

Réalisation de frayères artificielles flottantes pour les poissons lacustres

C. Gillet

I.N.R.A. Station d'hydrobiologie lacustre 75, Avenue de Corzent – BP 11F – 74203 Thonon-les-Bains

Résumé – Nous avons cherché à mettre au point des frayères artificielles flottantes, capables de fonctionner dans les lacs et les retenues à niveaux variables. Certains modèles de frayères artificielles se sont révélés attractifs pour l'ensemble des poissons lacustres à reproduction printanière (brochet, perche et cyprinidés). Tous ces poissons acceptent de venir frayer sur des substrats artificiels flottants, même lorsque ceux-ci sont amarrés à une certaine distance du rivage. Pour obtenir ce résultat, il est nécessaire de respecter pour chaque espèce ses exigences vis-à-vis de la structure du substrat et de sa profondeur d'immersion.

Les densités d'œufs récoltés sur les substrats artificiels peuvent atteindre plusieurs centaines de milliers/m² de frayères pour le gardon et la perche et plus d'un millier pour le brochet.

Les frayères artificielles permettent d'acquérir des renseignements sur la biologie de la fraie des poissons : dates et durées précises de la période de fraie, pourcentage de survie des œufs, influence des facteurs climatiques sur le déroulement de la fraie. Le colmatage des substrats par les algues du périphyton peut entraver le fonctionnement des frayères, particulièrement dans les milieux eutrophes. Les heures de main d'œuvre requises pour l'installation et la surveillance des frayères sont du même ordre de grandeur que pour une écloserie produisant la même quantité d'œufs embryonnés.

Mots clés : Frayères artificielles, retenues à niveau variable, poissons, reproduction.

Summary – Artificial floating spawning grounds for fishes in lakes and impoundments. We have tested artificial spawning substrates able to operate in lakes and impoundments with fluctuations of the water level. Some types of artificial spawning grounds are attractive for all the lake fishes which are spring spawners (pike, perch and cyprinids). All these fishes are able to spawn on artificial floating spawning grounds, even when they are anchored far from the banks. To obtain this result, the requirements of each species for the structure and depth of immersion of spawning grounds must be taken into account.

Density of eggs on artificial spawning grounds reaches more than 100 000/m² for roach and perch and more than 1 000/m² for pike.

The use of artificial spawning grounds gives informations on spawning biology of fish : dates and lengths of spawning time, survival rates of eggs, effects of environmental factors

On the timing of spawning. Development of fouling can disturb the efficiency of artificial spawning grounds, especially in eutrophic environments.

Working time required to set up and to control artificial spawning grounds is about the same than to produce the same number of eyed eggs in hatchery.

1. Introduction

Depuis plusieurs années, nos recherches ont porté sur la structure des frayères naturelles et le déroulement par la fraie des poissons lacustres. Ces travaux complétés par les informations fournies dans la bibliographie nous ont permis de dégager un certain nombre de caractéristiques sur les frayères des principales espèces lacustres. La plupart de ces poissons sont assez éclectiques vis-à-vis de la nature du substrat qui recueille leurs œufs. En revanche ils ont des exigences très strictes pour ce qui concerne sa forme et sa profondeur d'immersion.

A partir de ces observations, nous avons cherché à mettre au point des frayères artificielles. Nous avons d'abord testé divers matériaux, placés à proximité des zones de frayères naturelles, puis nous avons testé l'aptitude des poissons à venir pondre sur des frayères artificielles, flottant à une certaine distance des berges (20 à 300 m). Nous avons d'abord travaillé sur les populations de gardons et de perches du Léman. Ces premiers travaux nous ont apporté une certaine pratique dans le maniement des frayères artificielles et nous avons eu alors la possibilité d'expérimenter nos frayères dans une retenue artificielle où les fluctuations de niveau détrui-

sent la ceinture de végétation de la zone littorale.

Nous avons essayé de mettre au point, pour ce type de retenue, des frayères artificielles flottantes qui permettent à l'ensemble des poissons à reproduction printanière (brochet, perche et cyprinidés) de venir se reproduire successivement sur les mêmes installations.

2. Plans et montage d'une frayère artificielle flottante dans une retenue à niveau variable

2.1. Choix du site expérimental

La retenue du Vouglans située dans le Jura sur l'Ain (Fig. 1) a été choisie pour les premiers essais de frayères artificielles flottantes. Ce réservoir présente plusieurs caractéristiques favorables pour entreprendre une expérience de ce type :

— Son marnage annuel est de l'ordre de 30 m. Le niveau de la retenue baisse en hiver et remonte au printemps, principalement pendant la fonte des neiges, les figures 2 et 3 présentent les variations de niveau et de température de l'eau de surface.

— Il possède un peuplement piscicole diversifié : Cyprinidés, brochets, percidés, salmonidés, ce qui

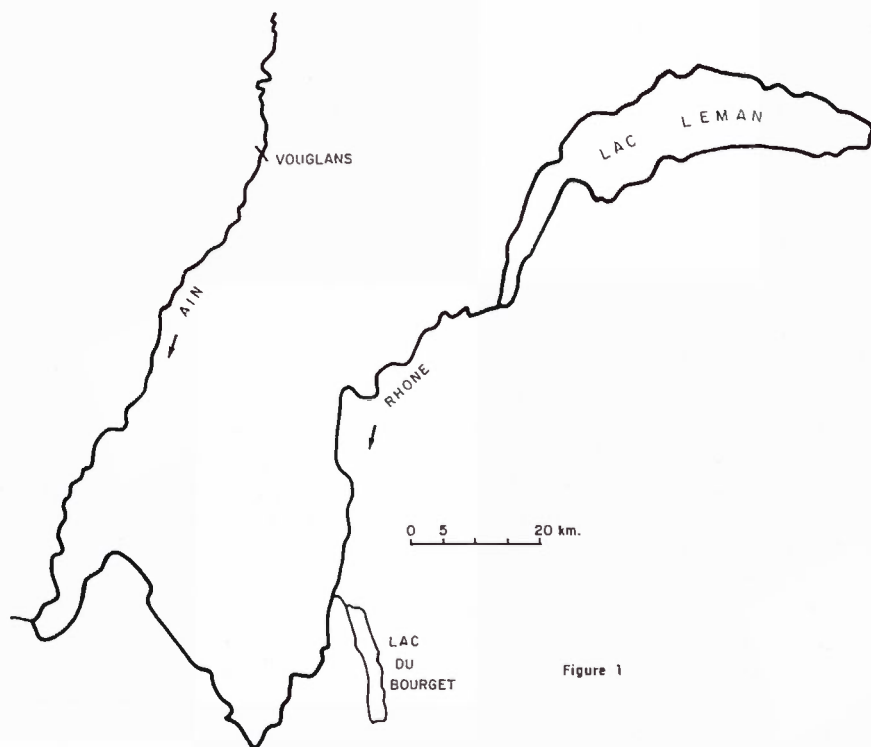


Fig. 1. Localisation de trois sites lacustres où ont eu lieu les expérimentations : retenue hydro-électrique du Vouglans sur l'Ain, lac du Bourget, lac Léman.

en fait un milieu représentatif de la plupart des grands réservoirs. Son altitude modérée (400 m) permet à toutes ces espèces d'y accomplir leur cycle reproducteur et leurs dates de reproduction sont normales pour nos latitudes.

— Mr Monneret, Garde-Chef au Conseil Supérieur de la pêche, habite au bord de cette retenue et connaît très bien les habitudes de fraie des poissons. Sur ses conseils, nous avons installé les frayères artificielles dans une baie où frayent les brochets. Nous avons bénéficié de son aide

pour la mise en place et la surveillance des frayères.

2.2. Le système d'ancrage des frayères artificielles

2.2.1. Le système expérimenté en 1986

Nous avons testé un système d'ancrage destiné à maintenir les frayères à distance de la rive pour éviter leur échouage lorsque le niveau du réservoir baisse rapidement. Le dispositif utilisé en 1986 est composé d'un cor-

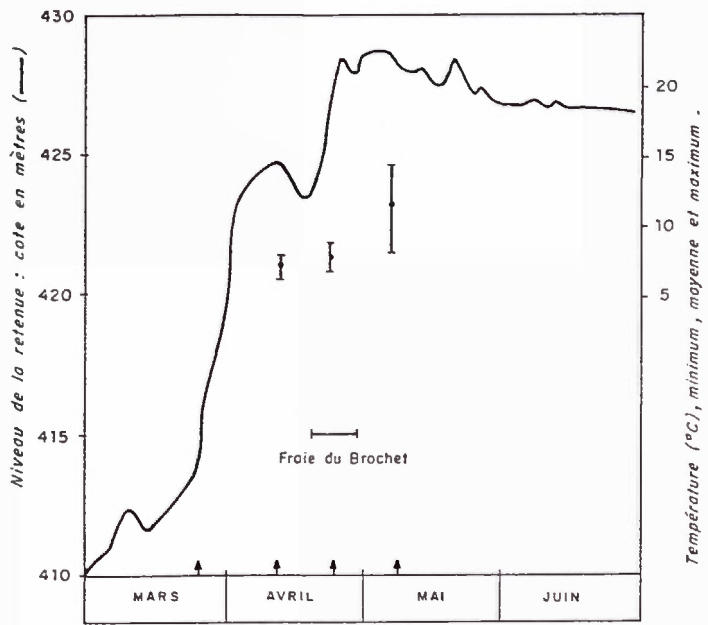


Fig. 2. Évolution de la température de l'eau de surface et du niveau de la retenue du Vouglans au printemps 1986. Les flèches indiquent les interventions sur les frayères.

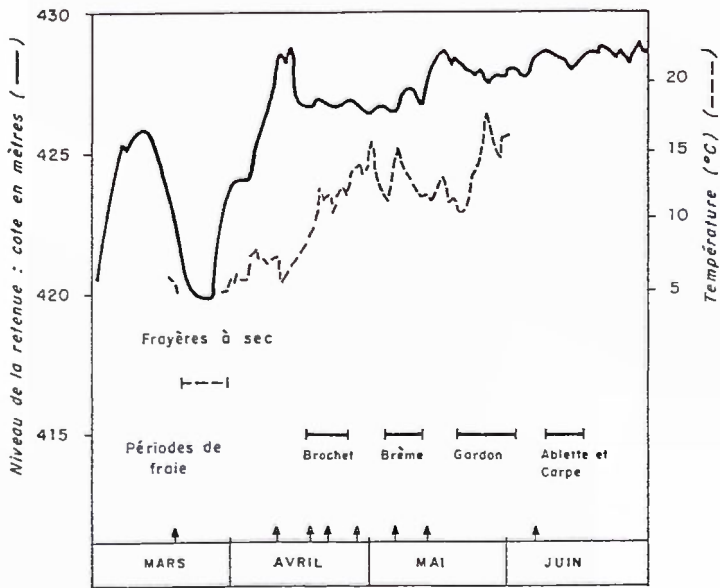


Fig. 3. Évolution, de la température moyenne journalière de l'eau de surface et du niveau de la retenue du Vouglans au printemps 1987. Les flèches indiquent les interventions sur les frayères.

dage de 1 cm de section, fixé à deux corps morts distants de quelques mètres. Entre ces deux corps morts, une bouée immergée de 9 litres, assure une tension au cordage, quel que soit le niveau de la retenue. Des poulies, fixées à la bouée et à un des corps morts permettent au cordage de coulisser librement (Fig. 4). Deux dispositifs d'ancrage fonctionnant sur ce principe ont été expérimentés en 1986. L'un a parfaitement bien fonctionné, l'autre s'est partiellement bloqué lorsque des bois morts, charriés par une crue se sont pris dans le cordage.

2.2.2. Dispositif d'ancrage utilisé en 1987

Nous avons testé en 1987 un système d'amarrage d'une conception complètement différente (figs. 5, 6, 7; photo 1).

Ce système est formé par des poteaux d'acier, enfoncés verticalement dans le fond de la retenue. Les frayères artificielles sont reliées aux poteaux par des anneaux métalliques. Ces anneaux et les frayères coulisseront le long des poteaux en fonction des variations du niveau de la retenue. Ce dispositif a parfaitement fonctionné en 1987. Il peut convenir pour des frayères de grandes dimensions.

2.3. L'armature et la présentation des frayères artificielles flottantes (figs. 7, 8, 9 et photos 2, 3, 4, 5)

Nous avons cherché à mettre au point une armature qui apporte à la frayère artificielle les qualités suivantes :

- Etre suffisamment robuste pour résister aux vagues et aux courants.

- Donner une bonne présentation au substrat de fraie et permettre de modifier facilement cette présentation, c'est-à-dire la profondeur d'immersion et l'inclinaison du substrat de fraie, afin de pouvoir attirer successivement différentes espèces.

- Etre facile à transporter et à installer.

Après différents essais réalisés entre 1984 et 1986, nous avons choisi en 1987 une armature composée de barres d'acier reliées par des maillons rapides, associées à un grillage plastifié.

Des barres d'acier, de qualité «serurier», de deux mètres de longueur et un centimètre de section assurent à la fois la rigidité et le lestage de l'armature. Les deux extrémités de chaque barre sont terminées par des anneaux. Ceux-ci sont constitués d'un demi anneau de chaîne, soudé à l'extrémité de la barre par soudure à l'arc (Fig. 9). Chaque barre reçoit une couche de protection antirouille au Rustol. Des maillons rapides, de 8 cm de long (80 kg de résistance) permettent d'assembler les barres entre elles (figs. 8, 9). Nous avons de cette manière réalisé des cadres de 4 m de côté (16 m²). Trois d'entre eux, soit 48 m² ont été expérimentés au Vouglans en 1987.

Un grillage en plastique, de mailles carrés de 5 cm est fixé aux barres d'acier par des attaches rapides en plastique. C'est sur ce grillage que sont installés les différents substrats de fraie (figs. 8, 9).

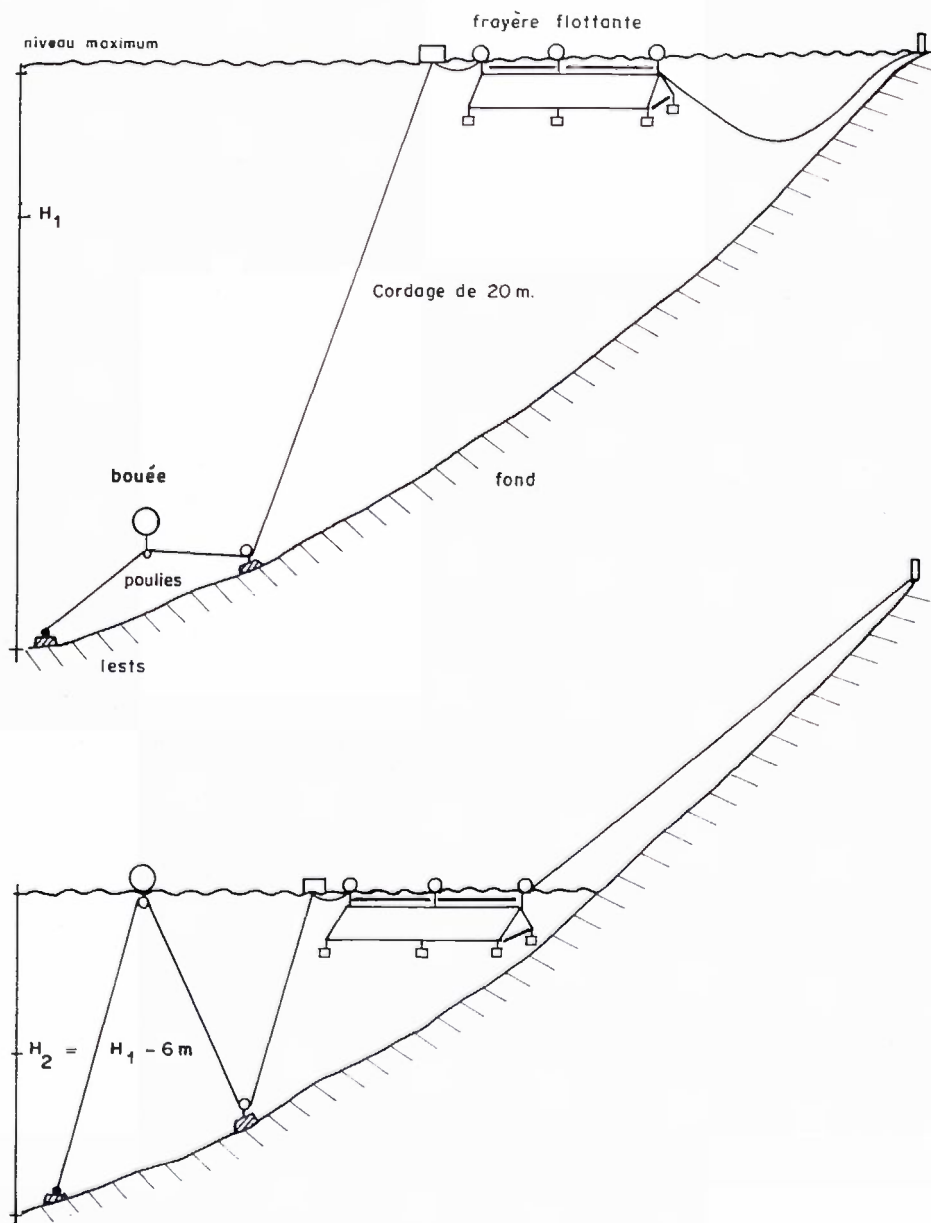


Fig. 4. Système d'amarrage utilisé en 1986 dans la retenue du Vouglans, pour les frayères artificielles flottantes.

La flottabilité des frayères flottantes est assurée par des bouées en plastique de 9 litres, injectées de mousse de polyuréthane.

La profondeur d'immersion et l'inclinaison de la frayère sont réglées et éventuellement modifiées par la longueur des cordages qui relient les bouées au cadre de la frayère (Fig. 6). Ces cordages sont en drisse de nylon de 8 mm. Il s'est avéré nécessaire d'utiliser des cosses pour protéger les points d'attaches des cordages car les vibrations continuelles qu'engendre la houle finissent parfois par provoquer le cisaillement et la rupture des cordages au point de contact avec les pièces métalliques.

2.4. Les substrats de fraie

Nous avons expérimenté différents substrats, naturels et artificiels, dans le but de comparer leur efficacité vis-à-vis de plusieurs espèces, dans différents milieux. Nous avons cherché des substrats qui soient le plus attractifs possible pour les poissons. Dans ce but nous avons sélectionné des matériaux formant des réseaux assez denses pour retenir les œufs et suffisamment aérés pour laisser circuler l'eau au travers. Nous avons d'autre part recherché des matériaux qui résistent le mieux possible au colmatage et qui ne se dégradent pas trop rapidement dans l'eau.

2.4.1. Les substrats végétaux

Les conifères possèdent généralement des structures assez bien appropriées pour servir de substrats de

fraie : leur feuillage persistant résiste longtemps à l'immersion et leurs rameaux forment un réseau très dense. Trois espèces ont été expérimentées comme substrat pour nos frayères artificielles : l'épicéa (*Picea excelsa*), le genévrier (*Juniperus communis*) et le cyprès bleu d'Arizona (*cupressus glabra*). Les deux premiers sont communs dans les environs du Vouglans, le troisième possède des rameaux formant un réseau à la fois fin et aéré, ce qui le rendait, à priori, intéressant à tester. Ces trois espèces sont employées sous forme de branchages d'un mètre de long, fixés au grillage de la frayère artificielle par des attaches rapides (photos 6, 7).

2.4.2 Les substrats en matière synthétique

Nous avons expérimenté des treillis plastiques enkamat 7225, utilisés généralement pour stabiliser les terrains (photo 8). Ces treillis se présentent sous forme de rouleaux de deux mètres de largeur. Ils ont été découpés en bande de 4 mètres, soit 8 m² de surface.

Du gazon artificiel en plastique, de la marque Astrotruff, en 0,90 mètre de largeur et des plantes artificielles en plastique, fixées en un caillebotis ont également été testées pour leurs aptitudes à servir de substrat de fraie.

Tous ces matériaux synthétiques sont fixés au grillage de la frayère par des attaches rapides.

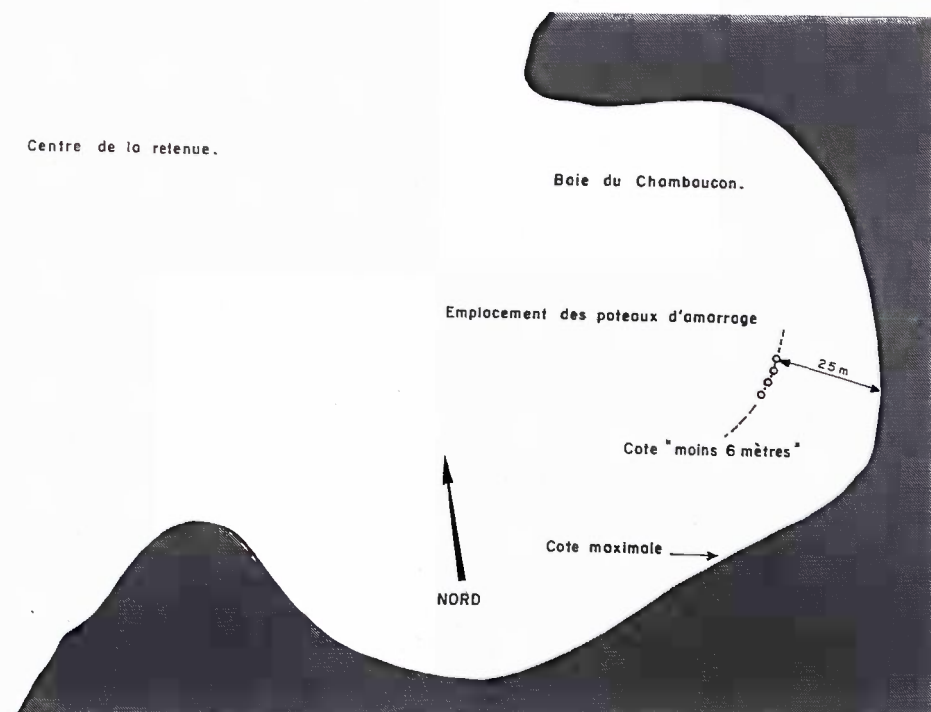


Fig. 5. Détail de l'emplacement de l'amarrage des frayères artificielles flottantes au Vouglans en 1987.

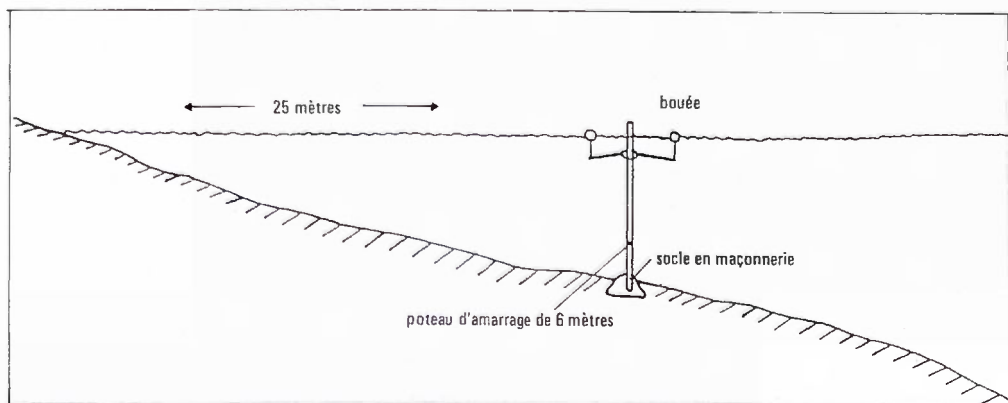


Fig. 6. Présentation et amarrage des frayères artificielles flottantes, vues en coupe, lorsque le niveau de la retenue du Vouglans est à son maximum. 1987.

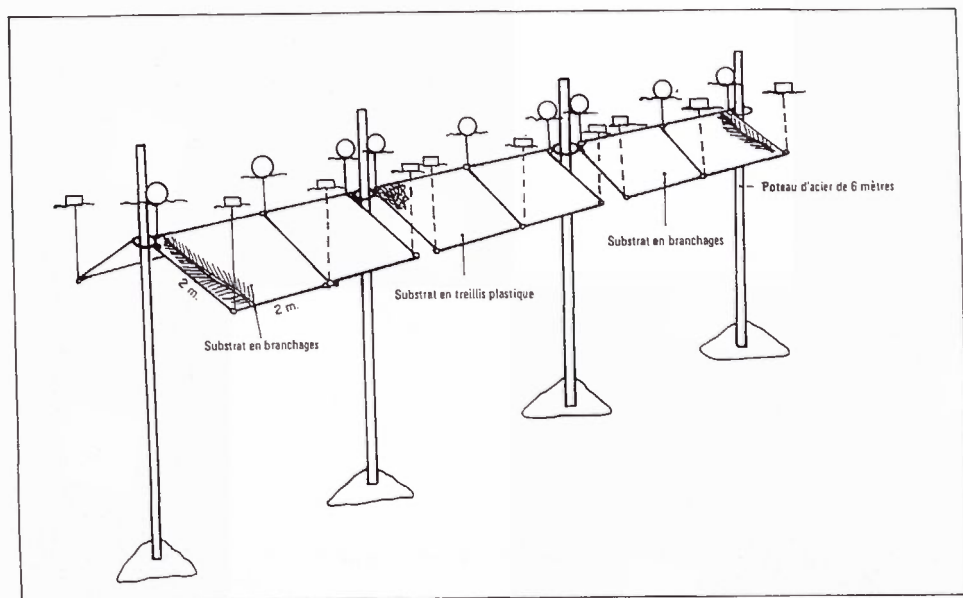


Fig. 7. Montage et présentation des 3 frayères artificielles flottantes de 16 mètres carrés chacune. Amarrage sur des poteaux en acier, seules les barres d'acier de l'armature des frayères ont été représentées. Expérimentation de 1987 au Vouglans.

3. Le fonctionnement des frayères artificielles flottantes : observation des pontes. Estimation de la densité et de la survie des œufs

3.1. Frayères artificielles expérimentées en 1986 et 1987 sur le brochet dans la retenue du Vouglans, le lac du Bourget et le lac Léman

3.1.1. Plan des expérimentations

Les sites choisis

Les raisons du choix de la retenue du Vouglans sont exposées précédemment. En fin 1986 et en 1987, le niveau du réservoir a varié d'une

dizaine de mètres pendant les essais des frayères artificielles. En 1986, le niveau s'est maintenu une quinzaine de mètres en dessous de la cote maximale en mars. Il est remonté très rapidement en avril puis s'est maintenu constamment élevé ensuite (Fig. 2).

En 1987, le réservoir est presque rempli vers la mi-mars. Le niveau décroît ensuite de 6 mètres. En avril il remonte, atteint presque la cote maximale, puis il fluctue de façon irrégulière sur quelques mètres (Fig. 3).

Le lac du Bourget (Fig. 10), lac naturel, subit une fluctuation de niveau de l'ordre du mètre. En 1986 le niveau très bas en janvier, est remonté pendant l'hiver et le printemps. En avril, le lac est à sa hauteur maximale.

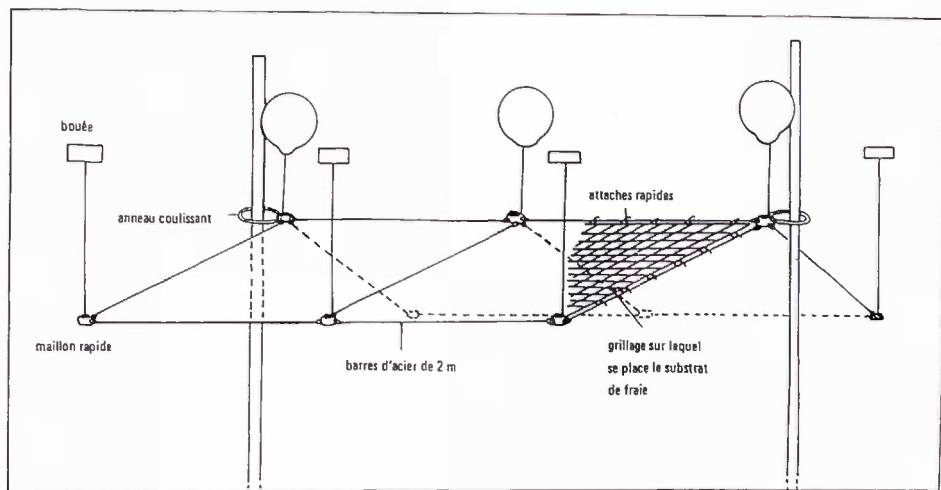


Fig. 8. Plan de l'armature des frayères artificielles flottantes expérimentées en 1987.

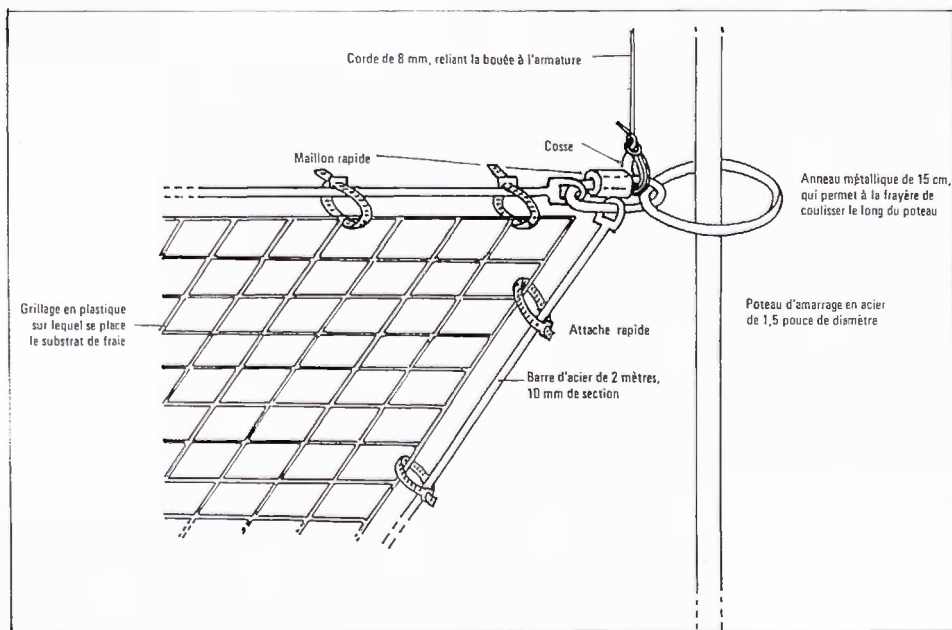


Fig. 9. Détail de l'armature d'une frayère artificielle flottante.

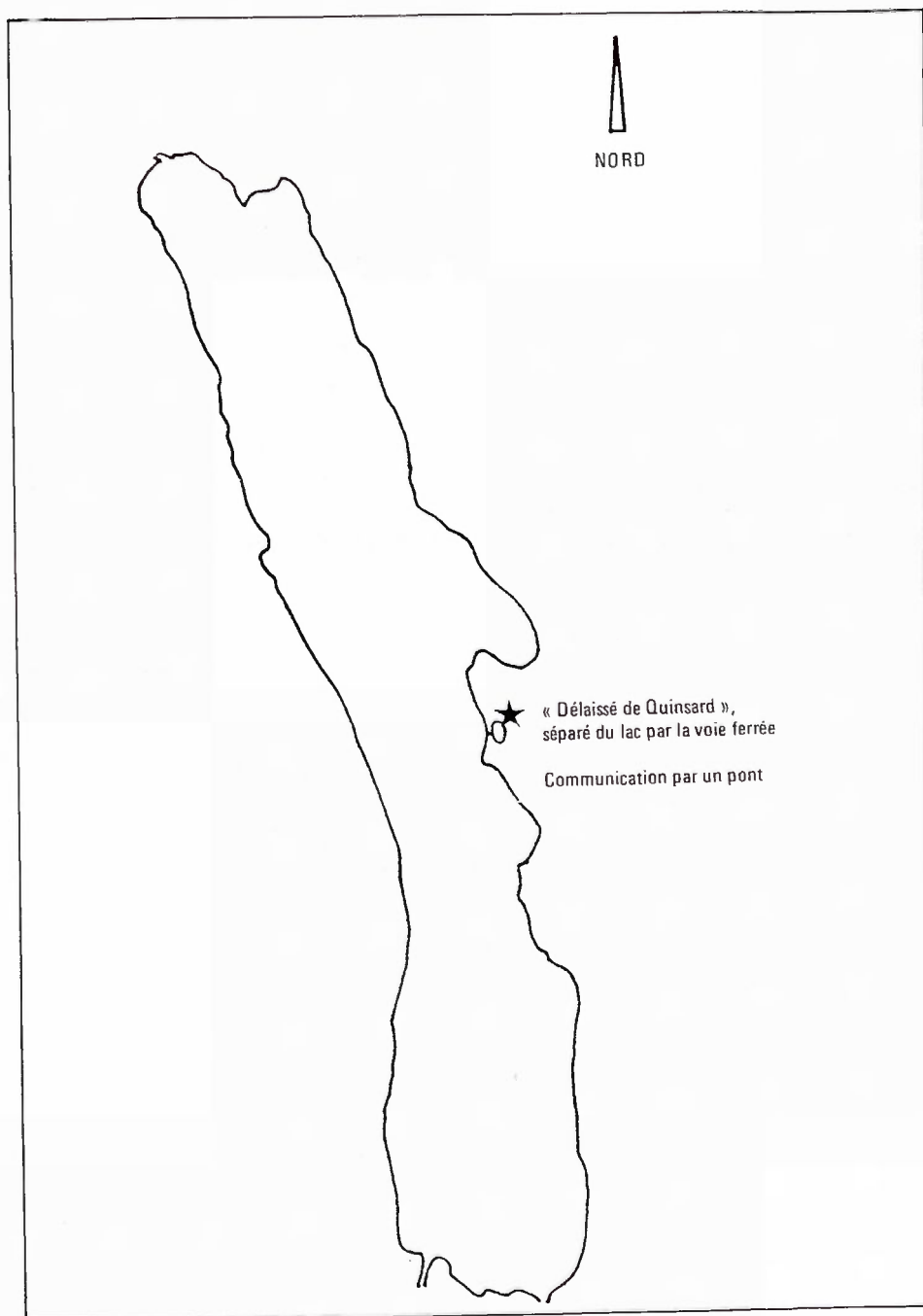


Fig. 10. Emplacement des frayères expérimentées au lac du Bourget.

En 1987, les fluctuations du niveau du lac ont une plus grande amplitude qu'en 1986. Les eaux baissent pendant le mois de mars. Les pluies provoquent ensuite une élévation en avril, mai et surtout en juin. Le niveau de l'eau s'élève de plus d'un mètre au-dessus de la normale à la fin du mois de juin.

Le site choisi pour expérimenter des frayères à Brochet est le délaissé de Quinsard où l'on observe chaque année, des géniteurs de brochet à l'époque de la fraie. Nous avons bénéficié de l'aide et l'expérience des gardes de la DDA de Savoie qui ont rassemblé de nombreuses observations sur les habitudes des poissons du lac.

Le lac léman (Fig. 11), lac naturel, subit une fluctuation de niveau de l'or-

dre de 50 cm. Le niveau baisse en janvier et février, puis il remonte très lentement en avril et en mai. Trois sites ont été choisis pour expérimenter des frayères artificielles destinées aux brochets en 1986 et un en 1987 :

— *la roselière de St Joseph du lac*, située dans le petit lac, à proximité de la frontière suisse. Il s'agit de la dernière roselière existant sur la zone française. Elle est protégée des vagues du large par un enrochement et son accès est interdit (1986),

— *le port de l'INRA*, situé dans la baie de Thonon (1986),

— *les canaux de Port ripaille*, il s'agit d'un réseau artificiel de canaux, couvrant plusieurs hectares, situé à proximité de l'embouchure de la Dranse (1986 et 1987).

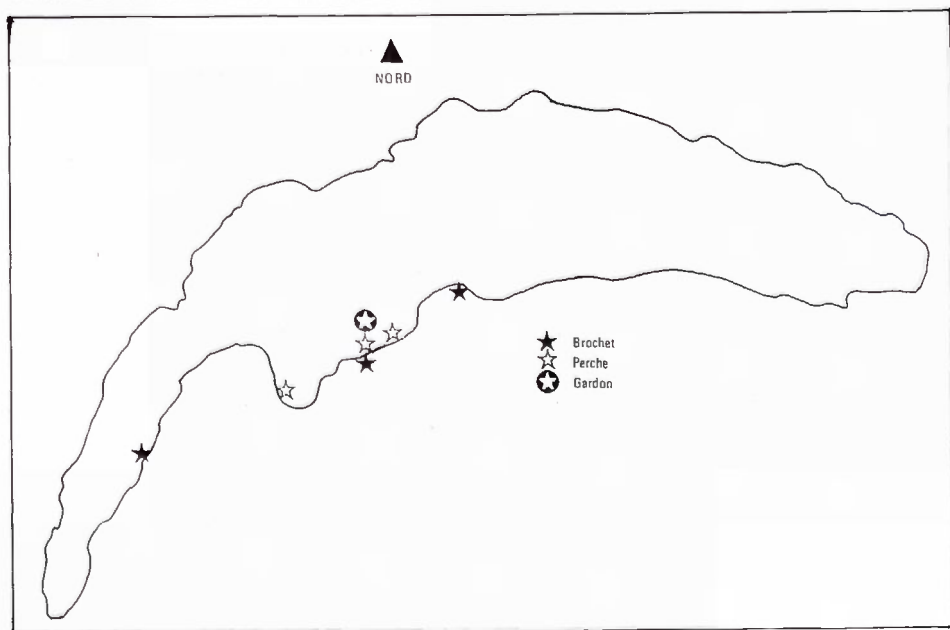


Fig. 11. Emplacement des sites expérimentaux où sont expérimentées les frayères artificielles dans le Léman.

Modèles de frayères artificielles expérimentées

En 1986, sur chacun des sites, deux frayères flottantes, l'une de 4 m² en branches d'épicéa et l'autre de 10 m² en treillis enkamat 7225, ont été installées au début du mois de mars, c'est-à-dire un peu avant le commencement de la fraie du brochet dans ces milieux.

L'armature de ces frayères est réalisée avec du grillage, des perches en bois et des lests (figs. 12 et 13).

Au Vouglans, le système d'amarrage est celui décrit précédemment. Sur les autres sites, où les variations du niveau sont inférieures au mètre, les frayères sont reliées à un corps mort. Au Bourget, une frayère de 4 m² en épicéa est déposée sur le fond sous 0,5 m d'eau.

L'armature du modèle de frayère artificielle expérimentée en 1987 est décrite précédemment, de même que le système d'amarrage utilisé au Vouglans.

Dans ce réservoir, trois frayères de 16 m² chacune sont fixées aux poteaux d'amarrage. Le substrat de la première frayère est composé de branches d'épicéa; celui de la deuxième comprend des branchages d'épicéa, de genévrier et de cyprès. Le substrat de la troisième frayère est réalisé en matériaux synthétiques : 8 m² de treillis enkamat 7225, 4 m² de gazon astroturf et 4 m² de plantes artificielles en plastique.

Au Bourget, une frayère flottante de 16 m² est composée de branches d'épicéa. Une autre frayère, placée directement sur le fond est constituée

pour 1/3 d'épicéa, 1/3 de cyprès et 1/3 de buis.

Au Léman, sur le site de Port Ripaille, une frayère flottante de 16 m², composée de branchages d'épicéa, de cyprès et de genévrier est expérimentée en 1987.

Durée des expérimentations

Les frayères sont mises en place au mois de mars. Au Léman en 1986 et sur les trois lacs en 1987, les frayères sont laissées dans l'eau jusqu'à la fin du printemps pour observer les différentes espèces de poissons qui viennent successivement y déposer leurs œufs. Chaque frayère est inspectée régulièrement et nettoyée lorsqu'un dépôt s'est formé sur le substrat de fraie.

3.1.2. Bilan des résultats obtenus en 1986 et 1987 pour le brochet au Vouglans

Des œufs de brochets sont observés sur les frayères artificielles le 23.04.86 et le 22.04.87. Les frayères avaient été installées un mois plus tôt (voir tableau page suivante).

Des œufs de brèmes le 7.05 puis des œufs de gardons le 14.05 sont récoltés sur les frayères artificielles.

3.1.3. Bilan des résultats obtenus en 1986 et 1987 pour le brochet au Bourget

En 1986, des œufs de brochets sont observés le 10.04 sur les branches d'épicéa. Aucun œuf n'est présent sur le substrat artificiel en treillis enkamat.

En 1987, des œufs de brochet sont observés le 1.04, le 9.04 et le 15.04,

Densité et survie des œufs de brochets au Vouglans

Substrat	Densité	Survie et stade embryonnaire
Epicea 1986	455/m ²	96,3 % (bourgeon caudal)
Enkammat 1986	57/m ²	100 % (bourgeon caudal)
Epicea installé le 16.04.87	111/m ²	100 % (bourgeon caudal)
Substrats installés 1 mois avant la fraie (17.03.87) :		
Epicea *	1154/m ²	92,3 % (bourgeon caudal)
Genevriers *	742/m ²	80,0 % (bourgeon caudal)
Cypres*	330/m ²	68,4 % (bourgeon caudal)
Enkammat*	711/m ²	70,6 % (bourgeon caudal)
* Substrats de fraie envasés		

sur les branches d'épicéa et de genévriers. Aucun œuf n'est détecté, aux mêmes dates, sur les branches de buis ou de cyprès.

3.1.4. Bilan des résultats obtenus en 1986 et 1987 pour le brochet au Léman

En 1986, aucun œuf de brochet n'a été observé sur les frayères artificielles installées dans le port de l'INRA et à St Joseph du lac. Dans les canaux de Port Ripaille, la présence de quelques œufs blancs, le 6.05,

laisse supposé que des œufs ont été déposés depuis le contrôle précédent, le 24.04 et qu'ils ont eu le temps d'éclore.

A la fin du printemps, des œufs de gardons, de tanches, de brèmes et de perches sont déposés sur les frayères installées dans les trois sites.

En 1987, des frayères sont expérimentées uniquement à Port Ripaille.

Des œufs de brochets sont observés le 22.04 et le 27.04.87 puis des œufs de brèmes et de perches au début de mai.

Densité et survie des œufs de brochets au Bourget en 1987

Substrat et date	Densité	Survie et stade embryonnaire
Epicea 1.04 (sur le fond)	78,6/m ²	95 % (bourgeon caudal)
Epicea 9.04 (frayère flottante)	243/m ²	98 % (blastula)
Epicea 9.04 (sur le fond)	162/m ²	96,8 % (blastula)
Epicea 15.04 (frayère flottante)	126/m ²	88,9 % (blastula et bourgeon caudal)
Epicea 15.04 (sur le fond)	110/m ²	88,9 % (blastula et bourgeon caudal)

Densité et survie des œufs de brochets au Léman en 1987

Substrat de ponte		Densité	Survie et stade embryonnaire
Epicea	22.04	133 /m ²	79,3 (blastula)
Genévriers	22.04	28,6/m ²	—
Cyprés	22.04	0,9/m ²	—
Epicea	27.04	173/m ²	89;7 (bourgeon caudal)
Genévrier	27.04	60/m ²	—

3.2. Frayères artificielles flottantes expérimentées pour la perche et le Gardon sur le lac Léman en 1984-1985, 1986 et 1987

3.2.1. Site expérimental

Les frayères sont installées en bordure du port de l'INRA, dans la baie de Thonon. Les perches viennent se reproduire dans la zone littorale, dans une gamme de profondeur comprise entre 3 et 8 mètres de fond. Les gardons viennent frayer dans les rochers qui bordent le port dans une gamme de profondeur allant de 0,1 à 1,5 m (Fig. 14).

3.2.2. Frayères artificielles destinées à la perche.

Des frayères sont installées sur le fond, à 4 m de profondeur, à 90 m du bord, dans la zone des frayères naturelles de la perche. Elles sont destinées à servir de témoin aux frayères flottantes.

Des frayères flottantes sont installées 4 m sous la surface, à une profondeur de 8 mètres, à 200 mètres du bord en 84, 86 et 87, ainsi qu'à 12 mètres de profondeur, à 250 m du bord en 84 et 86, ou à 15 m de fond en 1985.

En 1984 et 85, deux types de frayères artificielles sont expérimentées :

- des branchages de feuillus disposés de façon buissonnante (Fig. 15)

- des rouleaux de grillage de 15 cm de maille, disposés en accordéon (Fig. 16)

En 1986 et 1987, les branchages sont fixés sur un grillage qui constitue l'armature des frayères artificielles (Fig. 17).

Les frayères expérimentées pour la perche sont visitées en plongée toutes les semaines. Les fraies sont dénombrées et des échantillons sont collectés afin de déterminer les pourcentages de survie embryonnaire et la largeur des rubans, corrélés à la taille des femelles.

Chaque année, nous observons un plus grand nombre de fraies sur les frayères artificielles posées sur le fond, à 4 m que sur les frayères pélagiques situées au-dessus de fond de 8, 12 ou 15 mètres, 4 mètres sous la surface de l'eau. (tableaux 1-2-3-4).

Dans tous les cas (type de substrat ou mode de présentations), les pontes présentent des pourcentages

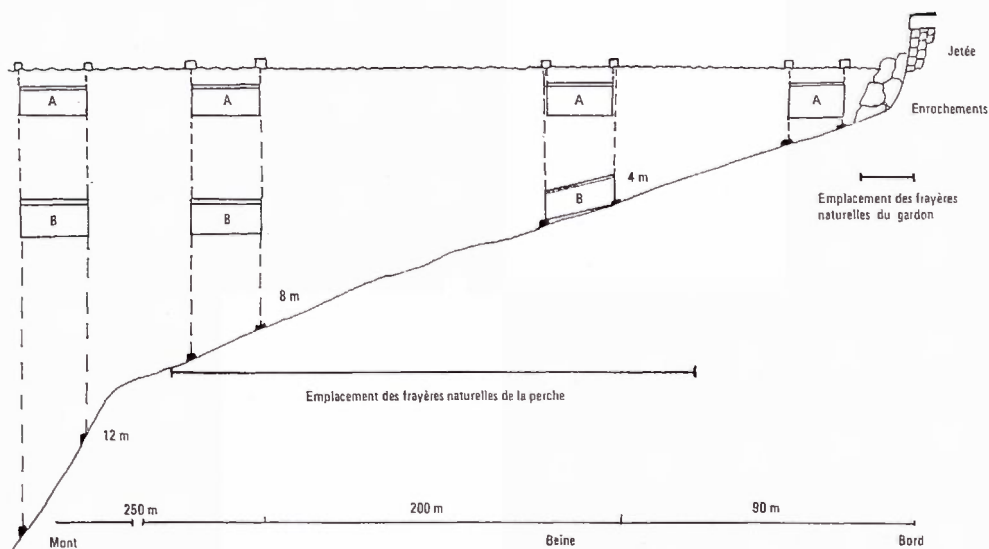


Fig. 14. Disposition des frayères artificielles testées dans le Léman en 1986 : A : pour le gardon, B : pour la perche.

de fécondation et de survie embryonnaire très élevés à tous les stades du développement. Chaque année, la largeur des fraies observées sur les frayères pélagiques est voisine de celles de fraies observées sur le fond (tableaux 5-6-7-8) et les rythmes d'apparition des pontes sont les mêmes quelle que soit la présentation des frayères (tableaux 1-2-3-4). La même population de géniteurs semble donc fréquenter indistinctement les frayères littorales ou les frayères artificielles pélagiques.

L'attractivité de chaque type de frayère artificielle est relativement constante d'une année sur l'autre. Les densités en chaînes d'œufs sont d'environ 25 pour un fagot immergé à 4 m de fond. Pour un grillage immergé à 4 m elles sont d'une dizaine de chaînes. En 85 et 86, les frayères pé-

lagiques donnent des résultats pratiquement identiques. (tableau 13).

Cependant, la population de géniteurs évolue au cours de ces quatre années d'études car la largeur des chaînes d'œufs récoltés augmente régulièrement entre 84 et 86. Cela signifie que la population de femelle vieillit (Fig. 18). Il s'agit essentiellement de la même cohorte d'animaux, nés en 1982. En effet, malgré les taux de fertilisation élevés observés chaque année, la reproduction de la perche dans le lac Léman ne réussit que certaines années, en raison des conditions climatiques régnant pendant la fraie et surtout pendant les premières semaines de vie larvaire. Pendant les 4 années d'études, seul le printemps 1985 réunit les conditions climatiques permettant une bonne reproduction de la perche

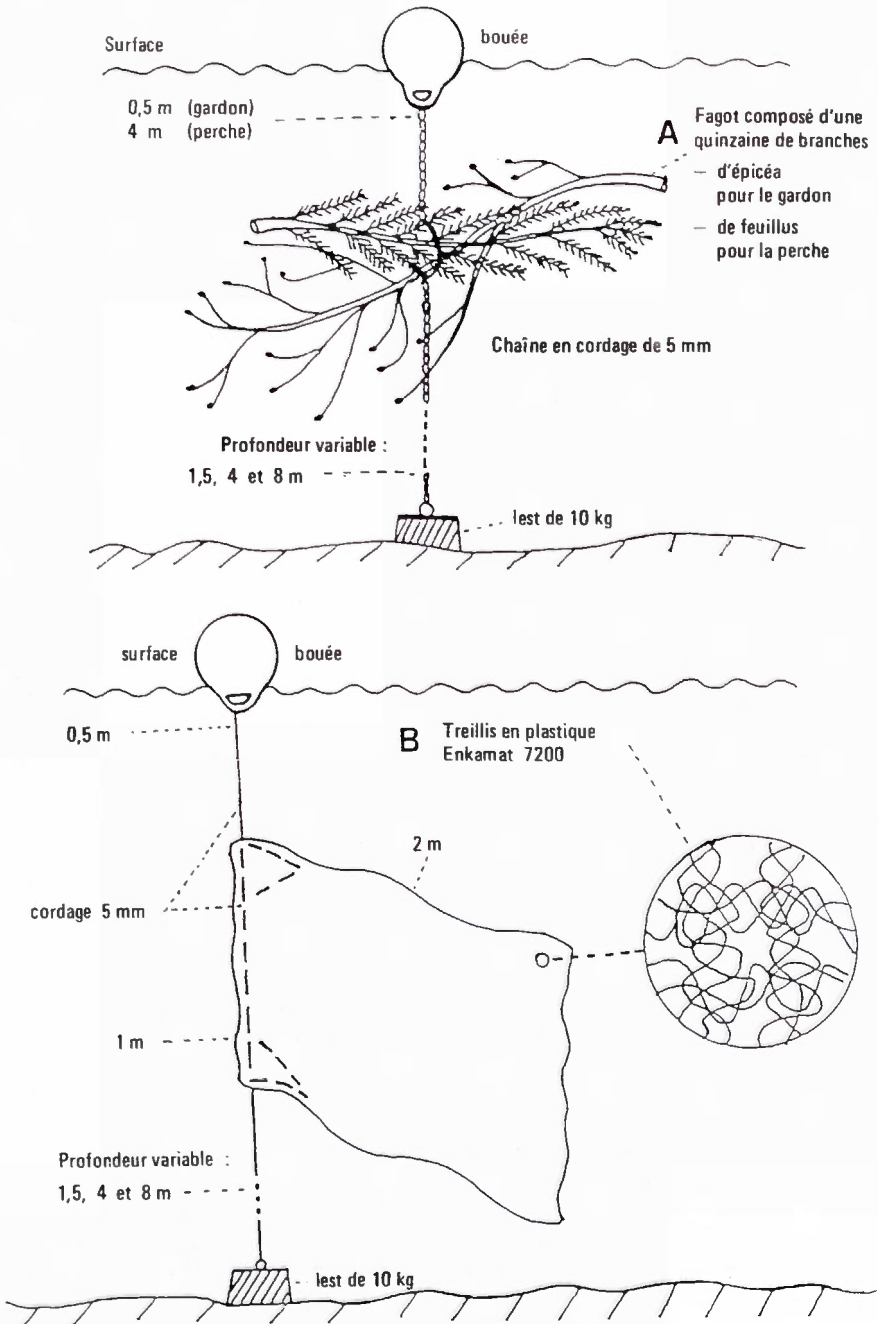


Fig. 15. Schéma des frayères artificielles flottantes testées pour le gardon et la perche en 1984 et 1985.

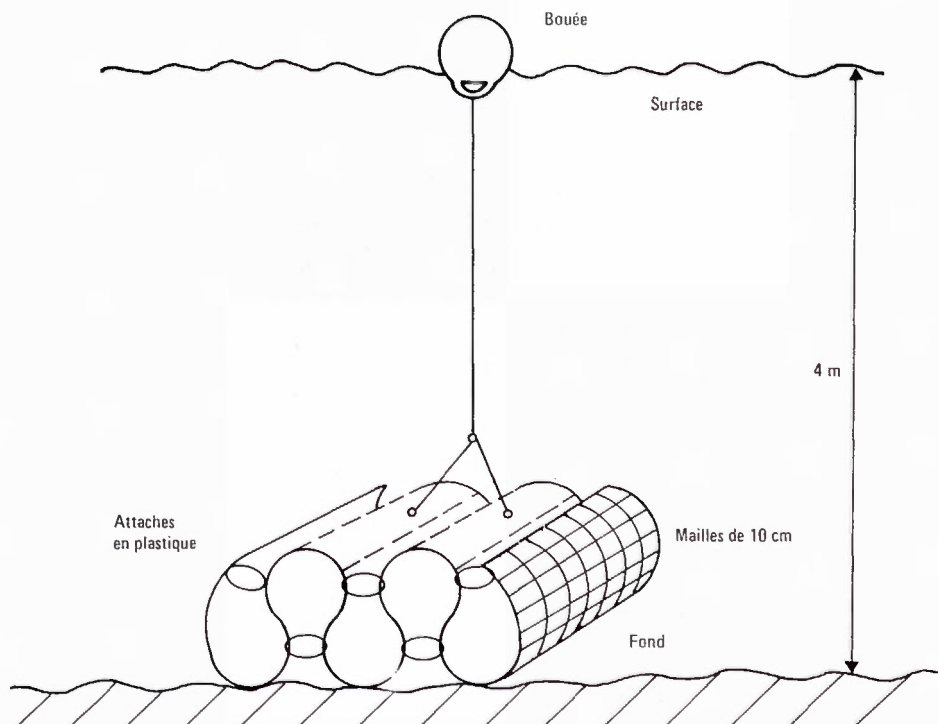


Fig. 16. Grillage disposé en accordéon, expérimenté comme frayère artificielle pour la Perche.

(Fig. 19). Ces poissons se reproduisent pour la première fois en 1987 (Fig. 18).

3.2.3. Frayères artificielles destinées au gardon

Des frayères sont installées à proximité immédiate des frayères naturelles, 0,5 m sous la surface, par 1,5 m de fond.

Des frayères flottantes sont installées 0,5 m sous la surface, sur des fonds de 6 mètres en 1984, au-dessus de fonds de 4 et 8 m en 85, par 4 et 12 m de fond en 86 et par 8 m de fond en 87.

En 1984, deux types de substrats sont expérimentés :

- des branches de conifère (épicéa et if) disposées en fagot (Fig. 15).

- des treillis en plastique enkammat 7200, accrochés à un cordage (Fig. 15).

En 1985, les branches de conifère sont disposées verticalement, en claie, le long d'une perche (Fig. 17).

En 1986 et 1987, les branches de conifère (épicéa, genévrier et cyprès) sont fixées sur un grillage qui constitue l'armature de la frayère (Fig. 12). Les treillis en plastique enkammat 7225, sont installés sur des perches qui constituent l'armature de la frayère (Fig. 13).

A partir du déclenchement de la reproduction du gardon, des échantil-

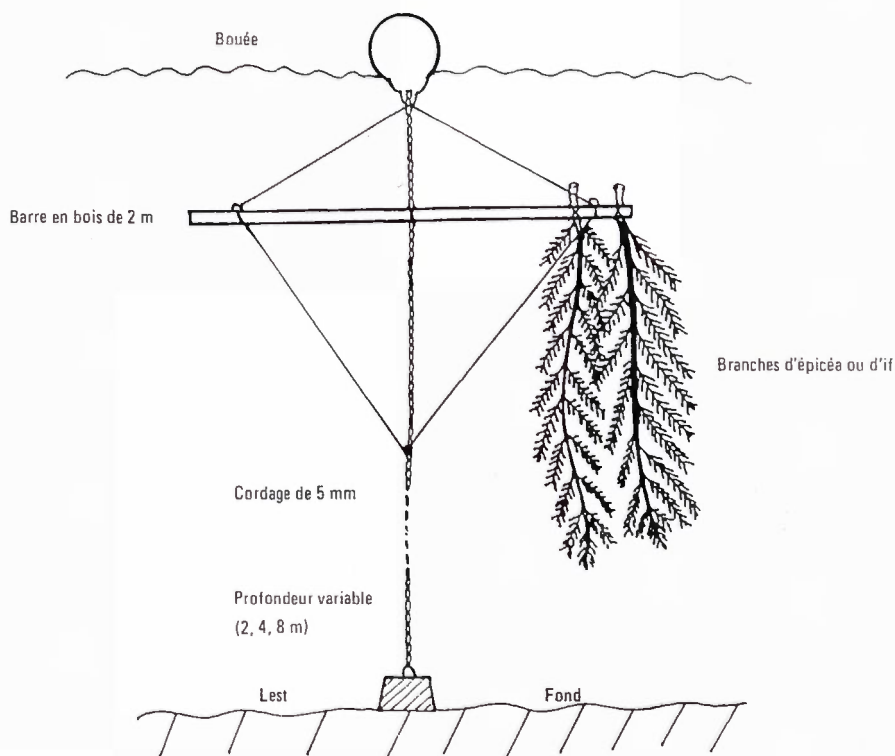


Fig. 17. Schéma des frayères artificielles flottantes sous forme de claie, expérimenté pour le Gardon.

lons de chaque frayère sont collectés tous les jours et placés dans du fixateur de stockar. Ultérieurement la densité des œufs et les pourcentages de survie sont calculés.

Parallèlement à ces observations, la température de la surface de l'eau est enregistrée en continu ainsi que la force du vent.

Pour les deux types de substrats artificiels expérimentés (branches d'épicéa et treillis plastique), les densités d'œufs observés en fin de fraie, sont chaque année sensiblement les mêmes sur les frayères flottantes et sur les frayères installées sur le bord

(tableaux 9, 10, 11, 12 et 14). Dans tous les cas la survie des œufs jusqu'au stade oeillé est très importante. Cela signifie que la fécondation et le développement embryonnaire se déroulent parfaitement sur les deux substrats artificiels utilisés y compris en milieu pélagique. Les densités d'œufs restent comparable pendant tout le développement embryonnaire. La prédation des œufs de même que leur arrachement ne prennent pas des proportions importantes sur les frayères artificielles dans le Léman.

Pour chaque substrat, les densités d'œufs varient considérablement d'une année sur l'autre. En 1985, les

Tableau 1 – Nombre de fraies de perches sur différents types de frayères artificielles dans le Léman.

Type de frayère artificielle		26/04/84	02/05/84	03/05/84	05/05/84	07/05/84	13/05/84
4 m sur le fond	Fagot	0	3	6	7	-	23
	Fagot	-	2	5	10	-	23
	Fagot	-	2	3	-	-	20
	Grillage	1	1	2	-	-	13
	Grillage	-	-	3	6	-	8
Flottant - 4 m sous la surface par 8 m de fond	Fagot	-	0	0	1	5	4
	Fagot	-	0	0	0	2	2
	Grillage	-	-	0	1	0	0
Flottant - 4 m sous la surface par 12 m de fond	Fagot	-	-	1	3	-	0
	Fagot	-	0	0	0	-	1

Tableau 2 – Nombre de fraies de perches sur différents types de frayères artificielles dans le Léman.

Type de frayère artificielle		05/05/85	09/05/85	13/05/85	15/05/85	17/05/85	23/05/85	29/05/85
4 m sur le fond	Fagot	1	4	7	6	-	25	-
	Fagot	0	4	11	12	-	31	30
	Grillage	0	1	1	1	-	15	12
	Grillage	-	-	1	1	-	9	-
Flottant - 4 m sous la surface par 8 m de fond	Fagot	0	0	0	0	0	4	10
	Fagot	0	0	0	détruit	-	-	-
	Grillage	-	-	-	0	1	1	0
Flottant - 4 m sous la surface par 15 m de fond	Fagot	0	0	0	1	1	2	4
	Fagot	-	détruit	-	-	-	-	-

densités d'œufs sur les frayères sont très inférieures à celles observées en 1984 et surtout en 1986. Ce phénomène peut s'expliquer par l'arrivée d'un refroidissement immédiatement après le début de la fraie. Dans ces conditions une partie importante de la population de femelle regagne des

zones plus profondes sans frayer. En 1986 et 87, le mauvais temps survient 3 ou 4 jours après le début de la fraie. La fraction de la population qui ne s'est pas reproduite avant l'arrivée du mauvais temps frayera plus profondément (des œufs ont été observés à 4 m de profondeur). Le rythme des

Tableau 3 – Nombre de fraies de perches sur différents types de frayères artificielles dans le Léman.

Type de frayère artificielle		06/05/86	09/05/86	12/05/86	16/05/86	20/05/86
4 m sur le fond	Fagot	4	5	13	18	25
	Claie A	-	-	-	15	27
	Claie B	0	1	6	15	28
	Grillage	0	1	1	3	10
Flottant - 4 m sous la surface par 8 m de fond	Claie A	-	-	3	3	10
	Claie B	-	-	4	4	12
Flottant - 4 m sous la surface par 12 m de fond	Claie A	-	-	0	1	4
	Claie B	-	-	-	2	4

Tableau 4 – Nombre de fraies de perches observées sur différentes frayères artificielles en branchage dans le Léman en 1987. A : posées sur le fond à 4 m. B : flottant 4 m sous la surface par 8 m de fond. Différents attractifs ont été expérimentés.

		MAI 1987								JUN 1987						
Type de frayères		1 . 2 . 4 . 8 . 9 . 11 . 15 . 20 . 25								1 . 8 . 9 . 12 . 16						
A	Témoïn	1	1	2	13	8	11	11	16	8	11	6	6	0	1	1
	Témoïn	2						2	10	-	12	8	0	1		
	Attractif =	3						6	9	17	13	8	2	2		
	Sperme	4						4	6	15	15	6	2	2		
	Attractif =	5						5	8	6	8	7	-			
	17ahydroxy20Bdihydroprogesterone	6						4	6	6	-	-				
B	Témoïn	7				3	3	-	3	1	3	2				
	Témoïn	8					1	-	3	1	3	2				
	Attractif =	9					0	-	1	1	2	2				
	Sperme	10					0	-	1	2	2	1				
	Attractif =	11					-	-	1	2	-	6				
	17ahydroxy20Bdihydroprogesterone	12					-	-	0	2	-	4				

Tableau 5 – Pourcentage de fécondation et largeur des fraies de perches en 1984 sur différents types de frayères artificielles et naturelles dans le Léman. Nombre d'observations entre parenthèse.

Type de frayère artificielle	Pourcentage de fécondation à différents stades du développement					Largeur des fraies (mm)
	Blastula	Epibolie	Bourgeon caudal	Oeillé	Moyenne	
Sur les frayères naturelles 3 - 5 m de fond	89,76 (2)	93,58 (6)	96,54 (10)	97,34 (5)	95,35 (23)	33,00 (8)
Fagot sur le fond par 4 m	94,87 (8)	89,87 (2)	95,65 (8)	96,86 (10)	95,82 (29)	31,92 (12)
Grillage sur le fond par 4 m	90,99 (10)	92,78 (3)	100 (1)	- (0)	92,01 (14)	23,17 (12)
Fagot 4 m sous la surface par 8 à 15 m de fond	-	-	-	-	96,20 (4)	-

Tableau 6 – Pourcentage de fécondation et largeur des fraies de perches en 1985 sur différents types de frayères artificielles et naturelles dans le Léman. Nombre d'observations entre parenthèse.

Type de frayère artificielle	Pourcentage de fécondation à différents stades du développement					Largeur des fraies (mm)
	Blastula	Epibolie	Bourgeon caudal	Oeillé	Moyenne	
Sur les frayères naturelles 3 - 5 m de fond	0	97,08 1	98,07 (11)	99,56 (9)	98,66 (21)	38,27 (15)
Fagot 4 m sur le fond	92,59 (11)	93,33 (10)	96,15 (17)	96,47 (3)	94,53 (41)	37,10 (34)
Grillage sur le fond par 4 m	96,54 (6)	93,18 (2)	95,38 (7)	97,95 (15)	96,75 (30)	32,42 (26)
Fagot 4 m sous la surface par 8 à 15 m de fond	86,31 (6)	96,15 (1)	96,48 (4)	99,67 (3)	92,78 (14)	30,06 (14)

Tableau 7 – Pourcentage de fécondation et largeur des fraies de perches en 1986 sur différents types de frayères artificielles dans le Léman. Nombre d'observations entre parenthèse.

Type de frayère artificielle		Pourcentage de fécondation à différents stades du développement					Largeur des fraies (mm)
		Blastula	Epibolie	Bourgeon caudal	Oeillé	Moyenne	
Sur le fond par 4 m	Fagot	97,6 (10)	97,14 (7)	96,07 (14)	98,63 (8)	97,18 (39)	50,44 (34)
	Grillage	97,43 (7)	100,00 (2)	97,43 (7)	99,25 (4)	98,05 (20)	50,58 (12)
	Claie	96,71 (17)	96,60 (5)	96,00 (14)	99,50 (14)	97,28 (50)	46,96 (36)
Flottant 4 m sous la surface par 8 m de fond	Claie	97,92 (13)	99,00 (1)	98,50 (8)	98,91 (11)	98,42 (33)	41,91 (23)
	Claie	94,75 (4)	91,33 (3)	97,00 (2)	97,50 (2)	94,73 (11)	44,50 (10)

Tableau 8 – Pourcentage de fécondation et largeur des fraies de perches en 1987 sur différents types de frayères artificielles en branchage. Nombre d'observations entre parenthèses.

Type de frayère artificielle		Pourcentage de fécondation à différents stades du développement					Largeur des fraies (mm)
		Blastula	Epibolie	Bourgeon caudal	oeillé	Moyenne	
Sur le fond par 4 m		96,44 ± 0,46 (80)	96,35 ± 0,69 (20)	97,41 ± 0,31 (44)	98,46 ± 0,35 (13)	96,87 ± 0,27 (157)	29,44 ± 1,34 (160)
Flottant 4 m sous la surface par 8 m de fond		96,64 ± 0,75 (14)	90,33 ± 1,20 (3)	97,33 ± 0,53 (12)	98,60 ± 0,68 (5)	96,62 ± 0,52 (34)	28,19 ± 2,61 (32)

ovulations de ces poissons est très lent. En juin 1987, 4 semaines après le début de la fraie, nous avons capturé des femelles de gardons en cours d'ovulation et en fin de vitellogénèse.

Malgré les faibles densités d'œufs observés, la génération de gardons issue de la fraie de 1985 est beaucoup plus abondante que celles des trois autres années. En 1986, la bise du 12.06.86 détruit en 48 heures la

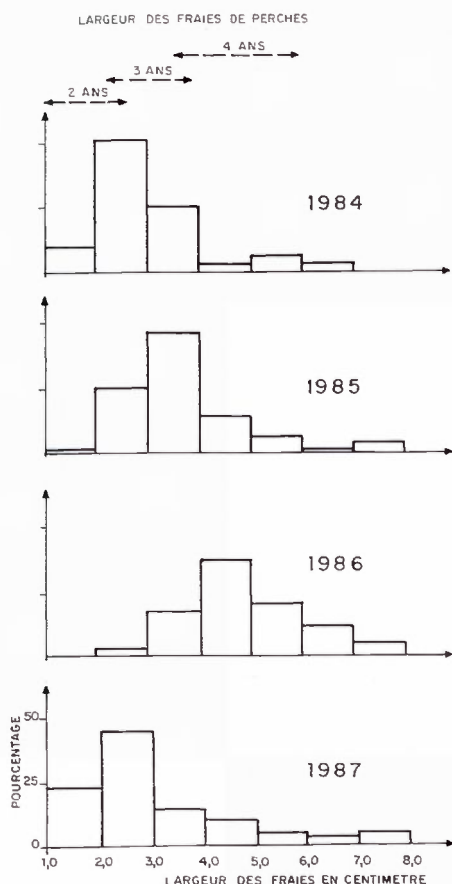


Fig. 18. Évolution de la largeur des fraies de Perches, observées sur des frayères artificielles flottantes, dans le Léman.

quasi-totalité des alevins de gardons (Fig. 19). Une quantité importante d'œufs embryonnés sur les frayères n'est donc pas une condition suffisante, ni même nécessaire, pour l'élaboration d'une cohorte importante chez le gardon.

4. Expérimentation sur la couleur du substrat des frayères et sur l'inclinaison des frayères. Essais sur le pouvoir attractif du liquide d'accompagnement des gamètes

4.1. Rôle de la couleur d'accompagnement du substrat

En 1985 et 1987, des treillis plastiques enkamat et des branchages sont peints de différentes couleurs : rouge, blanc, vert ou bleu. Après un mois de séchage, ces treillis ou branchages sont installés dans la zone littorale, à proximité des frayères naturelles des gardons du Léman, selon les présentations indiquées sur les figures 12 et 15.

Tous les substrats, quelles que soient leurs couleurs sont acceptés par les gardons comme frayère. La densité observée en 1987 sur les frayères de couleur rouge (treillis et conifères) est particulièrement importante (tableau 15).

4.2. L'inclinaison des frayères artificielles

En 1986 et 1987, des frayères artificielles flottantes en treillis et en branchages sont installées avec une inclinaison variable (horizontale, verticale, 45 °C) dans la zone littorale pendant la fraie des gardons du Léman. Les substrats inclinés à 45 °C ou verticaux sont toujours attractifs pour le gardon. Les substrats disposés à l'horizontal ne sont pas attractifs lorsqu'ils sont trop près de la

1982

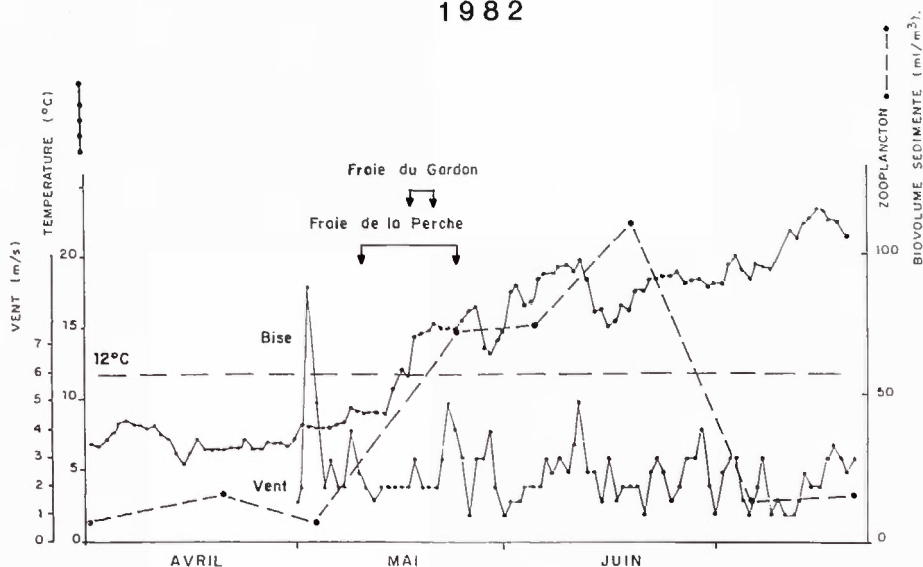


Fig. 19A. Évolution de la température de l'eau en surface (mesurée à 8 heure, valeur minimale du nycthemère), de la vitesse moyenne du vent et de la quantité de zooplancton au printemps dans le Léman en 1982.

1983

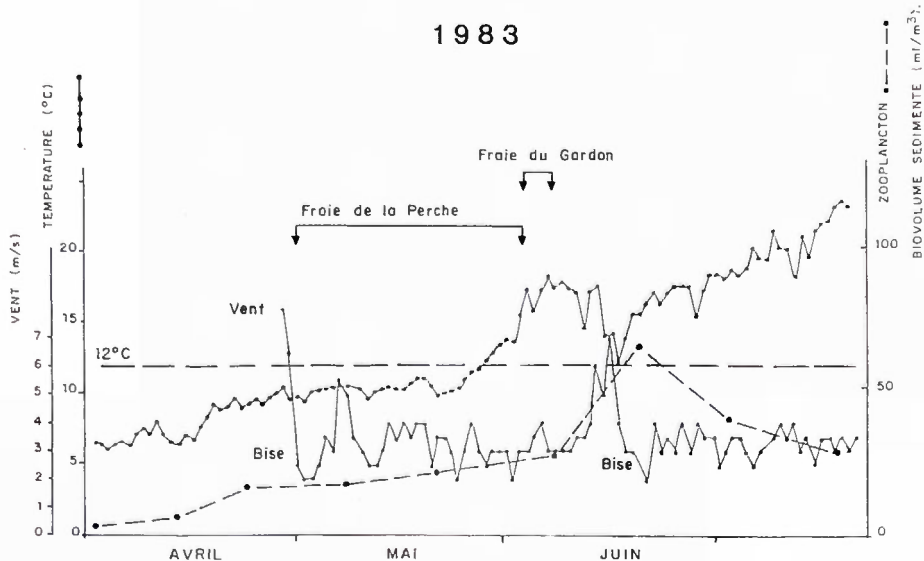


Fig. 19B. Évolution de la température de l'eau en surface (mesurée à 8 heure, valeur minimale du nycthemère), de la vitesse moyenne du vent et de la quantité de zooplancton au printemps dans le Léman en 1983.

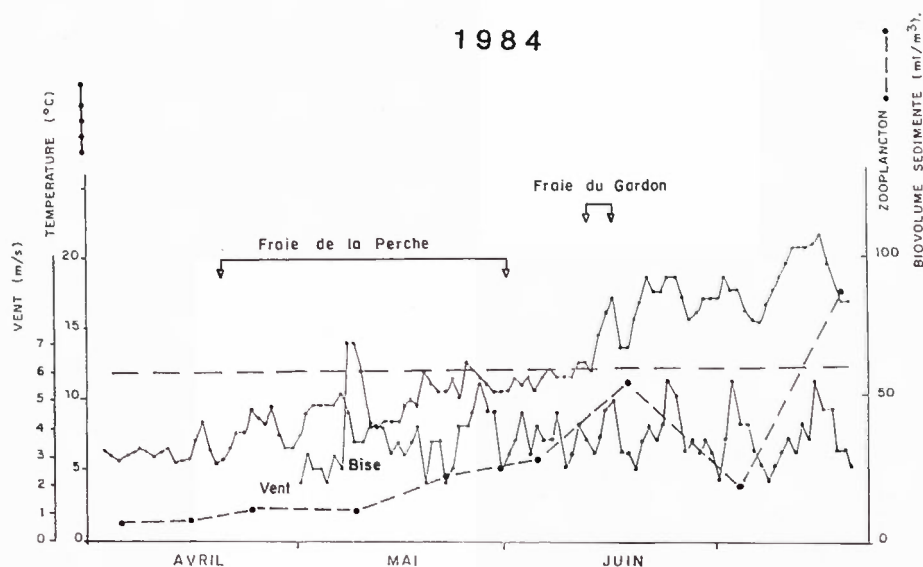


Fig. 19C. Évolution de la température de l'eau en surface (mesurée à 8 heures, valeur minimale du nyctémère) de la vitesse moyenne du vent et de la quantité de zooplancton au printemps dans le Léman en 1984.

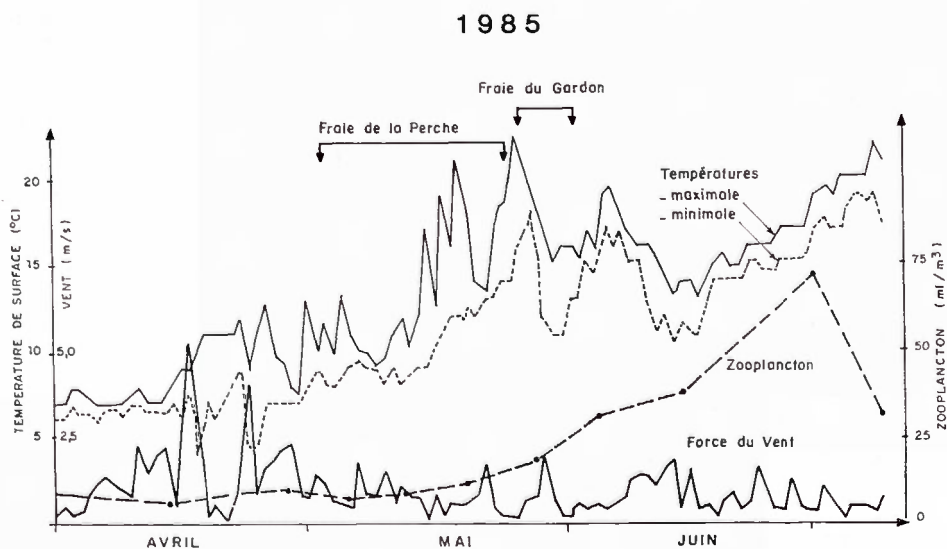


Fig. 19D. Évolution de la température de l'eau, de la vitesse du vent et du plancton dans le Léman en 1985.

1986

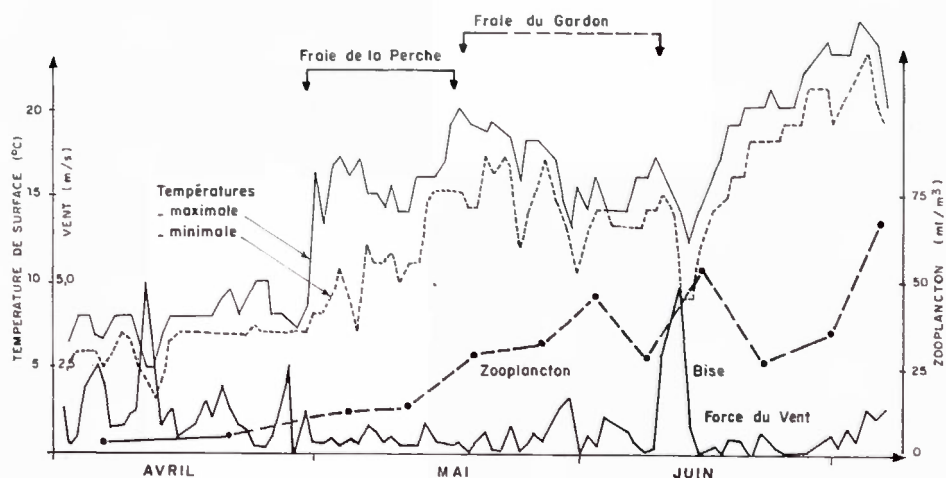


Fig. 19E. Évolution de la température de l'eau, de la vitesse du vent et du plancton dans le Léman en 1986.

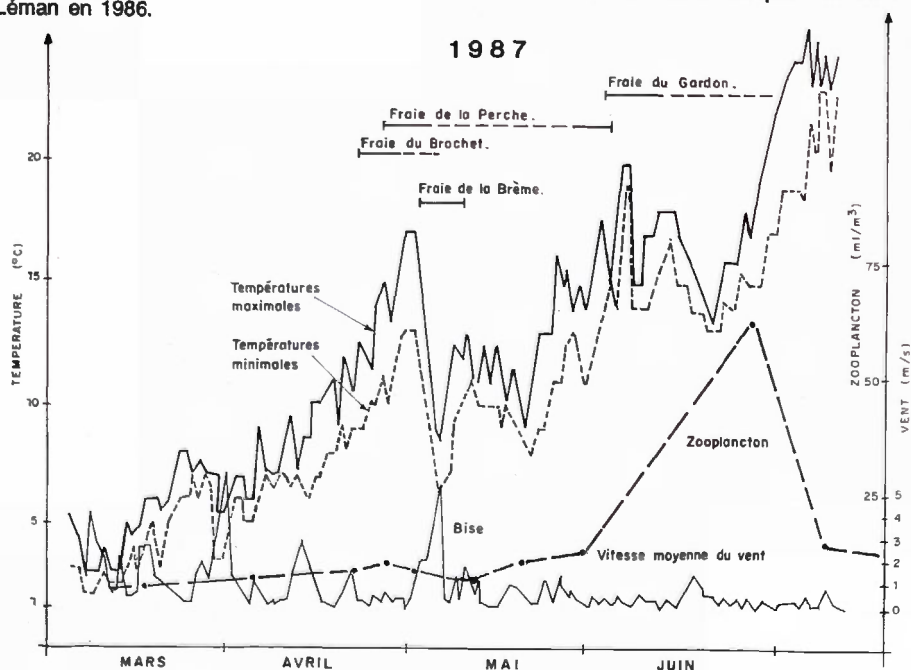


Fig. 19F. Évolution de la température de l'eau, de la vitesse moyenne du vent et du zooplancton dans le Léman en 1987.

surface (0,5 m ou moins). Cependant, ils sont tout aussi attractifs que les autres présentations lorsqu'ils sont immergés à un mètre de profondeur (tableau 16).

4.3. Rôle attractif des géniteurs et des liquides d'accompagnement des gamètes

En 1986 et 1987, une série d'expérimentation a été réalisée pour tester le pouvoir attractif des phéromones émises par les géniteurs. Ces substances seraient contenues dans le liquide d'accompagnement des gamètes (liquide séminal et ovarien). En 1986 des géniteurs de perches et de gardons ont été installés dans des cages métalliques, fixées le long de frayères artificielles flottantes, à 200 m du bord, par 8 m de fond, dans le Léman. En 1987, les géniteurs ont été remplacés par du liquide séminal, des ovules ou une hormone stéroïdienne, la 17α hydroxy 20β dihydroprogestérone, contenue dans le fluide ovarien. Ces substances ont été placées dans des tubes de 5 ml, fermés par une membrane hémiperméable et fixés le long des frayères flottantes par 8 m de fond. Pendant la fraie du gardon, l'expérience a été aussi réalisée sur une série de frayères posées sur le fond sous 1 m d'eau.

Pour la perche et le gardon, en 1986 comme en 1987, nous n'observons pas de différence entre les densités d'œufs sur les frayères témoins et sur les frayères garnies de géniteurs ou de substances phéromonales (voir tableaux 4 et 17).

4.4. Nature du périphyton rencontré sur les frayères artificielles

J.C. Druart, algologiste à l'INRA, a analysé la nature du périphyton, déposé en abondance sur le substrat des frayères artificielles à la fin du mois d'avril, au Bourget et dans la retenue du Vouglans. Le périphyton, dans les deux cas est composé d'un grand nombre d'algues, en majorité des diatomées (tableau 18).

5. Estimation des coûts

Nous avons choisi de réaliser ce bilan à partir des résultats fournis par l'expérimentation de 1987 sur la retenue de Vouglans. Le montage des frayères est décrit dans la partie II et les résultats obtenus sont indiqués dans le début de la partie III. Les données issues de ce bilan sont comparées aux chiffres cités dans le mémoire de L. Trebaol (1982) qui a réalisé un travail sur la comparaison de différentes méthodes de production d'alevins de brochets en éclosure.

Le nombre d'heures de travail est donné à titre indicatif car ce paramètre peut varier largement en fonction de l'accessibilité du site et de l'entraînement du personnel. Nous avons réalisé nous-même une part importante du matériel qui constitue l'armature des frayères, grâce aux facilités offertes par les ateliers de la Station de Recherche de Thonon. De ce fait, le prix de revient de l'armature est relativement faible mais le nombre d'heures de travail nécessaire à sa

Tableau 9 – Densité (chiffre du haut) et taux de survie (chiffre du bas) des œufs de gardons sur différentes frayères artificielles dans le Léman.

Type de frayère artificielles		15/06/84	17/06/84	18/06/84	19/06/84	20/06/84	21/06/84
Branche d'épicéa Nb d'œufs/cm	Bord	27,53 –	21,41 98,67	24,2 100	38,86 100	19,26 100	57,04 99,00
	Large (6 m)	15,68 –	54,50 97,67	90,55 98,89	97,25 100	67,57 100	44,17 100
Treillis en plastique enkamat Nb d'œufs/cm ²	Bord	14,46 –	19,6 –	9,86 99,2	23,03 99,6	34,89 100	20,38 99
	Large (6 m)	– –	25,94 98,95	34,25 98,0	23,69 98,45	36,31 99,7	31,81 100

Tableau 10 – Densité (chiffre du haut) et taux de survie (chiffre du bas) des œufs de gardons sur différentes frayères artificielles dans le Léman.

Type de frayère artificielle		31/06/85	31/06/85	3/06/85	4/06/85	5/06/86	6/06/86
Branche d'épicéa Nb d'œufs/cm	Bord	46,33 –	35,38 98,67	52,92 100	49,31 100	28,54 100	21,64 99,00
	4 m	6,51 99,15	19,58 99,11	12,50 98,50	19,27 100	22,11 100	23,03 99,3
	10 m	–	–	–	–	15,17 100	15,04 100
Treillis en plastique enkamat Nb d'œufs/cm ²	Bord	–	–	2,17 100	2,72 100	2,24 100	–
	4 m	1,92 100	3,95 100	4,50 100	3,06 99,07	2,5 100	5,30 98,56
	10 m	–	–	–	–	4,0 97,83	2,02 98,11

Tableau 11 – Densité (chiffre du haut) et taux de survie (chiffre du bas) des œufs de gardons sur différentes frayères artificielles dans le Léman.

Type de frayère artificielle		24/05/86	27/05/86	29/05/86	02/06/86
Branche d'épicéa Nb d'œufs/cm	Bord	278,13 99,28	253 99,8	214 100	138,8 100
	4 ■	20,43 99,30	232,7 99,79	228 100	519 99,88
	8 ■	16,7 100	112,81 99,37	195 100	- -
	12 ■	45,43 100	123,33 99,70	298,54 100	79,28 99,37
Treillis en plastique enkamat Nb d'œufs/cm ²	Bord	35,93 98,90	35 99,52	- -	44,25 100
	4 ■	43,42 99,78	99 99,42	77 100	62,68 100
	8 ■	14,67 99,55	75,6 99,68	-	-
	12 ■	7,68 100	44,61 100	32,23 99,29	44,25 100

Tableau 12 – Densité des œufs de gardons sur différentes frayères artificielles flottantes dans le Léman en 1987.

Toutes les valeurs des taux de survie sont comprises entre 98 et 100 %.

Type de substrat	Frayères installées		Frayères flottantes	
	9.6.87	12.6.87	9.6.87	12.6.87
Enkamat œufs/cm ²	83	85	43	28
Epicea œufs/cm	224	252	137	188
Cyprès œufs/cm	412	337	177	315
Genevrier œufs/cm	269	284	158	126

Tableau 13 – Nombre de pontes et pourcentage de fécondation des fraies de perches sur différentes frayères artificielles dans le Léman.

Type de frayère artificielle	Année	1984		1985		1986		1987	
		Nombre de fraies	% de fécondation	Nombre de fraies	% de fécondation	Nombre de fraies	% de fécondation	Nombre de fraies	% de fécondation
Grillage sur le fond à 4 m	10,5	92,01 ± 2,45		12	96,8 ± 0,5	10	98,1 ± 0,4		
Fagot sur le fond à 4 m	23	95,82 ± 0,63		28	94,5 ± 0,7	27	97,3 ± 0,4	30	96,87 ± 0,27
Fagot à 4 m sur 8 m de fond	3	96,20 ± 1,27		10	92,8 ± 1,9	10	98,42 ± 0,4	5	96,62 ± 0,52
Fagot à 4 m sur 12 m de fond	2	-		4	-	4	94,7 ± 1,5		

réalisation est important. Le temps passé en transport pour apporter le matériel au bord de la retenue ainsi que pour venir assurer la maintenance et le contrôle des résultats obtenus sur les frayères est très important : chaque aller-retour entre le Vouglans et Thonon demande 4 à 5 heures. Nous n'avons pas pris en compte ce facteur pour établir le bilan car il est vraisemblable que les personnes susceptibles d'utiliser des frayères artificielles (gardes, pêcheurs ou pisciculteurs) ne travailleront pas

sur des sites très éloignés de leurs lieux de travail ou d'habitation.

5.1. Coût du matériel nécessaire à la réalisation de la frayère artificielle et nombre d'heures de travail

Les coûts présentés dans le tableau 19 aboutissent aux prix de revient suivants pour trois frayères de 16 m³ fixées sur des poteaux d'amarage, selon le type de substrat choisi :

	Prix de revient	Nombre d'heures de travail
Branchage de conifère	4542 F HT	68,5
Trellis enkamat 7225	7823 F HT	68,5
Gazon artificiel astroturff	12687 F HT	65,5
Plantes artificielles	14514 F HT	113,5

5.2. Nombre d'heures de travail nécessaire pour l'installation, la surveillance et le nettoyage des frayères artificielles

5.2.1. Transport et déchargement du matériel, montage des frayères

1) Chargement et déchargement du matériel	2 heures
2) Assemblage des armatures	3 heures
3) Montage du substrat des frayères	
a) en branchage	6 heures
b) en matière synthétique	3 heures
4) Mise en place des frayères sur les poteaux d'amarrage . .	1,5 heure

5.2.2. Surveillance et observation des installations

Il est nécessaire de venir examiner les frayères en bateau environ une fois par semaine pour contrôler l'état et la présentation des frayères, observer la présence ou l'absence d'œufs et éventuellement nettoyer le substrat de fraie.

Dans le cas de l'expérience réalisée en 1987, trois inspections ont été réalisées avant d'observer le début de la fraie du brochet. Chaque inspection a nécessité 1,5 heure pour 2 personnes soit 9 heures au total.

5.2.3. Démontage ou nettoyage des frayères

Après la fraie du brochet, en 1987 au Vouglans, les substrats des frayères étaient recouverts d'une couche importante de périphyton et de sédiment. La réutilisation de ces frayères pour la ponte des percidés et des cyprinidés ne pouvait se concevoir qu'après un nettoyage complet. Les essais que nous avons réalisés en

frottant les frayères sous l'eau, sans les déplacer ne sont révélés très peu efficaces. Ultérieurement, sur le Léman, nous avons réalisé un nettoyage des frayères à sec, sur la rive, avec une pompe thermique. Cette façon de procéder est beaucoup plus efficace que la précédente. Le nettoyage d'une frayère de 16 m², selon cette dernière méthode demande environ 0,5 heure. Il faut y ajouter 0,5 heure pour remorquer la frayère sur la rive puis la remettre en place. Nous estimons donc le temps total nécessaire au nettoyage de 3 frayères de 16 m² à 3 heures. Si l'on veut réutiliser les frayères artificielles jusqu'en juin, il faut prévoir environ un nettoyage tous les 15 jours car la vitesse de développement du périphyton s'accélère pendant le mois de mai.

En fin d'expérimentation, le démontage des frayères et de leur armature, ainsi que le chargement du matériel dans un véhicule est estimé à 4 heures pour l'ensemble des trois frayères expérimentées au Vouglans.

5.3. Comparaison avec d'autres méthodes de production d'alevins

Nous avons établi ce bilan à partir des résultats fournis par les frayères en branches d'épicéa, qui sont à la fois les moins onéreuses et les plus efficaces de toutes celles que nous avons testées pour le brochet.

Prix de revient de 3 frayères de 16 m² 4 542 F HT

Nombre d'heures employées dans la fabrication des frayères et de leur amarrage (amortissable sur plusieurs années) . 65,5 heures

Nombre d'heures de travail pour l'installation et la maintenance de 3 frayères de 16 m² pendant une saison 30 heures

Quantité d'œufs embryonnés de brochets déposés sur ces frayères 51 127 œufs

Dans le mémoire de L. Trebaol (1982), le bilan de deux méthodes de production de brochet, dans une petite écloserie, à partir de 11 géniteurs s'établit ainsi :

a) méthode d'ovulation spontanée des géniteurs en étang de maturation

Prix de revient des installations (écloserie = étang de 300 m²) 47 700 F TTC (1982)

Nombre d'heures de travail (sans compter les alevins) 109 heures

Quantité d'alevins produits 130 500 alevins

b) méthode d'induction de ponte des géniteurs par hypophysation

Prix de revient des installations (écloserie et bassins) 47 700 F TTC

Nombre d'heures de travail (sans compter les alevins) 42 heures

Quantité d'alevins produits

. 88 000 alevins

La comparaison de ces bilans met en évidence deux points. L'investissement que représente l'installation de frayères artificielles flottantes est nettement inférieur à la construction d'une écloserie. Par contre, le nombre d'heures de travail par rapport à la production d'alevin est du même ordre de grandeur.

La comparaison entre ces différentes méthodes n'est pas très rigoureuse car leurs finalités sont assez différentes. Le but du pisciculteur travaillant en écloserie est d'obtenir un lot d'alevins facilement manipulables, destinés à être commercialisés ou transférés dans des installations de grossissement. Les œufs déposés sur des frayères artificielles sont destinés à rester dans leur plan d'eau d'origine. Leur manipulation est difficile. L'utilisation de ces œufs pour l'aquaculture ne peut s'envisager que dans des étangs ou des cages installées à proximité immédiate des frayères comme cela est expérimenté dans la retenue de Pareloup. Les œufs des cyprinidés, qui adhèrent fortement au substrat de fraie et qui sont regroupés en fortes densités (jusqu'à 1 million/m²) peuvent être collectés sur des frayères artificielles pour réaliser des repeuplements ou des grossissements en aquaculture.

Le bilan du fonctionnement des frayères artificielles flottantes destinées au brochet peut vraisemblablement être amélioré. En travaillant avec des unités de plus grandes tailles, le rapport entre le nombre d'heures de travail et la quantité

Tableau 14 – Densité et pourcentage de survie des œufs de gardons sur différentes frayères artificielles du Léman.

Type de substrat	Treillis en plastique		Branche d'épicea	
Localisation et date	Densité œufs/cm ²	Survie %	Densité œufs/cm	Survie %
Bord 1983	18,07 ± 4,00	100	69,32 ± 15,00	100
Bord 1984	21,55 ± 2,42	99,35 ± 0,20	25,75 ± 8,36	99,53 ± 0,29
150 m du bord 6 m du fond 1984	53,04 ± 2,42	99,02 ± 0,37	70,03 ± 10,29	99,52 ± 0,29
Bord 1985	2,37 ± 0,17	100	36,26 ± 5,11	99,48 ± 0,25
100 m du bord 4 m du fond 1985	3,34 ± 1,28	99,66 ± 0,23	17,17 ± 2,61	99,30 ± 0,23
250 m du bord 10 m du fond 1985	3,01 ± 0,7	97,97 ± 0,14	15,10 ± 0,06	100
Bord 1986	38,30	99,47	248,4	99,70
100 m du bord 4 m du fond 1986	70,52	99,73	230,35	99,70
200 m du bord 8 m du fond 1986	75,6	99,68	153,7	99,68
Bord 1987	84	> 99	238	> 99
200 m du bord 8 m du fond	35	> 99	159	> 99

d'œufs obtenus diminuerait. Ce rapport diminuerait aussi si les frayères récoltaient plusieurs fraies successives comme cela a été le cas au Bourget en 1987.

6. Discussion, bilan et perspectives

Nous ne pouvons pas encore considérer que les frayères artificielles flottantes sont définitivement mises au point car bien des aspects de leurs structures et de leurs fonctionnements sont encore optimisables. Toutefois, à

Tableau 15 – Effet de la couleur du substrat des frayères artificielles de gardons dans le Léman (en œufs/cm²).

A 1985 (frayère en treillis enkamat, densité en œufs/cm ²)				
Date de prélèvement		Vert	Noir	Blanc
3.06.1985		5,79	2,17	9,35
5.06.1985		4,11	2,72	4,50
6.06.1985		18,60	2,24	4,08
B 1987				
Substrat	Bleu	Rouge	Blanc	Témoin
Enkamat	1,15	65,16	1,55	27,05
Epicea	7,17	400,28	96,12	224,47
Cyprès	12,74	268,55	2,54	411,60

Tableau 16 – Effet de l'inclinaison des frayères artificielles sur la densité des dépôts d'œufs de gardons, dans le Léman (densité en œufs/cm ou cm²).

Inclinaison		Substrat			
		Enkamat	Epicea	Cyprès	Genevrier
45°C	(1986)	35,93	278,13		
Verticale	(1986)	18,56	280,25		
Horizontale	(1986)	0,0	1,33		
(0,5 m sous la surface)					
Verticale	(1987)	85,41	229,91	231,17	209,22
Horizontale	(1987)	81,04	183,43	272,2	1,30
(1 m sous la surface)					

l'issue de ces travaux, nous constatons que différentes espèces de poissons acceptent de venir pondre successivement sur les mêmes frayères artificielles flottantes. De plus, il semble que ces résultats soient reproductibles d'une année sur l'autre dans différents plans d'eau.

Les brochets, les perches et les cyprinidés acceptent de déposer leurs œufs sur des frayères artificielles flottantes. Mais ces trois espèces ne se comportent pas de la même manière vis-à-vis des frayères flottantes. Les gardons frayent aussi bien au ras des berges qu'à plus de 200 m au large,

Tableau 17 – Action des phéromones émises par les géniteurs sur l'intensité des dépôts d'œufs sur des frayères artificielles.

A 1986 – Origine des phéromones : 10 géniteurs mâles et femelles, placés dans une cage fixée à la frayère

Type de frayère	Densité des oeufs	
	Témoin	avec phéromones
Frayère à perche 4 m sur le fond	28 fraies	27 fraies
Frayère à perche flottant par 8 m de fond	12 fraies	10 fraies
Frayère à perche flottant par 12 m de fond	4 fraies	4 fraies
Frayère à gardon flottant par 4 m de fond	20,43oeufs/cm	26,94oeufs/cm
Frayère à gardon flottant par 12 m de fond	78,52oeufs/cm	45,43oeufs/cm

B 1987 – Origine des phéromones : sperme avec liquide séminale, ovules avec fluide ovarien ou 17 α hydroxy 20 β dihydroprogestérone. Pour la perche, voir tableau 4. Résultats pour le gardon ci-dessous :

Densité des oeufs par cm de cm² de frayère

Substrat	Témoin	17 α hydroxy 20 β dihydroprogestérone	Sperme	Ovules
----------	--------	---	--------	--------

1) Frayères installées par 1 m de fond, dans la zone littorale

Epicea	155,94	227,94	261,23	172,16
Cyprès	445,47	166,93	347,47	233,80
Genévrier	281,51	89,29	238,03	155,46
Buis	308,73	239,73	210,34	31,44

2) Frayères flottant par 8 m de fond

Epicea	137,30	141,36	230,3	
Cyprès	177,36	172,92	334,09	
Genévrier	79,64	114,56	373,8	
Enkamat	42,64	30,27	32,17	

sur des fonds de plus de 10 m, à condition que les substrats de fraie soient immergés 0,5 m sous la surface environ. La densité des œufs en zone pélagique est comparable à celle que l'on observe sur les frayères installées au ras du rivage. Cela est

sans doute en relation avec le comportement de ces poissons qui migrent vers les zones de frayères naturelles seulement quelques heures avant le début de la fraie. Les frayères flottantes attirent moins les perches que les mêmes substrats ins-

Tableau 18 – Listes des algues observées dans le périphyton sur des branches d'épicea de deux frayères artificielles flottantes en avril 1987 (par J.-C. DRUART).

1) Vouglans

Melosira varians
Diatoma vulgare
Synedra radians
Navicula spp.
Asterionella formosa
Dinobryon formosa
Dinobryon sociale
Meridien circulare
Surinella ovata
Synedra ulna
Cymbella minuta
Pseudanabaena galeata
Fragilaria virescens
Cyclofilla cf costii
Anyhora spp.
Gomphonema spp.
Monoraphidium contortum
Hitzschia spp.
Diatoma biennale
 (Majorité de diatomées)

2) Bourget

Scenedesmus quadricande
Cymbella spp.
Navicula spp.
Synedra acus
Gomphonema spp.
Pseudanabaena minuta
Hitzschia sp.
Diatoma elongatum
Cyclotella spp.
Achnanthes esulis
Hitzschia acicularis
Tabellaria flocculosa
Tabellaria fenestrata
Dinobryon divergens
Navicula radiosa
Hitzschia sigmoidea
Amphora ovalis
Scenedesmus spp.
Scenedesmus spinosus
 (Majorité de diatomées)

tallés sur le fond. Dans le lac Léman, les perches se tiennent constamment près du fond. Par conséquent, une frayère flottante, installée plusieurs mètres (4 à 8 mètres) au-dessus du fond est vraisemblablement moins attractive pour la perche que pour le gardon qui est plus souvent pélagique.

Les brochets sont venus deux ans de suite déposer leurs œufs sur des frayères flottant au-dessus de 5 mètres d'eau, à 20 ou 25 m du bord, dans la retenue du Vouglans.

Les densités d'œufs, en 1987, sur les frayères artificielles, sont supérieures (plus du double) à celles de 1986. Ce résultat peut s'expliquer en partie par les conditions climatiques très favorables qui ont régné fin avril,

pendant la fraie du brochet. Il est vraisemblable que l'amélioration de la présentation des frayères entre aussi pour une part dans l'explication de cet accroissement.

En 1987, chaque frayère a une surface de 16 m². L'ensemble des frayères installées côte à côte sur les poteaux d'amarrage au Vouglans, représente 48 m² d'un seul tenant. Dans ces conditions, les brochets, même de grande taille, peuvent facilement évoluer sur les frayères sans être limitée par la place disponible comme cela devrait être le cas pour les frayères de quelques mètres carrés testées en 1986. Les différentes frayères naturelles décrites dans la littérature ont toujours une surface supérieure à 100 m².

Tableau 19 – Coût de réalisation de trois frayères artificielles de 16 m².

ELEMENTS	COUT DU MATERIEL (F HT)	NOMBRE D'HEURES DE TRAVAIL
Système d'amarrage 4 poteaux de 6 m en acier galvanisé 4 sacs de ciment de 50 kg	883,20 F 141,80 F	32
Armature des frayères 42 barres d'acier de 2m 84 anneaux de chaîne peinture antirouille et laque verte	352,80 F 30,00 F 45,00 F	21
Support en grillage	903,50 F	3
Bouées 27 bouées de 9 litres injection de mousse de polyuréthane	1 053,00 F 568,00 F	8
Petit matériel divers cordage, fixation des bouées 27 cosses de protection 400 attaches rapides en plastique 36 maillons rapides	46,50 F 110,00 F 80,00 F 210,60 F	1,5
4 types de substrats artificiels branches de conifère (*) treillis ENKAMAT 7225 gazon artificiel ASTROTURFF plantes artificielles	60,00 F 3 340,80 F 8 205,00 F 10 032,00 F	3 3 0 48

En 1987, contrairement à l'année précédente, les brochets ont continué à déposer leurs œufs sur les frayères artificielles lorsque les zones de frayères naturelles ont été immergées le long des rives, au Vouglans comme au Bourget. Cette différence peut s'expliquer par une plus grande attractivité des frayères artificielles en 1987. Au Vouglans, les densités d'œufs récoltés sur des frayères naturelles récemment exondées sont d'environ 1 œuf/m², soit 1 000 fois moins que sur les frayères en branches d'épicéa situées à 50 m de là.

A l'issue des observations réalisées en 1987, nous pouvons conclure que le brochet est capable de déposer des œufs avec une bonne précision sur le substrat qu'il a choisi. En effet, les branches de cyprès, installées à côté des branches d'épicéa, ont reçu beaucoup moins d'œufs, dans la retenue de Vouglans. Au Bourget, aucun œuf n'a été déposé sur les branches de cyprès, bien qu'une branche d'épicéa, isolée au milieu des cyprès, contienne de nombreux œufs. Il est possible qu'un certain nombre d'œufs traversent les réseaux plus ou moins serrés que

constituent les différents substrats, mais cela ne suffit pas à expliquer les différences de densités observées car, lorsque les frayères artificielles sont posées directement sur le fond, ou garnies par dessous de moustiquaire, les mêmes différences subsistent.

La répartition des œufs du brochet est très hétérogène sur les substrats des frayères artificielles. Au Vouglans, les densités estimées à l'aide d'un cadre de 1 dm², sur les branches d'épicéa, varient de 55 à 0 œufs/dm². Il existe beaucoup de zones de faibles densités, inférieures à 5 œufs/dm² et un certain nombre d'emplacements à plus fortes densités supérieures à 20 œufs/dm², constitués en valeur absolue par une centaine d'œufs au maximum. Il est probable que chacun de ces groupes d'œufs est le résultat d'un acte de ponte d'une femelle. En effet, chaque femelle dépose ses œufs en une série d'oviposition. Une partie des œufs seraient dispersés aux alentours par les mouvements des géniteurs et les courants. Ils iraient se déposer dans les zones à faibles densités.

Dans les trois lacs, les branches d'épicéa donnent les meilleurs résultats parmi les différents substrats que nous avons testés. Les genévriers sont presque aussi attractifs, la structure de leurs rameaux est très proche de celle des épicéas. Les cyprès sont moins efficaces pour le brochet, contrairement à ce que l'on observe pour la fraie des cyprinidés. Les œufs collants de ces espèces adhèrent sans doute plus facilement sur les ra-

meaux de cyprès que les œufs de brochets.

Les substrats en plastique, à l'exception de l'enkamat, paraissent peu attractifs. Ce phénomène est sans doute plus lié à la structure des substrats que nous avons expérimentés, plutôt qu'à leur nature synthétique, comme le prouve le cas de l'enkamat.

Dans tous les plans d'eau où nous avons travaillé, la fraie du brochet en 1987 s'est produite dans des conditions climatiques et des dates très comparables à celles de 1986 : 1^{ère} quinzaine d'avril au Bourget, 2^e quinzaine au Vouglans et au Léman. Dans tous les cas, la température de l'eau, en surface, se maintient au-dessus de 10 °C aux heures les plus chaudes, lorsque les brochets frayent. Ces deux dernières années, la fraie a commencé après de fortes pluies qui ont provoqué une élévation du niveau d'eau. Des observations renouvelées sur un plus grand nombre d'années permettraient de déterminer l'importance respective de la pluviosité et de la température dans l'induction de la fraie du brochet.

Lorsque la température de l'eau dépasse 14 °C, nous n'observons plus de fraie de brochet ni sur nos frayères artificielles ni en zone littorale. Cela n'exclue pas la possibilité de fraie dans des eaux plus profondes et plus froides, comme cela a été décrit en Pologne. En effet, des femelles n'ayant pas encore frayé sont régulièrement capturées dans les lacs subalpins jusqu'à la fin mai. Il serait intéressant, pendant le mois de mai, d'immerger plus profondément une

frayère artificielle pour tester cette hypothèse.

La durée du développement embryonnaire du brochet est courte, sur les différentes frayères que nous avons suivies. La deuxième quinzaine d'avril, ce phénomène a duré moins de 10 jours. Si l'on se réfère au nombre de degrés/jour cités dans la littérature pour le développement embryonnaire du brochet (120), cela laisse supposer que le calcul des degrés/jour doit être établi à partir des températures maximales plutôt qu'à partir des moyennes.

Le développement rapide des œufs de brochets les met à l'abri d'un envasement trop important car le fouling reste le principal obstacle au bon fonctionnement des frayères artificielles. Au Vouglans en 1987, la densité des œufs de brochets est sensiblement la même sur les branches d'épicéa propres installées 8 jours avant la fraie et sur celles qui ont été mises à l'eau 1 mois auparavant. Ces dernières sont recouvertes d'une fine couche de phérophyton et de sédiment. Le taux de survie des œufs est de 100 % sur les branches propres, de 92,3 % sur les branches envasées et de 80 à 68 % sur les autres substrats envasés.

Au lac du Bourget, à partir du 15.04, les brochets frayent uniquement sur les branchages propres, renouvelés 8 jours auparavant. Au Vouglans, à la fin du mois de mai, les cyprinidés ne viennent plus frayer sur les substrats artificiels. Ceux-ci sont recouverts d'algues filamenteuses qui masquent complètement la structure en réseau des substrats.

L'utilisation de frayères artificielles peut être envisagée par les gestionnaires des plans d'eau pour favoriser le recrutement naturel des poissons, particulièrement dans les milieux où les frayères naturelles sont très dégradées comme dans les retenues à niveaux variables. Cette technique ne demande pas d'investissements considérables mais en contre partie, elle requiert une somme de main d'œuvre non négligeable pour l'installation et la maintenance des frayères, particulièrement lorsque la turbidité de l'eau ou l'eutrophisation provoquent rapidement la formation de dépôts sur le substrat de fraie. C'est pourquoi, dans un premier temps, nous conseillons de réserver l'utilisation des frayères artificielles à des sites où il existe un personnel suffisamment disponible pour y consacrer assez de temps. De plus, il est souhaitable de connaître le mieux possible les habitudes de fraie des poissons des plans d'eau pour installer ou nettoyer les substrats de fraie juste avant la date de reproduction des différentes espèces susceptibles d'utiliser les frayères artificielles. Il est recommandé, d'autre part, d'installer les frayères flottantes dans des sites abrités pour qu'elles soient protégées des débris charriés dans les crues, des vagues et des courants. Ces deux derniers facteurs ont un effet répulsif sur la fraie du brochet (Machniak, 1975a) et vraisemblablement sur la fraie d'autres espèces lacustres.

L'utilisation des frayères artificielles, outre son intérêt direct pour le repeuplement des plans d'eau permet d'acquérir un certain nombre d'informations utiles sur les habitudes de

reproduction des poissons dans chaque milieu.

L'observation de la largeur des fraies de perches récoltées sur les frayères dans le Léman nous renseigne sur la structure des classes d'âge de géniteurs et sur l'évolution de cette structure au cours des années. Les données que nous avons recueillies ainsi sont identiques à celles publiées par C. Lang (1987) à partir de mesures réalisées sur des fraies dispersées sur le fond. Pour les différentes espèces que nous avons étudiées, l'observation des dépôts d'œufs sur les frayères a permis de connaître avec précision la date du commencement de la fraie et la durée de ce phénomène. Dans le lac du Bourget et du Vouglans, les dates de fraie du brochet sont très proches de 1986 et 87. Cela confirme les observations de Huet (1976) sur les faibles variations interannuelles des dates de fraie du brochet dans un milieu donné. Au Bourget, la fraie est beaucoup plus tardive que les dates avancées par les pêcheurs. Ce phénomène, généralisable à beaucoup de lacs pourrait expliquer l'échec de certains repeuplements pratiqués avec des alevins au stade vésicule résorbée, provenant de populations d'étang à fraie précoce. Dans les grands plans d'eau, la température et la nourriture disponible ne sont pas encore favorables à la survie de ces alevins.

Les pourcentages de survie des œufs sont toujours très importants sur nos frayères, mais les années où les densités d'œufs sont les plus fortes ne sont pas forcément celles de la naissance de fortes classes d'âge

dans le lac Léman. Ce phénomène peut s'expliquer, au moins partiellement, par le rôle prépondérant joué par les facteurs climatiques sur la survie des larves pendant les premières semaines de leur vie. Nos observations dans ce domaine réalisées sur le Léman, sont confirmées par celles effectuées au Canada par M.C. Whiteside et al. (1985) sur la perche. D'une manière générale, il semble que les populations piscicoles des grands plans d'eau sont fréquemment constituées de classes d'âge fortes, espacées de plusieurs années. Dans les réservoirs à niveau variable, il serait intéressant de déterminer si les fortes classes d'âge des différentes espèces sont plus espacées que dans les lacs naturels possédant des surfaces importantes de frayères naturelles. Il serait utile, d'autre part, de déterminer pour ces milieux, la quantité d'œufs minimale qui, recueillie sur les frayères artificielles, permettrait de donner naissance à une classe d'âge importante.

L'utilisation des frayères artificielles peut aussi permettre le développement d'un certain type d'aquaculture : la collecte d'œufs destinés soit à être déversés dans d'autres milieux, soit à produire des juvéniles pour améliorer l'efficacité du repeuplement. La première application est réalisée dans le lac du Bourget, avec des œufs de gardons. La deuxième piste fait l'objet d'une expérimentation dans la retenue de Pareloup (Aveyron) où F. Dauba (1981) a expérimenté différentes frayères artificielles. Ce type d'élevage évite la manipulation des géniteurs et l'introduction de maladies.

A l'issue du bilan qui se dégage de ces premiers travaux, plusieurs aspects de la présentation et du fonctionnement des frayères artificielles pourraient être optimisés. La couleur du substrat de fraie ne semble pas avoir un rôle très important, en tout cas vis-à-vis du gardon. La forme des substrats au contraire de leurs couleurs ou de leurs natures, paraît jouer un rôle très important. Pour le brochet, les treillis enkamats sont moins attractifs que les branchages d'épicéa. Cependant il est probable qu'un matériel ayant un réseau plus dense et plus épais que l'enkamats se révélerait aussi attractif que l'épicéa et d'un maniement plus aisé.

Les phéromones émises par les géniteurs et le liquide ovarien ou séminal n'ont pas augmenté les densités d'œufs sur les frayères destinées aux perches et aux gardons. Pour ces derniers poissons, en 1986 et 1987 sur le Léman, les densités d'œufs observés sur les frayères y compris celles sans phéromone, étaient telles que les substrats étaient vraisemblablement saturés, ce qui pourrait masquer un effet attractif des substances que nous avons expérimentées. Les travaux, réalisés dans notre laboratoire par A. Dziedzic et J.P. Dubois, sur les bruits de fraie émis par les poissons pourraient être appliqués sur des frayères artificielles. L'étude des sons émis pendant la fraie, très spécifiques à chaque espèce, apporterait des informations supplémentaires pour déterminer le commencement et les variations d'intensité de la fraie. De plus, ces bruits ont peut être un rôle attractif spécifique pour les géniteurs de la même espèce.

La surface des frayères artificielles flottantes que nous avons expérimentées au Vouglans est de 16 m². Il serait facile de la multiplier par 4 en confectionnant des cadres de 8 m de côté, installés sur des poteaux d'amarrage espacés de 8 m. Ces derniers peuvent être installés sans trop de problèmes à une profondeur deux ou trois fois plus importante que celle choisie au Vouglans (cote-6 m).

D'autre part, les fluctuations de la température et de la pluviométrie en 1986 et 87 ont beaucoup de points communs : mois de mars très froids, fin du mois d'avril très chaude et pluvieuse. Il serait important de déterminer si la fraie du brochet ne pourrait pas être beaucoup plus précise lorsque la température de l'eau s'élève au-dessus de 10 °C au mois de mars. Lorsque la température de l'eau de surface est refroidie par des intempéries les gardons frayent plus profondément (C. Gillet, 1989). Nous avons observé en 1986 et 1987 des fraies de gardons tardives à plus de 4 m du fond, lorsque le mauvais temps avait provoqué le brassage de l'eau. Les températures étaient alors identiques sur les quatre premiers mètres d'eau. A l'inverse il semblerait que le brochet ne fraie plus en surface lorsque la température de l'eau dépasse 14 °C. Il serait possible de déterminer, à l'aide de frayères artificielles immergées à différentes profondeurs si la préférence des différentes espèces vis-à-vis de la profondeur de leur frayère n'est pas dépendante du gradient de température entre la surface et les couches d'eau plus profondes.



Photo 1. Aspect des poteaux d'amarrage des frayères artificielles, sur la retenue du Vouglans le 17.03.87. Le niveau du lac est légèrement supérieur à la cote «moins 6 mètres».



Photo 2. Aspect des frayères artificielles flottantes le 17.03.87 lorsqu'elles sont mise à l'eau. Puis le 7.05.87 lorsque le niveau de la retenue du Vouglans est presque maximum.



Photo 3. Montage des frayères artificielles : assemblage de l'armature.



Photo 4. Montage des frayères artificielles : fixation des branchages sur le grillage de l'armature.



Photo 5. Montage des frayères artificielles : aspect hors de l'eau d'un substrat composé de cyprès, genévrier et épicéa.



Photo 6. Aspect du substrat de fraie en branchage d'épicéa sur la frayère artificielle flottante installée à Port Ripaille, au Léman.

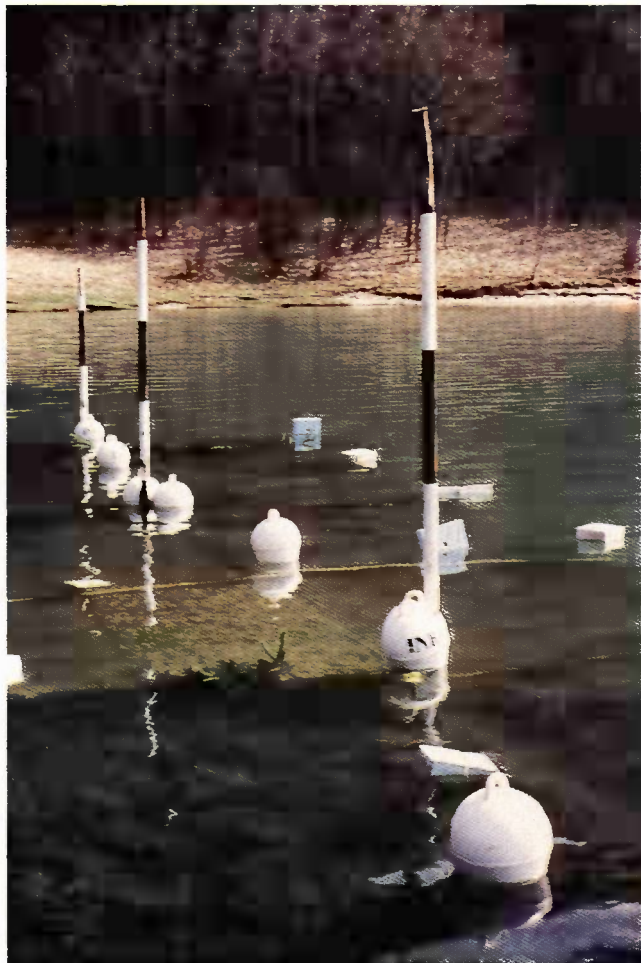


Photo 7. Aspect des différents substrats de fraie, une fois installés sur les frayères artificielles flottantes expérimentées au Vouglans en 1987. Branchages au premier plan, puis treillis plastique (enkamat, gazon astroturff et plantes artificielles).



Photo 8. Aspect du treillis plastique enkamat, représenté ici avec des œufs de gardons.



Photo 9. Aspect de la frayère de 16 m², constituée de treillis enkamat (8 m²), de plantes artificielles (4 m²) et de gazon artificiel.

Remerciements

Nous remercions Mr Monneret du CSP qui a supervisé avec l'aide des pêcheurs de l'APP de Moirans en Montagne (39) l'installation du système d'amarrage des frayères sur la retenue du Vouglans, et qui nous a apporté une aide précieuse pour la mise en place et la surveillance des frayères. Nous remercions également Mrs Papasian et Blanchard de la DDA de Savoie qui nous ont aidé pour nos travaux sur le lac du Bourget. Nous remercions aussi Mrs Chapuis, Escomel et Laurent, techniciens à l'INRA qui nous ont aidé à réaliser les frayères artificielles ainsi que M. R. Fournigault et M. Nicolas qui ont participé à cette série d'expérimentations.

Ce travail a été réalisé au titre d'une convention d'étude entre l'INRA et EDF, Direction des Etudes et Recherches.

Références Bibliographiques

- Dauba F. (1981) Etude comparative de la faune des poissons dans les écosystèmes de deux réservoirs : Luzech (lot) et Chastang (Dordogne). Thèse de docteur ingénieur de l'Institut National polytechnique de Toulouse.
- Gillet C. (1989) Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres (dans ce numéro).
- Huet M. (1976) Reproduction, incubation et alevinage du brochet (*Esox lucius* L.). E.I.F.A.C., Tech. Pap. 25, 147-163.
- Lang C. (1981) Densité, localisation, taille et développement des chaînes d'œufs de la perche (*Perca fluviatilis* L.) dans le Léman de 1979-1981. Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat., 360 (75), 257-265.
- Lang C (1987) Mortality of perch, *perca fluviatilis*, estimated from the size and abundance of egg strands. J. Fish. Biol. 31, 717-720.
- Machniak K. (1975a) The effects of hydroelectric development of the biology of northern fishes (reproduction and population dynamics). II Northern pike *Esox lucius* L., a literature review and bibliographie. Fisheries and marine service, Technical report n° 528, Canada.
- Machniak K. (1975b) The effects of hydroelectric development of the biology of northern fishes (reproduction and population dynamics). I Lake whitefish, *coregonus clupeaformis*. Fisheries and marine service, Technical report n° 527, Canada.
- Trebaol L. (1982) L'élevage du brocheton de repeuplement : comparaison de trois systèmes de reproduction. DDA-INA, Pris Grignon, 90 p.
- Whiteside M.C., Swindoll C.M., Doolittle W.L. (1985) Factors affecting the early life history of yellow perch, *perca flavescens*. Env. Biol. Fish. vol. 12, 47-56.