de pêche aux dimensions du milieu et à la densité des peuplements, en vue de concilier les objectifs d'efficacité et de survie des poissons capturés. Les résultats obtenus sur les dix lacs étudiés représentent un guide pour l'échantillonnage de l'ensemble des lacs d'altitude.

Les données recueillies sur le lac de **Nino** (Corse) ont été utilisées pour calculer le biais introduit par l'échantillonnage à l'aide des filets maillants. Un modèle original de calcul de la sélectivité des filets maillants a été mis au point et appliqué à cet exemple.

Les résultats des inventaires ichtyologiques ont permis de définir les principales règles de gestion applicables aux lacs d'altitude et ont mis en évidence l'intérêt de peuplements monospécifiques ainsi que l'importance du contexte hydraulique dans lequel est situé chacun des lacs pour le choix de l'espèce de salmonidés sur laquelle la gestion piscicole doit être basée.

Mots clés : Echantillonnage, filets maillants, sélectivité, gestion piscicole, salmonidés.

Summary

Ichthyological sampling of high altitude lakes constitutes the initial and essential stage of scientific work in the scope of rational fish populations management.

Taking into account benefits and disadvantages of all available methods for sampling fishes in high altitude lakes, gillnets have appeared to be the more suitable gears for this lakes category.

Constraints relative to sampling efficiency and survival of fishes caught in gillnets have led to define a particular sampling procedure in which fishing effort is constantly appropriated to lake size and to fish populations densities. Results obtained from the ten lakes under study are considered as guidelines for sampling every high altitude lake.

Data from **Nino** lake (Corsica) have been used to calculate bias resulting from gillnet selectivity. An original model for calculating gillnet selectivity has been elaborated and applied to this example.

Results of ichthyological samplings allow to define the main features of fish population management for high altitude lakes. They show the interest of a single salmonid population in each lake and the essential importance of the lake hydraulic status for the choice of the species used for management.

Key words : Sampling procedure, gillnets, gillnets selectivity, fish populations management, salmonids.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée en étroite coopération avec les services administratifs, les associations et les organismes scientifiques dont les activités sont consacrées à la connaissance et à la gestion piscicole des lacs d'altitude.

Mes remerciements s'adressent en particulier :

- au Parc Naturel Régional de la Corse,
- au Parc National du Mercantour,
- aux Fédérations Départementales pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique des Alpes-de-haute-Provence, des hautes-Alpes, des Alpes-Maritimes, de l'Ariège, de la Corse et de la Savoie.
- aux Délégations Régionales du Conseil Supérieur de la Pêche de Montpellier et de Lyon.
- à la DIREN de Corse
- au laboratoire de Neurobiologie et Physiologie Comparées du CNRS à Arcachon
- à tous les gardes du Conseil Supérieur de la Pêche qui ont participé aux inventaires et ont apporté une aide technique indispensable sur le terrain

Je tiens également à exprimer mes plus sincères remerciements à tous mes collègues de travail du Cemagref et en particulier à l'ensemble des membres de la Division Hydrobiologie du Groupement d'Aix-en-Provence.

SOMMAIRE

Résumé	5
Summary	6
Remerciements	7
Introduction	11
1. Caractéristiques générales des lacs d'altitude	13
1.1 Définition des lacs d'altitude	13
1.2 Origine des lacs d'altitude	13
2. Aspects généraux de l'échantillonnage ichtyologique des lacs d'altitude	14
2.1 Objectifs et contraintes	14
2.2 Possibilités d'application des principales méthodes d'échantillonnage ichtyologique à l'étude des lacs d'altitude	15
2.2.1 Méthodes indirectes	15
2.2.2 Méthodes directes	16
2.2.2.1 Méthodes directes sans capture des poissons	16
2.2.2.2 Méthodes directes avec capture des poissons	18
2.2.2.2.1 Les engins actifs	18
2.2.2.2.2 Les engins passifs	19
2.3 Méthode d'échantillonnage par pêche aux filets maillants	20
2.3.1 Description des filets maillants	20
2.3.2 Caractéristiques des filets maillants horizontaux	20
2.3.3 Modes de capture des poissons par les filets maillants. Conséquences relatives à l'étude des lacs d'altitude	21
2.3.4 Conclusions relatives à l'échantillonnage ichtyologique des lacs d'altitude	23
3. Application de la méthode d'inventaire aux lacs d'altitude	23
3.1 Lacs étudiés	23
3.1.1 Situations géographiques. Contexte et période des études	23
3.1.2 Principales caractéristiques physiques et chimiques des lacs	26
3.2 Mise en oeuvre des inventaires ichtyologiques en lacs d'altitude	29
3.2.1 Données relatives à la gestion piscicole et à l'halieutisme	29
3.2.2 Données relatives au milieu	29
3.3 Caractéristiques générales des filets utilisés sur les lacs d'altitude	30
3.4 Calcul de l'effort de pêche. Unité de pondération	31
3.5 Principe du protocole d'échantillonnage	33

4. Résultats	34
4.1 Composition spécifique des échantillons.....	34
4.2 Calibration de l'effort de pêche.....	34
4.2.1 Bilan des premières séances de pêche	34
4.2.1.1 Effort de capture.....	34
4.2.1.2 Rendement de pêche.....	35
4.2.1.3 Taux de survie.....	38
4.2.2 Bilan des inventaires complets.....	38
4.2.2.1 Déroulement chronologique des inventaires : variation de l'effort de pêche.....	38
4.2.2.2 Importance de la phase d'étalonnage.....	40
4.2.2.3 Résultats des essais de calibration de l'effort de pêche	42
4.2.2.4 Taux de survie totaux	46
4.2.2.5 Conclusions relatives à la méthode d'échantillonnage	46
5. Etude de la sélectivité des filets maillants	49
5.1 Aspects théoriques de la sélectivité des filets maillants.....	49
5.2 Nature des données utilisées et hypothèses de calcul	50
5.3 Choix du modèle de calcul	55
5.4 Résultats	57
5.5 Intérêt des calculs de la sélectivité : structure théorique de l'échantillon.....	62
5.6 Discussion	62
5.7 Conclusion.....	63
6. Application des résultats des inventaires ichtyologiques à la gestion piscicole des lacs d'altitude	67
6.1 Problématique générale	67
6.2 Exemples de règles de gestion applicables aux lacs d'altitude.....	67
6.3 Cas particulier des lacs vierges.....	77
Conclusion générale	80
Bibliographie	83
Annexe I	
Déroulement schématique des inventaires piscicoles pour les dix lacs étudiés	99
Annexe II	
Bibliographie relative au nanisme de l'omble chevalier	113
Annexe III	
Bibliographie relative au polymorphisme de l'omble chevalier	116

Introduction

Les réseaux hydrographiques des régions de haute montagne comprennent une catégorie particulière de milieux d'eau stagnante : les lacs de montagne, également appelés lacs d'altitude.

Ces lacs sont des milieux où règnent des conditions de vie extrêmes pour les organismes aquatiques. Les composantes physiques et chimiques essentielles au déroulement des cycles biologiques y atteignent fréquemment des valeurs limitantes en raison des contextes climatique, géologique et hydraulique particuliers. Le caractère limitant des facteurs abiotiques se manifeste principalement durant la période de gel qui s'étend fréquemment sur plusieurs mois et au cours de laquelle la surface des lacs d'altitude est prise en glace et recouverte de neige.

L'adaptation aux conditions de milieu rencontrées sur les lacs d'altitude implique un degré élevé de spécialisation pour les espèces végétales et animales constituant les biocénoses de ces milieux. Le nombre et la densité de ces espèces sont toujours limités et la structure souvent très simple du réseau trophique a pour corollaire l'existence d'équilibres biologiques fragiles qui rendent les lacs d'altitude vulnérables à toute forme de perturbation.

La protection des lacs d'altitude présente un caractère d'urgence face aux menaces croissantes que l'emprise anthropique fait peser sur ces écosystèmes. Le développement des activités de loisir qui inclue en particulier la pêche des salmonidés, constitue la cause principale d'une présence humaine très importante et parfois excessive. De nombreux lacs ont d'autre part été aménagés ou font l'objet de projets d'aménagement aux fins notamment de production d'énergie hydroélectrique.

L'intérêt écologique des lacs d'altitude face aux risques grandissants de dégradation de ces milieux, justifie pleinement que des travaux de recherche soient entrepris afin de mieux les connaître pour pouvoir dans l'avenir mieux les protéger. Dans le cadre de cette démarche l'étude des poissons présente un intérêt fondamental en raison de la position apicale de ces organismes au sein du réseau trophique et leur cycle de vie pluriannuel. Les poissons ont ainsi un degré élevé d'intégration des conditions de milieu et sont d'excellents descripteurs de la biocénose dans son ensemble. Les travaux scientifiques entrepris sont destinés à

déboucher sur des applications directes dans le domaine de la gestion piscicole des lacs d'altitude. Les poissons de ces milieux font l'objet d'une exploitation directe sous forme de pêche récréative dont dépendent des intérêts socio-économiques et culturels indéniables.

L'obligation de concilier des activités halieutiques avec la pérennité des peuplements (que la pêche tend parfois à rompre à cause de la mortalité qu'elle induit, mais sans laquelle elle ne peut exister), ne peut être réalisée que grâce à des méthodes de gestion rationnelles basées sur une connaissance approfondie des ichtyocénoses. La définition des principales règles de gestion applicables aux lacs d'altitude représente l'objectif essentiel du présent travail.

La première phase des travaux a consisté en la conception et l'application d'un protocole d'échantillonnage ichtyologique spécialement conçu pour les lacs d'altitude et basé sur l'emploi des filets maillants horizontaux. Les études réalisées sur dix lacs des Alpes, de la Corse et des Pyrénées ont permis la validation de cette méthode et l'obtention des résultats permettant d'atteindre les buts recherchés en matière de gestion piscicole.

1 - Caractéristiques générales des lacs d'altitude

1.1 - Définition des lacs d'altitude

Les lacs des régions tempérées dont la surface est totalement prise en glace et recouverte de neige pendant plusieurs mois chaque année, sont situés dans les massifs montagneux, à des altitudes dont la limite inférieure se situe approximativement à 1 500 m (MARTINOT, 1989). La particularité d'une période de gel annuel et prolongé est celle qui révèle le mieux la spécificité des lacs d'altitude. (MARTINOT & RIVET, 1985).

Cette première définition n'est cependant pas suffisante et doit être complétée par celle qui permet de différencier les lacs d'altitude des autres étendues d'eau stagnante rencontrées en montagne : étangs, mares, pozzines. La définition des lacs est très variable suivant les auteurs, et différents critères ont été utilisés pour caractériser ces milieux : la superficie, la profondeur (FOREL, 1892 ; VIVIER, 1961 ; GAUTHIER & *al.*, 1984), le degré de développement de la végétation (VIVIER, 1961), le caractère naturel des lacs qui selon DUSSART (1966) permet de les distinguer des étangs qui suivant cet auteur sont des milieux d'origine artificielle.

A la suite de MARTINOT (1989) et CEMAGREF (1985b) un lac d'altitude sera considéré comme une étendue d'eau permanente, d'une superficie supérieure à 0.5 ha, d'une profondeur supérieure à 3 m, ne pouvant pas être entièrement colonisée par la végétation aquatique.

1.2 - Origine des lacs d'altitude

Les lacs d'altitude sont, dans la majorité des cas d'origine glaciaire. Leur formation est due aux mécanismes d'érosion et de dépôt résultant du mouvement des glaciers. Les lacs glaciaires appartiennent à deux grands types : les lacs de cirque et les lacs de moraine.

Les lacs de cirque occupent des bassins situés dans des zones de surcreusement en amont d'une barre rocheuse qui joue le rôle d'un verrou. Le cirque glaciaire peut être barré à l'aval par une moraine reposant sur ce verrou à la suite de deux épisodes glaciaires successifs (GAUTHIER & *al.*, 1984).

Les lacs de moraine ont pour origine, lors du retrait des glaciers, le barrage des vallées glaciaires par dépôt, des matériaux qu'ils transportaient. DUSSART (1966) définit trois types de lacs de moraine : lacs de barrage par moraine principale barrant une vallée principale, lacs de barrage par moraine principale barrant une vallée secondaire, lacs de barrage par moraine latérale barrant une vallée secondaire.

La plupart des lacs d'altitude se sont formés à la fin de la dernière glaciation du würm au cours de la période qualifiée de tardi-glaciaire par GAUTHIER & *al.* (1984). Ces auteurs mentionnent que les lacs d'altitude de la Corse sont postérieurs à 14 000 ans avant notre ère, alors que MARTINOT (1989) attribue un âge d'environ 10 000 ans aux lacs situés dans le Parc National de la Vanoise.

Il existe cependant des différences nettes dans les « âges biologiques » des lacs d'altitude en fonction de leur degré de comblement par les matériaux et des apports en nutriments et en matière organique en provenance de leur bassin versant.

2 - Aspects généraux de l'échantillonnage ichtyologique des lacs d'altitude

2.1 - Objectifs et contraintes

L'échantillonnage des peuplements piscicoles en milieu lacustre représente un problème complexe. A l'inverse des étangs ou des retenues artificielles, les lacs ne sont pas vidangeables et leurs dimensions parfois importantes rendent matériellement impossible le déploiement d'un effort de pêche suffisamment intense pour parvenir à capturer la totalité des poissons présents dans le milieu.

La nature, la structure et la densité des ichthyocénoses lacustres ne peuvent donc être mise en évidence qu'à partir d'un échantillon dont la qualité essentielle doit être de donner une image aussi fidèle que possible du peuplement réel (JOHNSON & NIELSEN, 1983 ; BARBIER, 1985). Les inventaires piscicoles représentent un moyen très largement utilisé par les biologistes pour procéder au recueil de cet échantillon, et constituent le plus souvent le point de départ des études ichtyologiques.

La notion de représentativité implique que la méthode d'inventaire permette le recensement de toutes les espèces présentes, à chacun de leur stade de développement dans des proportions reflétant la réalité. Dans le cas des lacs de

haute altitude, elle doit donc être adaptée à l'étude des milieux lénitiques, à leur superficie et à leur profondeur afin que la prospection de l'ensemble des habitats soit rendue possible.

Les poissons des lacs d'altitude sont une partie des constituants d'un édifice biologique fragile. Dans ce contexte, l'inventaire piscicole doit donc être réalisé à l'aide d'une méthode engendrant un taux de mortalité aussi faible possible, afin de limiter les perturbations occasionnées par l'échantillonnage.

La réalisation d'inventaires ichthyologiques en lacs d'altitude doit être basée sur l'emploi d'une méthode qui réponde aux principes d'efficacité d'une part et de limitation des mortalités de l'autre. Au premier principe se rattache l'objectif de représentativité, au second celui de sauvegarde des peuplements.

2.2 - Possibilités d'application des principales méthodes d'échantillonnage ichthyologique à l'étude des lacs d'altitude

Les méthodes d'échantillonnage des peuplements piscicoles lacustres, dont une description générale a été effectuée par DEGIORGI & *al.* (1993), sont nombreuses et présentent chacune leurs avantages et leurs inconvénients. Une première partie du travail a donc consisté en un examen des possibilités d'application des principales techniques d'inventaire de l'ichtyofaune lacustre à l'étude des lacs d'altitude.

Les méthodes d'étude des peuplements ichthyologiques lacustres se répartissent en deux grandes catégories désignées sous les appellations de méthodes indirectes et directes.

Dans les méthodes directes les engins de pêche, ou instruments de détection utilisés, et leur mode d'action, conduisent à une autre distinction entre les méthodes actives et les méthodes passives.

2.2.1 - Méthodes indirectes

Les méthodes indirectes sont basées sur l'observation ou le recensement des captures réalisées par les pêcheurs. Les pratiquants de la pêche à la ligne représentent la seule catégorie de pêcheurs autorisée à pratiquer une activité halieutique sur la majorité des lacs d'altitude. Les données recueillies auprès des pêcheurs fournissent des informations sur l'importance de l'activité halieutique et sur la mortalité piscicole résultante.

Le recueil des données est principalement réalisé à partir de carnets de pêche (STEINMETZ, 1985 ; RIVIER, 1986 ; NAMECHE & GERARD, 1992), de questionnaires (MURPHY, 1954) ou du contrôle des captures par un enquêteur (ROBSON, 1961 ; SHUTER & *al.*, 1987 ; CSP, 1991).

L'utilité des enquêtes piscicoles est souvent très limitée dans l'optique d'un inventaire détaillé des peuplements, en raison de leur caractère trop fragmentaire. La pêche à la ligne est orientée vers certaines espèces cibles (LAGLER, 1978) et vers une fraction de leurs populations dont sont exclus les juvéniles. La réglementation n'autorise les pêcheurs à conserver les salmonidés qu'à partir de la taille légale de capture. Les poissons n'atteignant pas cette taille doivent être restitués au milieu dans les meilleures conditions possibles de survie. La plupart des pêcheurs adaptent leur matériel pour éviter la capture de ces poissons, ce qui contribue dans ce type d'enquête à l'obtention d'un échantillon fortement biaisé.

La pêche à la ligne est donc trop sélective pour apporter des renseignements relatifs à la nature et à la structure réelle des peuplements.

2.2.2 - Méthodes directes

Elles regroupent l'ensemble des procédés permettant aux biologistes, d'échantillonner, d'observer et de dénombrer les peuplements piscicoles. Les méthodes directes se subdivisent en deux sous-catégories suivant qu'elles donnent lieu ou non à la capture des poissons.

2.2.2.1 - Méthodes directes sans capture des poissons

Elles consistent à détecter la présence des poissons par observation directe ou par immersion d'instruments.

L'observation directe par-dessus la surface de l'eau permet, par exemple, de déceler les poissons se trouvant à proximité des berges. La vue des manifestations de la vie piscicole à la surface de l'eau (gobages, sauts) représente également une source de renseignements. La présence d'un observateur est utile pour examiner certains éléments relatifs à la biologie des espèces et pour procéder à des dénombrements. Les déplacements des poissons entre le lac et les milieux voisins (tributaires, émissaires) sont fréquemment observables à certaines périodes de l'année. Le recensement des frayères et le dénombrement des géniteurs qui les fréquentent représentent une source importante d'information.

L'observation directe peut également être pratiquée depuis la surface de l'eau à l'aide de dispositifs à fond transparent (HELFMAN, 1983 ; LAGLER, 1978) qui peuvent à eux seuls permettre l'observation complète des lacs peu profonds.

Les observations subaquatiques, effectuées en apnée ou en plongée avec bouteilles, sont très largement employées lors des études relatives aux lacs d'altitude. La plongée permet de prospecter en totalité la plupart des lacs et de procéder à un grand nombre d'observations relatives aux poissons (identification, dénombrement, description sommaire de la structure des populations) et aux autres constituants de l'écosystème (HELFMAN, 1983). Les plongeurs peuvent d'autre part capturer des poissons à la main ou à l'aide d'engins. Le recours à des plongeurs représente un complément utile aux autres méthodes d'échantillonnage. Il permet notamment de localiser les sites les plus favorables pour l'usage d'engins de pêche, d'observer ces engins en action (HIGH, 1967), d'évaluer l'importance des captures.

Les principales techniques qui permettent la détection des poissons à l'aide d'instruments sont l'échosondage, l'observation au moyen de caméras et l'écoute à l'aide de microphones immergés. Chacune des méthodes peut être utilisée individuellement ou couplée avec l'une ou les deux autres.

La détection des poissons au moyen d'échosondeurs est couramment pratiquée en ichtyologie (FORBES & NAKKEN, 1972 ; EHRENBERG, 1976 ; MATHISEN, 1980 ; DAHM & *al.*, 1985 ; MARCHAL, 1985 ; BURCZYNSKI & *al.*, 1987 ; WALLINE & *al.*, 1992 ; GUILLARD & *al.*, 1990, 1992). Cette méthode fait à l'heure actuelle l'objet de développements considérables. L'intérêt essentiel de l'échosondage et de l'échointégration est de permettre une quantification directe des stocks de poissons. L'échosondage présente un inconvénient majeur au plan méthodologique. L'identification des espèces n'est pas possible au stade technologique actuel et la méthode ne permet donc pas de décrire la composition des ichtyocénoses. En lacs d'altitude, la localisation fréquente des poissons au contact du fond, le long des rives abruptes, dans les caches ou les zones de bordure les rend difficilement détectables à l'aide d'échosondeurs.

L'observation directe des poissons à l'aide de caméras immergées maniées depuis une embarcation ou par des plongeurs est une autre méthode d'approche des peuplements ichtyologiques (SMITH & TYLER, 1973 ; UZMANN & *al.*, 1977). L'usage d'instruments complémentaires de contrôle, de stockage et de restitution des images, contribue à accroître l'efficacité de cette technique. Les lacs d'altitude constituent un champ d'expérimentation très favorable pour la mise en oeuvre des caméras immergées, en raison de la transparence de leurs eaux.

La méthode d'écoute passive (STOBER, 1969 ; LADICH, 1988 ; DUBOIS & DZIEDZIC, 1989) est surtout adaptée à l'étude de l'éthologie des poissons et n'a qu'un intérêt limité pour le recensement de leurs populations.

L'avantage essentiel des trois méthodes précédentes réside dans leur innocuité à l'égard du poisson. Cependant, l'usage d'instruments fragiles dans les conditions climatiques extrêmes rencontrées en altitude peut être limité en raison des risques élevés de dysfonctionnement ou de détérioration.

Le dernier inconvénient des méthodes directes précédentes est qu'elles ne permettent pas la récolte de matériel biologique. Le recours à des travaux de capture est un complément indispensable à leur usage.

2.2.2.2 - Méthodes directes avec capture des poissons

Les méthodes de capture basées sur l'emploi de substances ichthyotoxiques telles que la roténone (DAGET, 1971 ; HALL, 1975 ; DAVIES & SHELTON, 1983), ou l'antimycine (MARKING & DAWSON, 1972) sont inutilisables dans le cadre de l'étude des lacs de haute altitude en raison des mortalités qu'elles entraînent. L'usage de produits piscicides présente d'autres inconvénients : risques de toxicité pour les organismes aquatiques autres que les poissons, difficultés de dénombrement des poissons qui ne montent pas en surface (PARKER, 1970).

Les autres méthodes de capture reposent sur l'usage d'engins de pêche répartis en deux grandes catégories en fonction de leur mode d'utilisation. Les engins actifs sont manoeuvrés par les opérateurs et la capture du poisson est provoquée par le mouvement du dispositif de pêche. A l'inverse, les engins passifs demeurent immobiles et la capture intervient lorsque le poisson, au cours de ses déplacements, vient à la rencontre de l'engin ou pénètre dans ce dernier.

2.2.2.2.1 - Les engins actifs

Les engins actifs sont ceux qui d'après la définition donnée par GERDEAUX (1985), capturent les poissons non maillés dans une poche de filet. L'absence de maillage permet la survie de la plupart des poissons. Les engins actifs comprennent les sennes et les chaluts. L'emploi des sennes ne peut être envisagé que sur des fonds réguliers (LEOPOLD & *al.*, 1975a ; DAHM, 1980), ce qui limite leur utilité pour l'étude des lacs d'altitude.