

LES BARRIERES A POISSONS



C. N. E. X. O.

C. O. B.

PhM/DB.

LES BARRIERES A POISSONS

Philippe MARCHAND
Département
TECHNOLOGIE
et
DEVELOPPEMENT INDUSTRIEL

POSITION DU PROBLEME

Il s'agit de confiner des poissons, par exemple à des fins aquacoles, dans un certain volume. Comment sectoriser des aires d'élevage dans un plan d'eau ? La solution la plus simple est le filet mais son utilisation pose un certain nombre de problèmes : entretien et durée de vie.

Entretien des filets :

Il faut se débarrasser du fouling de temps en temps. La fréquence de nettoyage varie considérablement suivant la nature des eaux (température, plancton ...). Au Japon (mer intérieure), dans l'élevage de la sériole, le nettoyage se fait 1 fois par mois. En Norvège, il est pratiqué 1 fois l'an, après la récolte, dans l'élevage du saumon. Il faut en général manipuler le poisson avant de nettoyer, ce qui présente de graves inconvénients : risques de blessures par pompage, traumatismes (avec des conséquences sur la croissance, la reproduction ...).

Durée de vie des filets :

Elle varie de 2 à 5 ans suivant la nature des fibres et le fouling local.

Il serait intéressant de pouvoir, à prix égal, s'affranchir de ces contraintes : c'est l'objet des "barrières spéciales".

.../...

I -

LES BARRIERES A BULLES

1. HISTORIQUE

=====

Les barrières à bulles furent expérimentées pour la première fois en 1907 comme barrières anti-houles. Américains et Russes entreprirent de nombreuses recherches dans cette direction. Ce n'est que vers les années 50 que le concept de barrières à poissons fait son apparition.

Les pêcheries japonaises furent les premières à explorer cette voie : Enami (1960 a,b) utilisant les résultats des expériences de Kobayashi et al (1959) sur les effets des rideaux de bulles d'air sur les poissons, fabriqua le premier "filet à air".

Les Norvégiens, les Danois et les Canadiens s'intéressèrent aussi au problème. Une expérience intéressante relative à l'utilisation d'un rideau de bulles comme aide à la pêche mérite d'être décrite en détails :

Smith, pour le compte des pêcheries du Maine (Canada), utilisa le rideau d'air pour intercepter le mouvement des jeunes harengs (*clupea harengus*) et les guider vers les barrages, trappes ou sennes fermant la baie (Boothbay Harbour). Le compresseur diesel de 52 CV fournissait 5,54 m³/min. à une pression de 5,6 Kg/cm². La puissance d'alimentation était de 25 à 30 CV. Le compresseur comportait un collecteur d'air de 113,5 litres et un refroidisseur à l'eau de mer. Les bulles étaient produites par un tuyau PVC souple, lesté, pouvant s'enrouler sur un tambour. 2 types de tuyaux furent utilisés : l'un comportait des ouvertures de 0,3 mm sur 730 m, l'autre des orifices de 0,79 mm sur 180 m, répartis tous les 30 cm. Le refroidisseur à eau de mer évitait la fusion des tubes PVC. Deux types d'expériences furent conduites :

.../...

- 2 bateaux remorquant lentement le tuyau, chassaient les bancs de haréngs dans la senne.
- le tuyau déposé sur le fond émettait l'air comprimé au reflux pour retenir les bancs de poissons.

Des expériences furent aussi conduites sur le menhaden qui réagit comme le hareng en eaux claires mais traverse le rideau en eaux troubles pour des courants supérieurs à 1,5 m/s. Le rideau se révéla inefficace contre les requins. Smith pense que le rideau agit en tant qu'épouvantail visuel.

12 unités de rideaux de bulles d'air ont été utilisées commercialement (1959 et 60) mais en 1961 les harengs étaient presque inexistantes alors qu'ils étaient surabondants en 1962 ce qui fait que le rideau n'a pas été utilisé par l'industrie.

L'utilisation future du rideau pour le hareng du Maine est donc toujours en question.

La "Norwegian Society for industrial and technical Research" fit une expérience très concluante (Sintef 1965) : 50 lieux noirs étaient retenus derrière un rideau de 3 m en aquarium. Il est précisé qu'un plongeur effrayant les poissons ne réussissait pas à provoquer de fuites à travers la barrière. La Norvège attend, semble-t-il beaucoup de ce procédé, pour retenir les bancs saisonniers en migration dans les fjords.

Le Marine Laboratory (Aberdeen, Scotland) se livra à des expérimentations concluantes sur les rideaux de bulles. Blaxter et Parrish (1966) concluent en une efficacité certaine sous réserve que le courant soit inférieur à 1,5 m/s pour que les jets d'air n'émettent pas obliquement. Il faut, par ailleurs, que l'homogénéité de la barrière soit maintenue donc que le rideau ne se déplace que lentement.

Kenney (1968) essaya en vain de protéger des plages contre les requins. Les barrières à bulles se révèlent inefficaces contre le passage des gros prédateurs en général (requins, phoques).

2. EXPERIENCES PRELIMINAIRES au COB - BREST

=====

2-a dispositif expérimental

Les expériences ont été conduites dans un aquarium 6 x 4 x 2 m muni de hublots d'observation. Le tuyau percé était disposé sur le fond (profondeur 2 m) délimitant 2 compartiments A (4x4x2) et B (4x2x2) (voir photos).

3 tuyaux PVC ($\phi = 26,8 - 32$ mm) de 4 m ont été expérimentés.

- a) ouvertures de 0,5 mm tous les 30 cm
- b) ouvertures de 0,5 mm tous les 15 cm
- c) ouvertures de 0,7 mm tous les 30 cm

Nous disposons de 40 bars de 2 ans 1/2 (300 g) pour expérimenter. Il est évident que le bar aimant les eaux bien oxygénées est un poisson qui, à priori, pénalise les barrières à bulles.

L'alimentation en air comprimé se faisait sur le réseau d'air comprimé du laboratoire.

2-b Conduite des expériences

Nous avons compté le nombre de passages dans le rideau, sur des durées significatives, pour les 3 tuyaux et différentes pressions, et nous avons noté soigneusement leur comportement.

2-c Résultats(1) Ouvertures 0,5 mm tous les 30 cm1er jour

Le rideau fut établi à 2,2 bars. Il n'y eut aucun franchissement pendant quelques minutes. 2 h plus tard, il y avait 1 passage/min.

2ème jour

Après 18 h d'accoutumance à 1 bar, les poissons franchissaient à la cadence de 1 passage/s ! Pour éviter le franchissement qui se faisait le plus souvent au ras du tuyau, entre les colonnes d'air, il fut disposé un petit filet de 50 cm pour obliger les poissons à franchir dans des régions plus riches en bulles. Le taux de franchissement baissa brutalement : 10 passages/h (2,2 bars).

3ème jour

Les poissons se sont habitués à ce filet : 5 passages/ min. (2,2 bars). Ce taux diminue en montant en pression : 2 passages/min. (à 3,5 bars).

6ème jour

Le dispositif rideau + filet est devenu inefficace : 1 passage/s (à 1,5 bars).

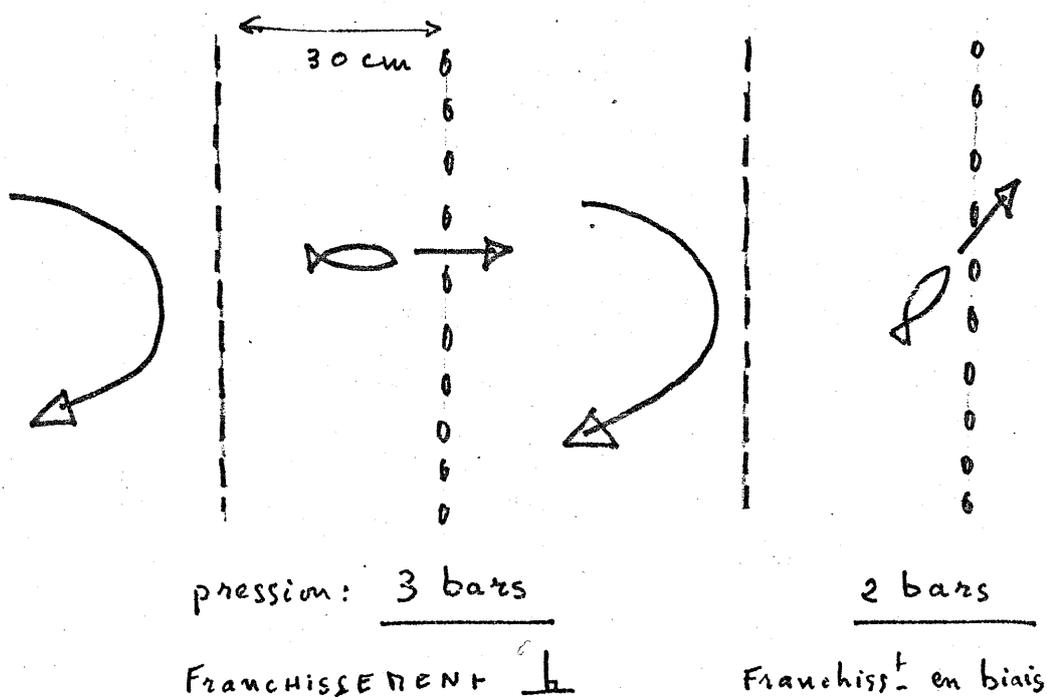
(2) Ouvertures 0,7 mm tous les 30 cm

Le 6ème jour, changement de tuyau - Essais systématiques après quelques heures d'accoutumance pour rechercher la pression la plus efficace.

0,5 bars	2 bars	3 bars
7 passages/min.	5 passages/min.	4 passages/min.

Les "hautes pressions" semblent plus efficaces. Le comportement des poissons est significatif : le franchissement se fait toujours perpendiculairement au rideau à 3 bars, alors qu'il peut se faire en biais à 2 bars.

Hypothèse : 3 bars les incommodant plus, ils présentent alors une surface de "ligne latérale" ("organe" de perception des pressions) minimale.



Le 7ème jour, donc après 24 h d'accoutumance, ce nouveau rideau (0,7 mm) se révèle plus efficace que le précédent (0,5 mm) puisqu'on ne compte que 8 passages/min. (à 2 bars).

Les poissons, visiblement incommodés :

- accélèrent en franchissant le rideau ;
- ne passent que rarement en biais.

.../...

(3) Ouvertures (0,5 mm) tous les 15 cm

Le rideau de bulles est à présent très uniforme. Le filet de 50 cm est conservé.

Après quelques heures d'accoutumance :

0,2 bars	1,5 bars	2 bars
5 passages/min.	1 passage/min.	0,6 passage/min.

Les poissons s'approchent à 50 cm et virent brusquement ; ceux qui franchissent passent très vite.

Si on enlève le rideau, on compte 2 passages/s.

Le 8ème jour, après 24 h d'accoutumance, les poissons sont habitués et passent même en bancs, au voisinage de la surface (1 passage/s). Le stimulus de la nourriture les rassemble très vite dans une des deux parties du bassin.

Il est impossible d'expérimenter à des pressions supérieures car la visibilité devient très mauvaise, (O_2 dissous - particules en suspension).

2-d Conclusions

Ces expériences montrent clairement que pour des bars :

- le rideau n'est jamais d'une efficacité totale
- l'accoutumance semble être un phénomène inévitable (quels que soient les tuyaux et les pressions).

Il apparaît, par ailleurs que :

- l'efficacité des rideaux augmente avec le débit d'air ;
- le tuyau (3) est le plus efficace.

En ce qui concerne le comportement des bars :

- quand on affole les poissons (agitation d'un filet), le taux de franchissement ne varie pas de manière significative.
- l'effet de surprise (en alternant coupures et rétablissements de l'air comprimé) se maintient.
- le stimulus nourriture rassemble vite les poissons d'un côté ou de l'autre de la barrière.
- les poissons tendent à passer perpendiculairement au rideau quand la pression augmente.
- l'accélération au franchissement est toujours observée.
- Un no man's land (relatif) existe aux abords du rideau (environ 50 cm des deux côtés).

3. PROBLEMES SOULEVES

=====

Le principal problème est celui de la nature du stimulus qui éloigne les poissons. Deux hypothèses sont émises :

- la stimulation serait visuelle : les poissons, voyant un flux de bulles ascendantes prennent peur, et ne s'aventurent pas - L'accoutumance observée va dans ce sens. Smith (Expériences des pêcheries du Maine) explique que le rideau est encore visible la nuit car la lumière naturelle des étoiles, combinée à la phosphorescence du plancton serait suffisante. D'autres auteurs constatèrent une baisse notoire d'efficacité en aquarium peu éclairé.

- La stimulation serait "auditive" : les poissons perçoivent des variations inhabituelles de pressions et sont incommodés. Des expériences soviétiques mirent en évidence la présence de deux maxima dans le spectre sonore du rideau, à 1,5 m : l'un à basse fréquence (<1 kHz) correspondant aux bruits de turbulence, l'autre dans la bande 3-6 kHz (bruits de résonance). Le comportement des bars expérimentés corrobore cette hypothèse : les poissons avaient tendance à plonger pour passer au ras du tuyau entre les colonnes de bulles naissantes, donc de nature turbulentes. Ils avaient, par ailleurs tendance à éviter la zone moyenne du rideau, où les bulles individualisées résonnent, se comportant alors comme autant de sources sonores "hautes fréquences" (quelques kHz). Les poissons ne sont pas habitués à percevoir ces fréquences : les bruits "de fond" habituels sont de basse fréquence (<1 kHz) (voir figure). Un torrent d'air bouillonnant (bulleur d'aquarium) émet aussi en basse fréquence et se révèle inefficace sur les poissons.

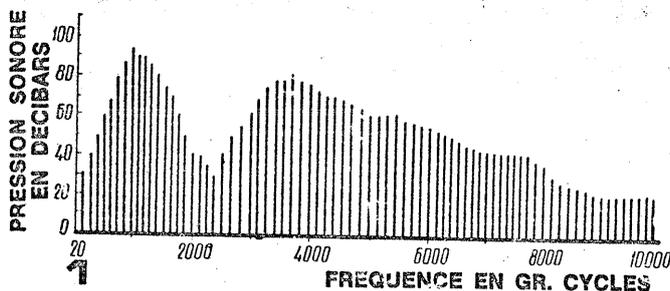
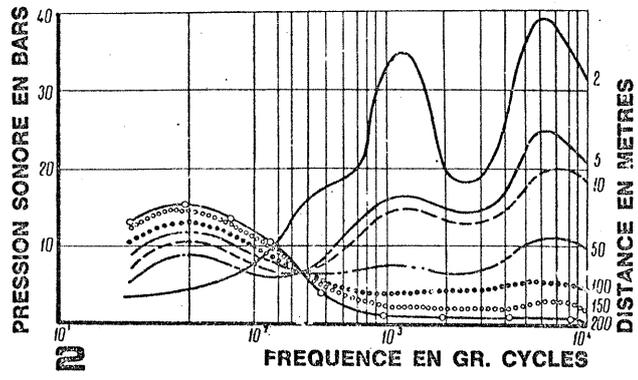


Fig. 1. — Spectrogramme du bruit du rideau de bulles d'air enregistré à une distance de 1,5 m du rideau. — Fig. 2. — Diagrammes des niveaux de pression sonore à des distances différentes du rideau d'air



(Figures extraites de "France pêche n° 146).

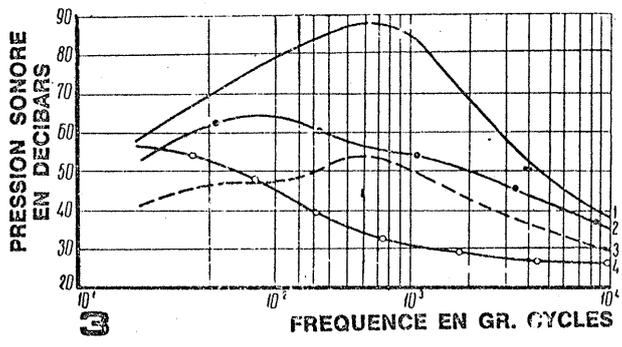


Fig. 3. — Diagrammes des niveaux de pression sonore de certaines sources naturelles de son et du torrent d'air bouillonnant. 1) Torrent d'air bouillonnant. 2) cascade (hydrophone placé à 10 m de la source sonore. 3) Pluie. 4) Rivière se jetant dans un golfe

Elles ont été utilisées sans grands succès un peu partout surtout en eau douce, rarement en mer. Il existe de nombreuses références sur la pêche électrique en mer qui mettent en valeur les puissances énormes nécessaires.

Par exemple : pour provoquer l'électrotaxie, le courant "rupté" peut atteindre 5.000 A sous 300 V et ceci en 50 impulsions (de 1 ms) par seconde ! Le problème principal, pour l'usage de l'électricité en mer, est que la résistivité des eaux douces (2.000 à 50.000 Ω cm) est de 100 à plusieurs milliers de fois supérieure à celle des eaux de mer ($\approx 20 \Omega$ cm). Cela explique qu'il faille multiplier les puissances des dispositifs en eau douce par 100 ou 1.000 pour les adapter au milieu marin.

Une barrière électrique de rivière fonctionne de la manière suivante : les poissons remontent le courant, arrivent au voisinage des électrodes où le potentiel augmente, ils sont alors paralysés (tétanie) et le courant les ramène à leur point de départ.

Décrivons sommairement une barrière électrique utilisable pour des largeurs allant de 5 à 20 m et une profondeur de 0,75 à 1,5 m. Elle comprend (d'après Lamarque) :

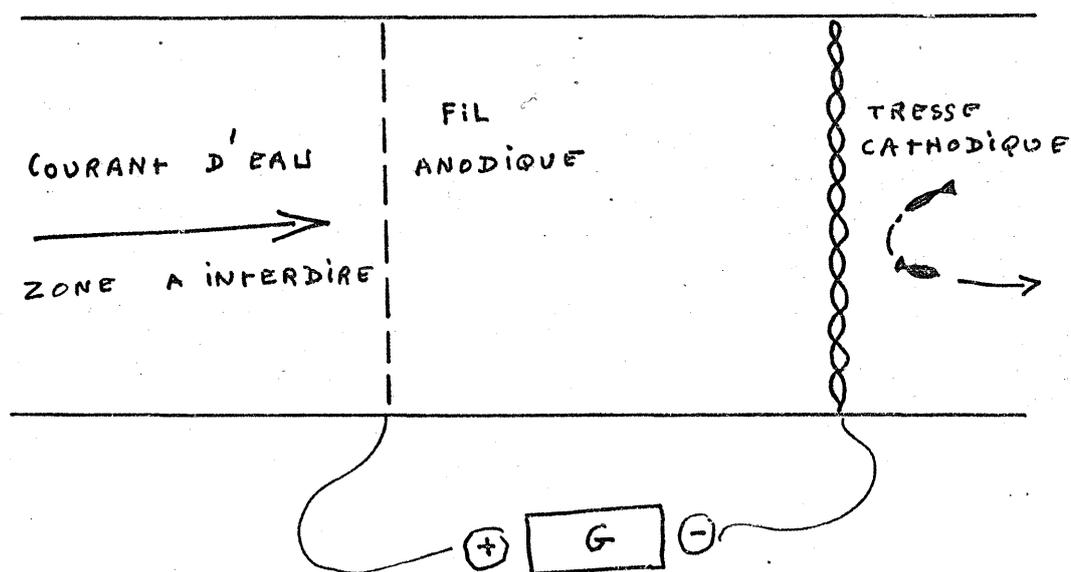
- Un générateur de type EP₁ ou EP₂ (Electro Pullman) comportant un moteur (Bernard moteur W 39) de 3 CV à 3.000 t/min.
- Une dynamo EP courant continu donnant 1.600 W sous une tension variable de 200 à 400 V (EP₁) ou 400 à 700 V. pour le modèle EP₂.
- Une électrode cathodique : tresse métallique de 40 mm de large.
- Une électrode anodique : conducteur sous gaine dégagé tous les 40 cm sur 10 m, disposé en travers du cours d'eau, parallèlement et à une

distance de 2 à 3 m de la précédente, à mi-profondeur.

Pour obtenir le même résultat en eau de mer, il faudrait mettre en jeu des puissances de 300 CV au minimum ce qui rendrait les investissements prohibitifs.

Ce dispositif est dangereux pour l'utilisateur et pour les poissons.

Compte tenu de tous ces graves inconvénients, l'avenir des barrières électriques en aquaculture ne semble pas envisageable.



BARRIÈRE ÉLECTRIQUE (RIVIÈRE)

Un certain nombre de recherches ont été faites sur l'influence des sons sur les poissons. On relève de nombreux exemples d'aide à la pêche artisanale par les sons : agitation de bambous à la surface de l'eau, jet de pierres, utilisation du "Cotio Cotio" (au Sénégal) qui, par frottement, attire les bancs de poissons. Les poissons eux-mêmes utilisent des sons pour se protéger de leurs ennemis (cas des langoustes et des grondins) ou pour communiquer entre eux (dauphins, baleines ...). Une étude approfondie sur les émissions sonores des poissons a été conduite par Hashimoto et Maniwa. Citons-en brièvement quelques conclusions : à chaque espèce correspond un spectre caractéristique de sons. La bande de fréquence du squal est (150 - 5.000 Hz), du maigre (250 - 800 Hz), du grondin (100 - 400 Hz) [sons produits par sa vessie natatoire], de la sériole (150 - 3.000 Hz) Le bruit de nage des bancs de calamars se situe entre 1.000 et 2.000 Hz, ceux des crustacés sont plus complexes (présence de fréquences ultrasonores) mais surtout situés entre 180 et 4.000 Hz.

Dans le domaine de l'effet répulsif des sons, Chapman (1964) Blaxter et Parrish (1966) étudièrent les réactions des harengs à un stimulus sonore en bassin et indiquèrent les fréquences sonores répulsives. Tucker (1967) précise que la fréquence de 1.000 Hz les incommode particulièrement. Plus précisément K. Olsen (1971) constate que des signaux interrompus et pulsés effraient davantage les bancs de harengs que des signaux continus et que les basses fréquences (≈ 100 Hz et 25 dB au-dessus du niveau sonore ambiant) sont plus efficaces que les hautes. Selon Maniwa, les bancs de maquereaux sont effrayés par des émissions à 26 dB, les sérioles à 36 dB, cela expliquerait que les senneurs (≈ 48 dB) incommode souvent les poissons.

Freytag et al (1969) effectuèrent d'importants travaux sur les fréquences et les niveaux d'émission qui gênent particulièrement les poissons.

Des expériences japonaises (Hashimoto, Maniwa) relatives à l'attraction des carpes par des signaux sonores ont été conduites depuis une dizaine d'années : un transducteur immergé amplifie un signal adéquat imitant les carpes en train de manger : l'effet d'attraction est immédiat et beaucoup plus rapide que la simple exposition de l'appât ("émetteur d'odeurs"). Des résultats analogues très satisfaisants furent obtenus sur la sériole, le maquereau et le barracuda. Les expériences se poursuivent et sont très prometteuses, elles viennent d'aboutir, en 1973, à la mise sur le marché d'un "fish collector" attracteur sonore de seiches. Cet appareil, peu coûteux, semble très efficace puisqu'on signale des augmentations de captures variant de 20 à 100%. Les seiches sont attirées par une émission successive de 3 sons :

- émission du bruit des appâts (ou des poissons constituant la nourriture des seiches) pour provoquer le rassemblement des seiches à la surface.
- émission de sons semblables à ceux produits par les seiches qui nagent et qui mangent les poissons nourriture : les seiches tendent alors à se précipiter sur les appâts.
- émission de sons semblables à ceux produits par les seiches mâles et femelles s'appelant pour s'unir, afin de renforcer la cohésion du banc.

Le "fish collector" peut servir pour d'autres sortes de pêches en changeant les enregistrements magnétiques. La commission d'études sur l'utilisation des sons dans l'eau (AUA, Président : Pr Hashimoto) étudia et préconisa les enregistrements adéquats.

Des recherches russes (Novosti - 1967) analysent aussi les bruits de nourriture en vue de l'amélioration des pêches.

.../...

Toujours dans le domaine des "cloches à nourriture", Fujiya réussit à attirer la truite et la brème.

Des expériences concluantes relatives à l'attraction des bonites par émission du bruit de plongée des fous de Bassan (qui mangent les anchois, comme les bonites) ou des bruits de boîte furent conduites en Nouvelle Zélande par York (1972).

Signalons, pour terminer, l'expérience concluante de Robert T.B. Iversen (1966) qui entraîna avec succès deux thons à choisir en bassin un des deux passages possibles en réponse à un stimulus ultrasonore de fréquence inférieure à 500 Hz. Ce succès s'expliquerait par les bruits de nage des invertébrés (voisins de 500 Hz pour l'encornet) qui constituent la nourriture de ces thons.

.../...

IV - CONCLUSIONS GENERALES

Il semble que des trois types de barrières envisagés, à bulles, électrique et sonore, la troisième soit la plus prometteuse en matière d'aquaculture. Lancer des études sur l'utilisation des barrières électriques en mer semble inutile par suite de leur coût prohibitif et des dangers d'utilisation. Approfondir les barrières à bulles en testant d'autres tuyaux, d'autres poissons, serait intéressant, surtout comme aide à la pêche. Il ne semble pas, en effet, qu'un tel dispositif soit suffisamment efficace pour les bars, truites, saumons et autres poissons d'eaux "agitées". Par contre, la barrière mériterait d'être testée pour d'autres poissons "d'élevage" tels que daurades, anguilles, turbots, plies et soles. Un bref calcul économique cité en annexe montre qu'une barrière à bulle ne semble pas compétitive avec un filet.

Mais la voie la plus riche semble être celle de l'utilisation des sons. Les résultats japonais récents montrent qu'il faudrait s'orienter vers le concept "d'attraction sonore" plutôt que celui de barrière sonore (d'ailleurs très peu étudié et à priori plus coûteux). Lancer un programme d'études sur la recherche des sons les plus attractifs (par espèce) pourrait déboucher sur une nouvelle forme d'aquaculture : un grand plan d'eau protégé des prédateurs où plonge une source sonore sélective par espèce permettrait d'élever simultanément plusieurs espèces (compatibles). Le stimulus sonore rassemble les poissons pour les nourrir et les récolter. Une sectorisation de l'aire d'élevage (extensif ou semi-extensif) apparaît alors comme inutile.

DIFFUSION :

- DPR.
- D.1
- D.3 (M. TOUSSAINT).
- DS-Aquaculture (2 ex.)
- URDA-Nord (1 ex.)
- URDA-Sud (1 ex.)

- COB/TDI. (3 ex.)
- Collection TDI.
- C. DANIOUX.

Ph. MARCHAND.



Vue générale de la cuve 6 x 4 x 2



Turbulence de surface - Tuyau 0,5 mm/15 cm.



Vue du tuyau PVC

Ø 0,5 mm tous les 15 cm.

Les bars passent en
banc devant le rideau.



BIBLIOGRAPHIE

BARRIERES A BULLES

- P.S. BULSON, M.I. STRUCT - The theory and design of bubble breakwaters.

Conference on Coastal Eng. London (1968)
Vol. 2, parts 3 et 4, 1969, 16 x 24, 995-1015, 11 fig., 10 réf.

- S.C. CHUANG, V.W. GOLDSCHMIDT - Bubble formation due to a submerged capillary tube in quiescent and flowing streams.

Transactions of the A.S.M.E. Journal of Basic Engineering (U.S.A.)
Vol. 92, séries D, n° 4, déc. 1970, 21 x 28, 705-711, 7 réf.

- M.S. HERTZENDORF, J.V. FIORE, H.E. KEI, I.J. KOPELMAN - Pneumatic barrier and beach pollution.

Proc. A.S.C.E. Journal of the Sanitary Eng. div. (U.S.A.)
Vol. 98, n° SA2, Av. 1972, 14 x 22, 379-396, 10 réf.

- ABRAHAM, G and BURGH, P.v.d. (1964) - "Pneumatic reduction of Salt Intrusion through locks". Jour. Hydraulics Div., A.S.C.E. 90 (HY1) pp 83-119.

- ANON (1970 a) - "Bubble Barrier Keeps Fiord Free of Ice"
International Construction, 9 (1), Jan. 1970.

- ENAMI, S. (1960 a) "Studies on the bubble Net - I"
Kagoshima Univ., Faculty of Fisheries, Bull. n° 8, 1960.

- ENAMI, S. (1960 b) "Studies on the Bubble Net - II"
Bull. Jap. Soc. Sci. Fish, 26 (3), 1960.

.../...

- INCE, S. (1962) "Air Bubbles for protecting wharf structures in the Arctic" - Proc. 8th Conf. Coastal Engr. MEXICO (Nov.)

- KOBAYASHI, K., IGARASHI, S., ABIKA, Y., and HAGASHI, K. (1959)
 "Studies on the Air Screen in Water, 1 - Preliminary Observations of Behaviour of a Fish School in relation to an Air Screen".
 Japanese Fisheries Leaflet, 1959.

- LARSEN, J. (1960) "Pneumatic Barrier against Salt Water Intrusion"
 Jour. Waterways and Harbours Div. A.S.C.E. , Paper n° 2600,
 86 (WW3), pp. 49-61.

- MILNE P.H. (1970 a) "Air Bubble Curtains and their use in Coastal Waters" Fluid Power International, Vol. 35, n° 410, May 1970,
 pp. 33-36.

- RADIONOV. S.I. (1958) "Wave dissipation by Compressed Air (Pneumatic Breakwater) "Proc. Conf. "Ocean transport", Moscow.

- SINTEF (1965) "Air Bubble Curtain Experiments Prove effective"
 Comm. Fish. Rev. (Sept. 1965).

- SMITH, K.A. (1964) "The use of Air Bubble Curtains as an Aid to fishing" in "Modern Fishing Gear of the world Vol. II",
 Fishing News (Books) Ltd., LONDON.

- ZUIDHOF, J. (1966), "Air Bubble Barriers Stop Salt Water Intrusion"
 Civil Engineering, A.S.C.E., 36 (7), p. 69.

- J. GARANCHER - "La protection d'un port pétrolier par un rideau de bulles", La Houille Blanche n° 4, 1967.

- BLAXTER and B.B. PARRISH, The reaction of Marine Fish to Moving Netting and Other Devices in Tanks, Marine Research,
 n° 1, Dept of Agriculture and Fisheries of Scotland,
 H.M.S.O. (1967).

- FRANCE Pêche n° 146 - 147

L'influence des rideaux d'air sur le comportement du poisson
(extrait de "Economie des Pêches Soviétiques n° 9 - 1969).

- MILNE (1972)

Fish and Shellfish Farming in Coastal Waters.

BARRIERES ELECTRIQUES

- ARRIGNON J. - "Les écrans et les barrières électriques" (1970)

Bulletin Français de Pisciculture n° 238
(4 références).

- LE MEN René "Pêche électrique en mer".

Sciences et Pêche, Bull. Inst. Pêches marit. n° 200 (1971)

- KUROKI - "Electrical fishing in Japan"

"Modern Fishing Gear of the world" (FAO 59)
17 références concernant le Japon.

- EGIDIO INDRI

"Griglia elettrica contro l'ingresso del pesce nella
presa di una derivazione idroelettrica"

L'energia Elettrica - n° 7 - 1971.

- MILNE Ph. (1972) - "Fish and Shellfish Farming in Coastal Waters".

DISPOSITIFS SONORES

- HASHIMOTO, T, MANIWA, Y.

"Research on the luring of Fish Schools by underwater Sound"
in "Modern Fishing Gear of the World" (3) FAO (1971).

- HASHIMOTO, T., MANIWA, Y.
 "Frequency Analysis of Marine Sounds" in "Modern Fishing Gear of the world" (2) FAO (1964).

- K. OLSEN
 "Influence of vessel Noise on Behaviour of Herring" in "Modern Fishing Gear of the world" (3) FAO (1971).

- CHAPMAN, C.J. and HAWKINS, A. "A field determination of hearing threshold for the cod *Gadus morhua* L. 8th working Group for Fishing Technology, Lowestoft, England, (AV. 1969), 3pp., 4 fig. (Mimco).

- WENZ, GM "Acoustic ambient noise in the ocean : Spectror and Sources"
 J. Acoust. Soc. A mer. 34, 1936-1956.

- WENZ, GM "Curious noises and the Sonic Environment in the Ocean"
 pp. 101-119 in Tavolga, W.N. ed. Marine Bio-Acoustics, Vol. I Pergamon Press, Oxford.

- FREYTAG G. "Bio-Acoustical Detection of Fish Possibilities and Future aspects" in "Modern Fishing Gear of the World" (2) FAO (1964).

- MILNE Ph. "Fish and Shellfish farming in Coastal waters (1972)

- CHAPMAN C.J. "Field studies of hearing in teleost fish" in "Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen" 24, 370-390 (Mars 1973)
 (importante biblio., expériences in situ, description des dispositifs).

- MARINE BIO - ACOUSTICS
 Vol. 1 et 2
 Ed. by William N. TAVOLGA
 (Pergamon Press)

ANNEXE II

EVALUATION ECONOMIQUE SOMMAIRE : FILET ET BARRIERE A BULLES

Pour 500 m de barrage (2 m de hauteur) :

1/ - Solution filet :

. Filet : 2.000 F. les 100 m (en 2 m de hauteur)	10.000 F.
. Piquets : 300 F. pièce (et pose), tous les 5 m.	20.000 F.

30.000 F.

- soit pour un amortissement sur 3 ans : 10.000 F/an.

Il faut ajouter :

- entretien du filet, manipulation des poissons : 10.000 F/an.

- au total : (1) 20.000 F/an

2/ - Solution rideau de bulles :

. 2 compresseurs 50 CV (36 KW)	20.000 F.
. 1 tuyau PVC (15 F. le m)	7.500 F.

27.500 F.

- soit pour un amortissement sur 10 ans : 2.750 F/an

- Entretien 36 KW à 0,15 F. le KWH :
24 x 360 x 36 x 0,15 = 46.000 F/an

- au total : (2) ≈ 49.000 F/an

Remarque : Le coût du rideau de bulles est presque indépendant de la hauteur, celui du filet proportionnel à la hauteur.