

INDUCTION DE L'OVULATION ET STIMULATION DE LA SPERMIIATION
PAR LE LHRH OU UN ANALOGUE DE LHRH ASSOCIE OU NON AU PIMOZIDE
CHEZ QUELQUES ESPECES DE POISSONS TELEOSTEENS

R. BILLARD (1), CLAUDINE WEIL (1), G. BARNABE (2)

R E S U M E *

Dans le but d'identifier des produits de substitution aux agents d'induction de ponte classiquement employés chez les poissons, comme HCG ou des préparations hypophysaires, dont l'emploi pose parfois des problèmes, nous avons testé l'efficacité du LHRH et d'un de ses analogues (LHRH-A = D-Ala⁶ LHRH éthylamide) sur l'induction de l'ovulation et la stimulation de la spermiation. En outre le LHRH-A a été combiné à un agent anti dopaminergique, le pimozide, dans le but de tenter de lever l'inhibition exercée par la dopamine sur la libération des gonadotropines (GtH). Chez la carpe, le LHRH-A seul n'a pas induit l'ovulation mais seulement la maturation ovocytaire. L'association de pimozide et de LHRH-A a significativement amplifié la sécrétion d'hormone gonatrophe induisant l'ovulation et stimulant la spermiation. Cette combinaison a avancé l'ovulation chez la truite. La qualité des ovules a été sensiblement altérée par le traitement au pimozide chez la truite et reste à être testée chez la carpe. Chez le bar, le LHRH-A est beaucoup plus actif que LHRH et des ovulations sont obtenues à des doses extrêmement faibles : 0,5 et 1 µg/kg de poids vif avec des qualités d'oeufs très satisfaisantes. Les expériences ont été conduites chez la carpe et la truite, espèces pour lesquelles il existe des techniques de dosage de la GtH et des disponibilités importantes en animaux expérimentaux. Des applications sur un nombre restreint d'animaux ont été faites chez le bar.

A B S T R A C T *

Induction of ovulation and stimulation of spermiation by LHRH or an LHRH analog associated or not with pimozide. Effects on some teleost fish.

The object of this paper was to try to find some substitutes for the usual products used to induce laying in fish. The products currently employed, such as HCG or pituitary preparations, have caused some problems. We report here some experiments to test the effectiveness of LHRH and one of its analogs (LHRH-A = D-Ala⁶ ethylamide) on induction of ovulation and stimulation of spermiation. LHRH was also combined with pimozide, an anti-dopaminergic agent, to try to cancel dopamine inhibition of gonatotropin (GtH) release. LHRH-A alone (50 µg/kg) did not initiate ovulation but only oocyte maturation. When pimozide (10 mg/kg) and LHRH-A (50 µg/kg) were combined, gonadotropic hormone secretion was significantly increased, causing ovulation and stimulating spermiation. This combination advanced ovulation in trout. Trout egg quality was markedly altered by the pimozide treatment; it remains to be tested in carp. In sea bass, LHRH-A was much more effective than LHRH, and ovulation was obtained at very low doses (0,5 and 1 µg/kg live weight) with very satisfactory egg quality.

(1) Laboratoire de Physiologie des Poissons,
Campus de Beaulieu 35042 RENNES Cedex

(2) Station de Biologie Marine et Lagunaire
34200 SETE

L'induction de l'ovulation et quelquefois la stimulation de la spermiation sont obligatoires dans le cas de certaines espèces qui ne se reproduisent pas spontanément en captivité (exemple : la carpe, le bar). Dans d'autres cas, il est utile d'avancer ou de synchroniser les ovulations pour mieux gérer les géniteurs et l'écloserie (exemple : les salmonidés).

L'approche la plus souvent pratiquée pour obtenir la libération des gamètes, consiste à administrer des préparations hormonales. Parmi celles-ci, il faut citer une hormone mammalienne HCG (Hormone chorionique humaine) qui est injectée à des doses variant entre 200 et 1000 unités internationales par kg de poids corporel et quelquefois même davantage (voir revue par Zohar et Billard, 1978). Cependant, HCG n'est active que sur certaines espèces : daurade, poisson rouge, bar, mullet mais n'a pas d'effet sur la carpe. Il a d'autre part été montré que HCG provoquait une artériosclérose chez la truite (House et al, 1979).

Une autre source d'hormone est représentée par des extraits hypophysaires de poissons, les plus courants étant ceux de carpe et de saumon. Ils sont largement utilisés mais sont en général bruts, et leur activité biologique n'est pas connue. La 17 α hydroxy 20 β dihydroprogestérone a aussi été proposée pour induire l'ovulation (Jalabert et al, 1977, Bry, 1980, voir revue par Billard, 1983) mais ne fait pas encore l'objet d'application large en pratique piscicole.

Par contre, l'usage d'une neurohormone hypothalamique identifiée chez les mammifères, le LHRH (luteinizing hormone releasing hormone) et plus spécialement celui d'un analogue, le LHRH-A (Des-Gly¹⁰- D-Ala⁶ LHRH éthylamide) s'est développé en Chine pour induire la ponte chez plusieurs espèces de carpes (Anon, 1975, 1977). Actuellement l'emploi de différents analogues du LHRH se répand également en salmoniculture (Donaldson et al, 1982, Crim et al, 1983 a-b, Crim et Glebe, 1983). Ce composé et ses analogues présentent en effet des avantages non négligeables. Ils provoquent la libération de l'hormone gonadotrope endogène (revue de Lam, 1982), ils sont aisément synthétisés, ils sont facilement disponibles et leur activité biologique est plus constante que celle des extraits bruts hypophysaires. Un dosage plus précis est donc dès lors possible. Ils sont, d'autre part, peu antigéniques et se montrent actifs, au moins chez certaines espèces, à des doses relativement faibles; des résultats récents montrent que les doses peuvent être réduites par l'addition de produits antidopaminergiques (voir ci-après).

Des travaux portant chez différentes espèces sur l'induction de la reproduction par le LHRH ou le LHRH-A ont été entrepris dans le cadre de l'action thématique programmée "Bases biologiques de l'Aquaculture", et ont fait l'objet d'un certain nombre de publications (Billard et al, 1983 a-b-c). Le présent article résume un certain nombre de ces résultats et envisage quelques-uns des problèmes posés par l'usage des LHRH en vue de stimuler la libération des gamètes.

I - DIFFERENCE D'EFFICACITE DES LHRH ENTRE EUX ET ENTRE ESPECES

La littérature récente a montré qu'il existait, chez les poissons, de grandes différences d'efficacité entre le LHRH et celle de l'analogue Des-Gly¹⁰- [D-Ala⁶] LHRH éthylamide. Le LHRH-A apparaît plus actif que le LHRH sur la stimulation de la sécrétion gonatrophe chez le poisson rouge (Peter, 1980), la carpe (Breton et al, 1983) et le saumon coho (Van der Kraak et al, 1983).

Chez la tanche, il faut administrer des doses de l'ordre de 100-200 μ g/kg de LHRH pour induire l'ovulation (Kouril et Barth, 1981) alors que 10-40 μ g de LHRH-A suffisait (Kouril et al, 1983). De même chez la carpe, le LHRH-A est plus efficace que le LHRH pour stimuler la spermiation à la dose de 10 μ g/kg, mais pas à la dose de 50 μ g/kg où le LHRH se montre aussi actif que le LHRH-A (Billard et al, 1983 a).

Chez le bar, des injections intramusculaires pratiquées pendant la période de reproduction, à la Station de Biologie de Sète, (entre Novembre et Mars), ont également montré que le LHRH-A est beaucoup plus actif que le LHRH (tableau 1). Un LHRH commercial (Fertagyl, Intervet) n'est pas actif sur l'ovulation à la dose de 100 µg/kg; l'ovulation a cependant été obtenue à la dose de 1 mg/kg. Les expériences portant sur le LHRH-A à diverses doses et réalisées sur des effectifs réduits, tendent à montrer que l'ovulation peut être induite à partir de 0,5 µg/kg.

Ces doses de LHRH-A induisant l'ovulation apparaissent relativement faibles, comparées à celles habituellement rapportées dans la littérature pour le même analogue pour d'autres espèces de poissons d'eau douce, par exemple : 10 µg/kg en injection chez différentes espèces de carpes chinoises (Anon, 1977), plus de 100 µg/kg en injection intrapéritonéale chez le poisson rouge (Sokolowska et al, 1984), 50 µg/kg sous forme d'implant en silastic chez la truite arc-en-ciel, 5 µg/kg étant inactif, (Weil, résultats non publiés), 40 µg/kg en injection intrapéritonéale chez le saumon (Donaldson et al, 1982)

De même avec un autre analogue, le D-Trp⁶ Des Gly¹⁰ LH-RH éthylamide des doses de 37 et 184 µg/kg, administrées sous forme d'implant, sont efficaces chez la truite arc-en-ciel (Crim et al, 1983-b).

Bien qu'il soit difficile de comparer tous ces résultats étant donné les différents modes d'administration, les différences toujours possibles dans le stade sexuel, lors du traitement, et la gamme de doses de LHRH-A essayée par ces différents auteurs, le bar semble être un modèle intéressant car il apparaît peu sensible au LHRH et très sensible au LHRH-A (tabl. 1). L'ovulation peut donc être induite par ce composé comme le fait en routine une séquence de deux injections de 1000 UI/kg de HCG espacées de 6 heures.

Les doses de LHRH et à un moindre degré de LHRH-A, apparaissent en général devoir être administrées à des doses relativement élevées pour obtenir une réponse gonadotrope hypophysaire et une reprise gonadique chez les poissons téléostéens. Ces doses sont plus fortes que celles généralement utilisées chez les vertébrés supérieurs. Cela peut être attribué à un problème de spécificité zoologique, mais la démonstration d'une telle spécificité n'a pas encore été faite clairement. Un autre élément d'explication peut résider dans le fait qu'il existe au moins dans certaines familles de poisson un système inhibiteur de la sécrétion gonadotrope hypophysaire qui pourrait limiter les effets du LHRH exogène; ce point sera discuté ci-après.

II - LE SYSTEME INHIBITEUR DE LA SECRETION GONADOTROPE CHEZ LES TELEOSTEENS ET LES POSSIBILITES DE LA LEVEE D'INHIBITION

L'existence d'un système inhibiteur de la sécrétion gonadotrope a été démontrée chez le poisson rouge par Peter et al, 1978, Peter et Paulencu, 1980.

Cette inhibition de la sécrétion gonadotrope hypophysaire est originelle du noyau préoptique périvericulaire (NPP) qui est situé dans la région antéroventrale de la zone préoptique (voir revue par Peter, 1982). La fig. 1 montre bien que la lésion du NPP chez des poissons rouges ♂ et ♀, au repos sexuel, provoque une augmentation significative de la sécrétion gonadotrope hypophysaire par rapport à une opération fantôme. Cette augmentation est plus forte qu'après injection de LHRH-A seul, à la dose de 100 µg/kg poids vif. La combinaison de la lésion et de l'administration de LHRH-A amplifie fortement la réponse. La réponse due à la stimulation avec le LHRH-A seul, appliqué à des femelles gravides n'entraîne en général pas ou peu d'ovulation; par contre, les lésions et la combinaison lésion-stimulation induit l'ovulation de la plupart des femelles traitées (Peter et Paulencu, 1980).

**TABEAU 1 : EFFET DE HCG, LHRH (FERTAGYL, INTERVET),
LHRH-A (SIGMA) SUR L'OVULATION DU BAR**
BARNABE ET AL (NON PUBLIE)

TRAITEMENT	DOSE /KG	♀ INJECTÉES	♀ OVULÉES
LHRH	1 µg	6	0
	100 µg	4	0
	1 MG	6	6
LHRH-A	0,1 µg	3	2
	0,5 µg	4	4
	1 µg	6	6
	10 µg	3	3
HCG	2 X 1000 UI	9	9
SOLVANT	0,5 ML	5	0

TABEAU 2

NOMBRE DE JOURS ÉCOULÉS ENTRE LE TRAITEMENT ET L'OVULATION AU TAUX DE 80 % CHEZ LA TRUITE FARIO. LES VALEURS CORRESPONDENT À DIFFÉRENTES EXPÉRIENCES FAITES AU COURS DE LA SAISON DE REPRODUCTION 1982 À LA PISCICULTURE DE VERMENOUX.

TRAITEMENT	LRH-A SEUL			LRH-A + PIMOZIDE				
	INJECTION		IMPLANT	INJECTION			IMPLANT	
	1	2 ^(a)		MG PIM.			MG PIM.	
				0	1	10	0	10
DOSE DE LRH-A								
0 µg	12	12	14	8	11	6	12	11
1 "	14	16	15	12	7	6	--	--
5 "	--	--	--	--	--	--	--	7
10 "	8	9	15	6	5	4	--	--
50 "	--	--	--	--	--	--	--	5

(a) LA 2ÈME INJECTION EST ADMINISTRÉE 6 J. APRÈS LA 1ÈRE. LES JOURS SONT COMPTÉS APRÈS LA 1ÈRE INJECTION.

LES DOSES SONT DONNÉES PAR KG DE POIDS VIF

D'APRÈS BILLARD ET AL, 1983c

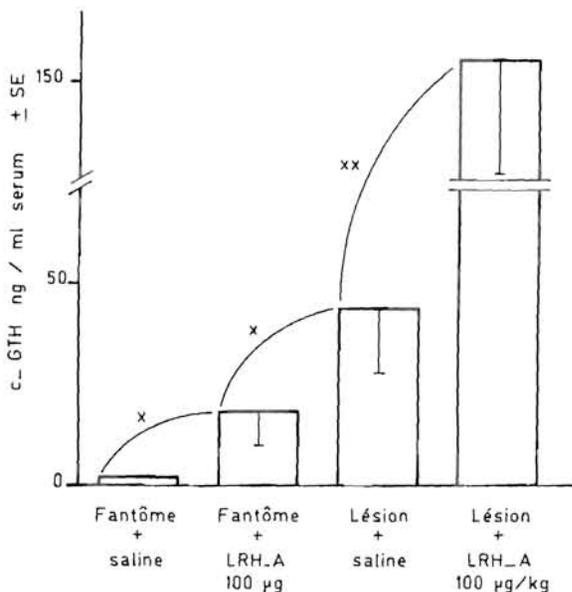


Fig. 1 : Effets consécutifs à l traitement au LHRH-A (100 µg/kg de poids vif) ou à des lésions du NPP, réalisés indépendamment ou en association, sur le taux de gonadotrophine (c-GTH) chez le poisson rouge (sexes mélangés) au repos sexuel. Température d'élevage 20°C, photopériode : 16 L 8 N (Peter et Billard, non publié)
 Fantôme = opération fantôme
 Saline = solution saline
 * P < 0,05
 ** P < 0,01

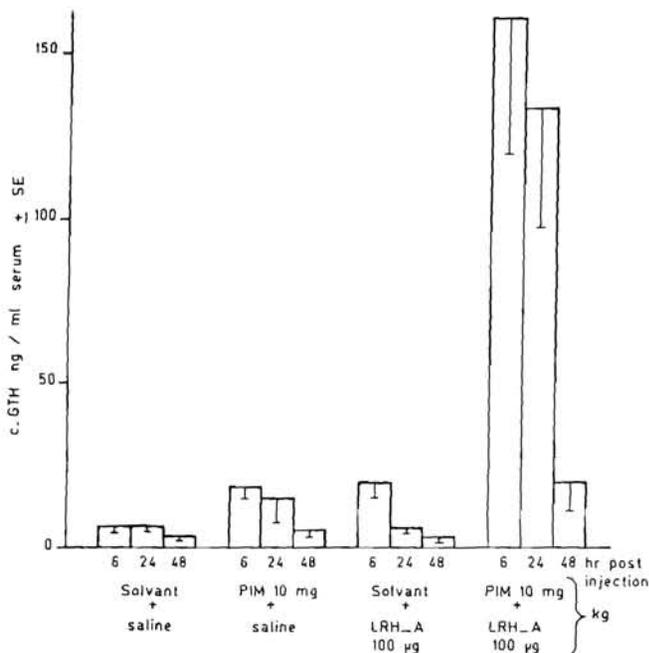


Fig. 2 : Effets de l'administration de LHRH-A associé ou non au pimozone (PIM) sur le taux de sécrétion de gonadotrophine chez le poisson rouge mâle en spermiation. Chaque lot reçoit le pimozone ou son solvant (Ringer acidifié), suivi 6 h plus tard de l'injection de LHRH-A ou de solution saline (saline). Les prélèvements de sang sont effectués 6, 24 et 48 heures après l'injection. Température d'élevage 20°C. Photopériode : 16 L 8 N (Sokolowska, Billard et Peter, non publié).

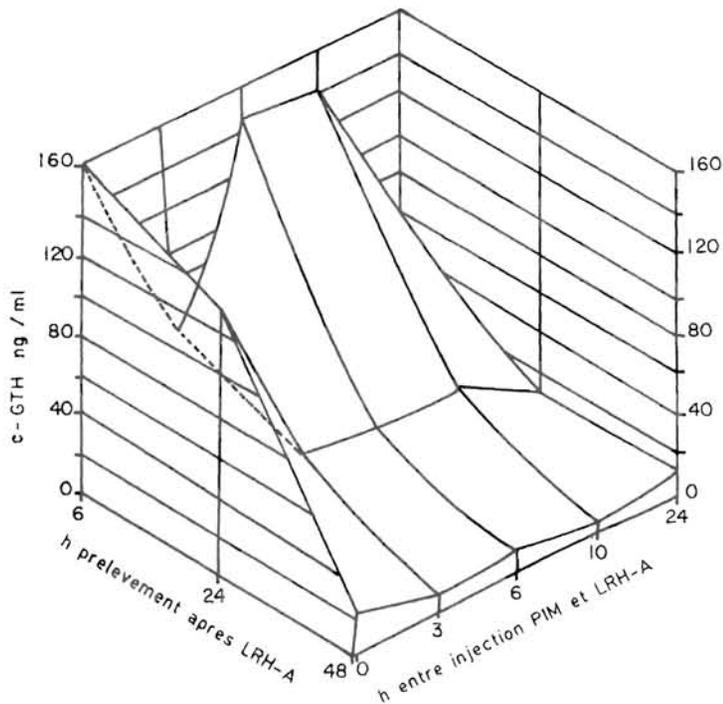


Fig. 3 : Evolution des teneurs en gonadotrophine(en ng/ml sérum) après traitement au pimozide (PIM) (10 mg/kg) et au LHRH-A (100 µg/kg) chez le poisson rouge mâle en spermiation. L'intervalle entre l'injection de pimozide et de LHRH-A varie entre 0 et 24 h et les prélèvements de sang sont pratiqués 6, 24 et 48 heures après l'injection de LHRH-A. Température d'élevage 20°C - photopériode 16 L 8 N (Sokolowska, Billard et Peter, non publié).

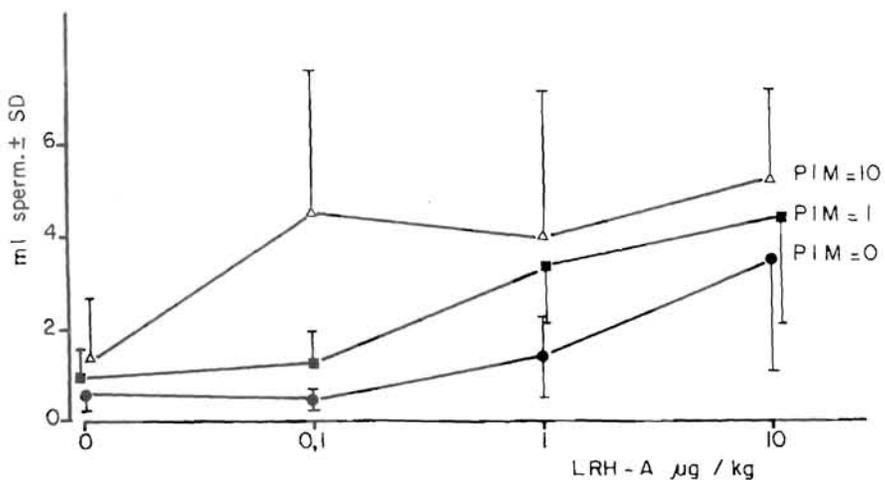


Fig. 4 : Effets de doses croissantes de LHRH-A et de pimozide (PIM) sur la stimulation de la spermiation chez la carpe mâle. Expérience réalisée en Août sous photopériode naturelle et à une température d'élevage variant entre 16 et 19°C (Billard et al, non publié).

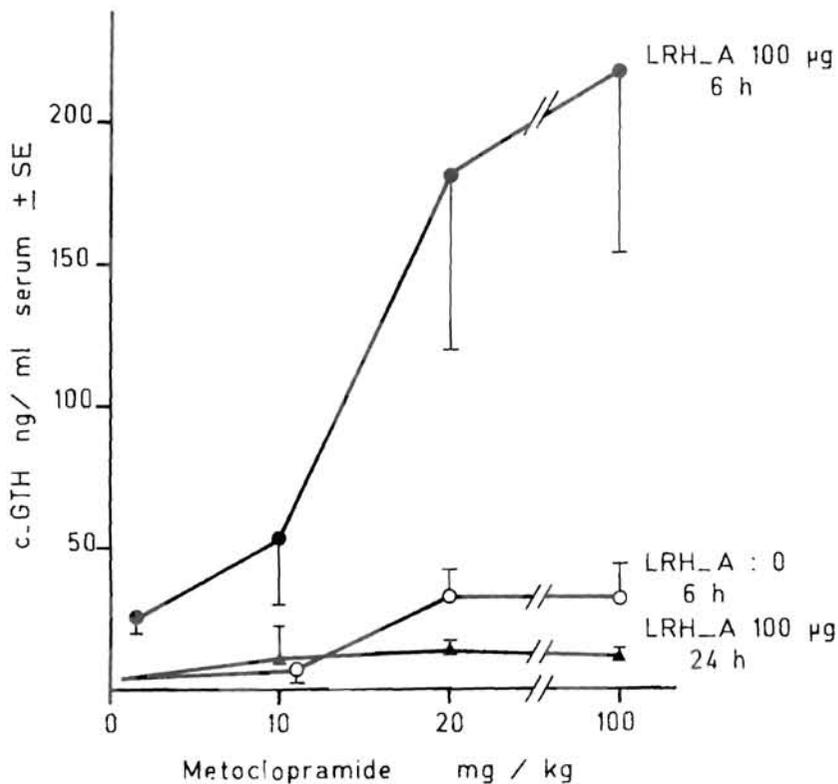


Fig. 5 : Effets, chez le poisson rouge femelle gravide, de doses croissantes de mé-toclopramide (composé antidopaminergique) associé ou non (6 h plus tard) à du LHRH-A (100 µg/kg), sur le taux de C-GTH dans le sérum mesuré 6 et 24 heures après l'injection de LHRH-A ou de solution saline. Température d'élevage 20°C, photopériode (16 L 8 N) (Billard, Nohorniak et Peter, non publié).

Une situation analogue a été retrouvée chez la carpe où une lésion de l'aire préoptique provoque l'ovulation (Peter et al, non publié) : on voit que la levée de l'inhibition de la sécrétion gonadotrope par lésion du noyau hypothalamique autorise une stimulation beaucoup plus importante que par le LHRH-A.

Les recherches conduites pour identifier les facteurs impliqués ont montré que l'inhibition était due à la dopamine (Chang et Peter, 1982, 1983 a-b, Chang et al, 1983).

Dès lors des tentatives ont été faites pour associer des produits antidopaminergiques avec le LHRH-A. Le traitement conjoint de pimozide 10 mg/kg LHRH-A 100 µg/kg entraîne une amplification de la sécrétion gonadotrope chez le poisson rouge (Chang et Peter, 1982, 1983 b, Sokolowska et al, 1983) (voir aussi fig. 2); chez la carpe, Billard et al, 1983 b obtiennent l'induction de l'ovulation et la stimulation de la spermiation (doses de 50 µg/kg de LHRH-A et 10 mg/kg de pimozide. Une telle association a aussi été tentée avec succès chez la truite arc-en-ciel pour avancer l'ovulation, mais la fertilité des ovules s'est trouvée réduite par le traitement avec le pimozide (Billard et al, 1983 c). Chez la truite fario, le traitement combiné pimozide-LHRH-A, appliqué en pleine période de reproduction, avance les ovulations sans affecter la fertilité des ovules (Billard et al 1983 c) (voir aussi tabl. 2).

Dans les expériences qui viennent d'être rapportées, le traitement au pimozide était administré 6 heures avant l'injection de LHRH-A afin de ménager un certain temps pour la levée d'inhibition. Dans l'expérience rapportée dans la fig. 3 et portant sur le poisson rouge en spermiation, il apparaît que ce délai n'est pas nécessaire et que l'administration simultanée du pimozide et du LHRH-A entraîne une augmentation de la C-GTH sérique aussi importante que si les injections sont espacées de 6 h; la diminution observée après un intervalle de 3 h reste inexplicée.

Du fait du coût du traitement et en raison des effets délétères observés sur la fertilité des ovules chez les salmonidés, des essais de diminution des doses de pimozide ont été tentés. Chez la carpe mâle, il apparaît que les effets du traitement, mesurés par le volume de sperme recueilli, restent les plus marqués lorsque la dose de pimozide est de 10 mg/kg; dans ce cas, la réponse est maximale dès la dose de 0,1 µg/kg de LHRH-A (Billard, données non publiées). Il est donc nécessaire, au moins dans ce cas, de maintenir les doses élevées de pimozide de 10 mg, ce qui autorise une réduction de la dose de LHRH-A (fig. 4).

Un autre composé antidopaminergique, le métoclopramide a été testé en raison de son coût inférieur à celui du pimozide, mais les résultats de la figure 5 montrent que chez le poisson rouge gravide des doses élevées sont nécessaires, (20 à 100 mg/kg), pour obtenir des réponses notables. Ces réponses sont brèves et après 24 heures, le taux de C-GTH est revenu au niveau de base. La réponse était plus soutenue dans le temps dans le cas du pimozide administré à des ♂ spermiantes (voir fig. 2).

En conclusion, la levée du système inhibiteur de la sécrétion gonadotrope hypophysaire par des agents antidopaminergiques permet d'amplifier les effets du LHRH-A dont les doses peuvent alors être diminuées. Cependant, ces conclusions ne sont actuellement valables que pour un nombre limité d'espèces. L'existence d'effets secondaires sur la fertilité des oeufs, après traitement au pimozide dans le cas de l'avancement de l'ovulation chez la truite arc-en-ciel, demande à être confirmée mais semble inhérente à cette technique au moins pour certaines espèces.

Chez les mammifères, on a décrit un effet de désensibilisation de l'hypophyse par le LHRH ou ses analogues, quand ceux-ci sont administrés de façon prolongée : la sécrétion de LH est alors diminuée.

Chez les poissons, bien qu'un effet similaire ait été montré dans certaines conditions chez le poisson rouge O^{\rightarrow} avec des injections répétées d'un analogue (Peter, 1980), il n'a pas été retrouvé chez le saumon atlantique quand des analogues du LHRH sont administrés sous forme d'implants à certains stades de la gamétogénèse mâle et femelle (Crim et al, 1983 a). En effet des teneurs élevées en GTH sont observées chez le O^{\rightarrow} et la Q pendant 3 semaines, quand les implants sont administrés environ 2 mois avant la date de reproduction. Des prélèvements sanguins sériés, effectués chez le saumon préspermiant, ont montré que la teneur en GTH s'élevait dès le 1er jour après l'implantation et se maintenait à un niveau élevé pendant la durée de l'expérience qui était de 12 jours (Weil et Crim, 1983).

Ce maintien d'un niveau élevé de GTH pendant plusieurs semaines ne semble avoir lieu qu'à certains stades de la gamétogénèse; il serait plus bref (1 à 2 semaines) quand le LHRH est implanté chez des animaux déjà spermiants (saumon atlantique : Crim et al, 1983 a; truite arc-en-ciel : Weil, résultats non publiés).

Ces implants administrés environ 2 mois avant la reproduction se sont révélés actifs non seulement pour stimuler la sécrétion de GTH, mais également pour avancer l'ovulation (saumon atlantique : Crim et al, 1983 a; Crim et al, 1983 b) et la spermiation (Weil et Crim, 1983).

Plus récemment, l'avancement de l'ovulation a pu être obtenue chez la truite fario après implantation de doses plus faibles que celles utilisées par les précédents auteurs (5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ au lieu de doses allant de 37 à 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$), mais seulement en combinaison avec 10 mg/kg de pimozide (Billard et al, 1983 c et tableau 2). En effet, l'ovulation au taux de 80 % est obtenu au bout de 7 jours au lieu de 11 jours chez les témoins recevant seulement du pimozide. Elle est également avancée quand 50 μg de LHRH-A sont administrés avec 10 mg de pimozide. Par contre, le LHRH-A seul, aux doses de 1 et 10 μg , n'avance pas l'ovulation.

L'administration du LHRH sous forme d'implants semble être adéquate chez les salmonidés pour maintenir des niveaux élevés en GTH observés au cours de la maturation ovocytaire (Zohar, 1982). Ce même auteur a montré expérimentalement que ces niveaux de base élevés étaient nécessaires pour la synthèse par les follicules de la 17α hydroxy 20 β dihydroprogestérone, inducteur final de la maturation ovocytaire chez les salmonidés.

Par contre, l'administration de LHRH-A, sous forme d'implant, ne peut à elle seule résoudre le problème de la sensibilité de l'animal au LHRH-A chez d'autres espèces comme le poisson rouge. En effet, chez cette espèce, l'efficacité du LHRH-A n'est pas améliorée par son administration sous forme d'implant (Sokolowska et al, 1984). Seule l'action simultanée du pimozide (agent antidopaminergique, voir II) permet d'obtenir un pourcentage d'ovulation élevée, que le LHRH-A soit injecté ou administré sous forme d'implant. Il faut rappeler que la décharge ovulante de GTH chez cette espèce est brève (Breton et al, 1972, Stacey et al, 1979).

L'utilisation du LHRH-A sous forme d'implant semble avoir un avenir prometteur chez des espèces comme les salmonidés où les niveaux de GTH sont élevés pendant la maturation ovocytaire. Cependant, des études complémentaires restent à faire. Des réponses gonadotropes plus soutenues pourraient se révéler nécessaires et pourraient être induites en obtenant aussi une diffusion prolongée du pimozide. Parmi les problèmes qui surgissent, il apparaît nécessaire de pratiquer l'inter-vention à un moment précis du cycle, c'est-à-dire après que les taux d'oestradiol aient commencé de décroître. Il se peut en définitive que cette technique d'administration par implants demande plus de matériel, LHRH-A et pimozide, que par injection, ce qui en limiterait l'intérêt.

IV - CONCLUSION

Les travaux récents faisant appel au LHRH-A pour obtenir l'ovulation et la spermiation des poissons semblent prometteurs en particulier dans le cas d'une levée préalable de l'inhibition dopaminergique de la sécrétion gonadotrope hypophysaire. Une meilleure efficacité du GnRH se doit d'être recherchée en procédant comme cela fut fait chez les mammifères à la substitution des amino acides dans la séquence du GnRH spécifique.

Il est, par ailleurs, nécessaire d'obtenir, pour les différents groupes et espèces, une bonne connaissance des profils neurohormonaux et hormonaux lors de la séquence maturation ovocytaire-ovulation et spermiation d'une part, et de la réceptivité des divers organes cibles de l'axe hypothalamo-hypophysaire gonadique d'autre part.

-
- ANON., 1975 - Experiments on inducement of spawning in domestic fish by injection of synthesized hypothalamic luteinizing hormone releasing hormone (LH-RH). *Kexu Tongbao* 20, 1 : 43-48. Translation Series N° 4186 FMS.
- ANON., 1977 - Further research into the effects of LRH-A on induced ovulation in farm fish. *Acta Biochim. Biophys. Sinica*, 9 : 14-23.
- BILLARD R., 1983 - Sur quelques possibilités de maîtriser la reproduction chez les poissons téléostéens. *La Pisciculture Française*, 67 : 15-33.
- BILLARD R., CHOISIS J.-P. et REINAUD P., 1983 a - Stimulation of spermiation in carp in response to LH-RH and D-Ala⁶-LH-RH Ethylamide. *Aquaculture*, 35 : 173-176.
- BILLARD R., ALAGARSWAMI K., PETER R.-E. et BRETON B., 1983 b - Potentialisation par le pimozide des effets du LHRH-A sur la sécrétion gonadotrope hypophysaire l'ovulation et la spermiation chez la Carpe commune (*Cyprinus carpio*). C.R. Acad. Sc. Paris, 296, III : 181-184.
- BILLARD R., REINAUD P., HOLLEBECQ M.G. et BRETON B., 1983 c - Advancement and synchronisation of spawning in *Salmo gairdneri* and *S. trutta* following administration of LRH-A combined or not with pimozide. Symposium sur la reproduction des Salmonidés, Seattle, 31 Octobre-2 Novembre. Sous presse.
- BRETON B., BILLARD R., JALABERT B. et KANN G., 1972 - Dosage radio-immunologique des gonadotropines plasmatiques chez *Carassius auratus* au cours du nyctémère et pendant l'ovulation. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 18 : 463-468.
- BRETON B., JALABERT B., BIENIARZ K., SOKOLOWSKA M. et EPLER P., 1983 - Effects of synthetic LH-RH and analog on plasma gonadotropin levels and maturational response to 17 α -hydroxy-20 β -dihydroprogesterone. *Aquaculture*, 32 : 105-114.
- BRY C., 1980 - Temporal aspects of macroscopic changes in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) oocytes before ovulation and ova fertility during the post-ovulatory period; effect of treatment with 17 α -hydroxy-20 β -dihydroprogesterone. *Aquaculture*, 24 : 153-160.

Une partie des résultats expérimentaux présentés dans cette revue a été obtenue dans le cadre de l'ATP CNRS-CNEXO "Bases biologiques de l'Aquaculture".

- CHANG J.-P. et PETER R.-E., 1982 - Actions of dopamine on gonadotropin release in goldfish *Carassius auratus*. Richter CJJ and Goos H.J.Th. (comp.), Reproductive Physiology of Fish, PUDOC, Wageningen: 51p.
- CHANG J.-P. et PETER R.-E., 1983 a - Effects of dopamine on gonadotropin release in female goldfish *Carassius auratus*. Neuroendocrinology, 36 : 351-357.
- CHANG J.-P. et PETER R.-E., 1983 b - Effects of pimozide and Des Gly¹⁰, [D-Ala⁶] luteinizing hormone-releasing hormone ethylamide on serum gonadotropin concentrations, germinal vesicle migration and ovulation in female goldfish *Carassius auratus*. Gen. Comp. Endocrinol., 52 : 30-37.
- CHANG J.-P., COOK A.-F. et PETER R.-E., 1983 - Influence of catecholamines on gonadotropin secretion in goldfish *Carassius auratus*. Gen. Comp. Endocrinol., 49: 22-31.
- CRIM L.-W. et GLEBE B.-D., 1983 - Advancement and synchrony of ovulation in atlantic salmon with pelleted LHRH analog. Symposium sur la reproduction des salmonidés, Seattle, 31 Octobre-2 Novembre. Sous presse.
- CRIM L.-W., EVANS D.-M. et VICKERY B.-H., 1983 a - Manipulation of the seasonal reproductive cycle of the landlocked atlantic salmon (*Salmo salar*) by LHRH analogues administered at various stages of gonadal development. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 40 : 61-67.
- CRIM L.-W., SUTTERLIN A.-M., EVANS D.-M. et WEIL C., 1983 b - Accelerated ovulation by pelleted LHRH analogue treatment of spring-spawning rainbow trout (*Salmo gairdneri*) held at low temperature. Aquaculture, 35 : 299-307.
- DONALDSON E.-M., HUNTER G.-A., VAN DER KRAAK G. et DYE H.-M., 1982 - Application of LH-RH and LH-RH analogues to the induced final maturation and ovulation of Coho Salmon (*Oncorhynchus kisutch*). Richter CJJ and Goos H.J.Th. (comp.), Reproductive Physiology of Fish, PUDOC, Wageningen : 177-180.
- HOUSE E.-W., DORNAUER R.-J. et VAN LENTEN B.-J., 1979 - Production of coronary arteriosclerosis with sex hormones and human chorionic gonadotropin (HCG) in juvenile steelhead and rainbow trout *Salmo gairdneri*. Atherosclerosis, 34 : 197-206.
- JALABERT B., BRETON B., BRZUSKA E., FOSTIER A. et WIENIAWSKI J., 1977 - A new tool for induced spawning : the use of 17 α -hydroxy-20 β -dihydroprogesterone to spawn carp at low temperature. Aquaculture, 10 : 353-364.
- KOURIL J. et BARTH T., 1981 - Inducing fish egg ovulation by means of LH-RH in the artificial stripping of tench (*Tinca tinca*). Bul. Vúrh Vodnany, 1 : 13-18.
- KOURIL J., BARTH T., HAMACKOVA J., SLANINOVA J., SERVITOVA L., MACHACEK J. et FLEGEL M., 1983 - Application LH-RH and its analog for reaching ovulation in female tench, grass carp, carp and sheat fish. Bul. Vúrh Vodnany, 2 : 3-16.
- LAM T.J., 1982 - Applications of endocrinology to fish culture. Can. J. Fish Aquat. Sci., 39 : 111-137.
- PETER R.-E., 1980 - Serum gonadotropin levels in mature male goldfish in response to luteinizing hormone-releasing hormone (LH-RH) and des-Gly¹⁰-[D-Ala⁶]-LH-RH ethylamide. Can. J. Zool., 58 : 1100-1104.
- PETER R.-E., 1982 - Nature, localization and actions of neurohormones regulating gonadotropin secretion in teleosts. Richter CJJ and Goos H.J.Th. (comp.), Reproductive Physiology of Fish, PUDOC, Wageningen : 30-39.

- PETER R.-E. et PAULENCU C.R., 1980 - Involvement of the preoptic region in gonadotropin release-inhibition in goldfish *Carassius auratus*. *Neuro-endocrinology*, 31 : 133-141.
- PETER R.-E., CRIM L.-W., GOOS H.J.Th. et CRIM J.-W., 1978 - Lesioning studies on the gravid female goldfish : neuro-endocrine regulation of ovulation. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 35 : 391-401.
- SOKOLOWSKA M., PETER R.-E., NAHORNIAK C.-S., PAN C.H. et CHANG J.-P., 1984 - Induction of ovulation in goldfish *Carassius auratus* by pimozide and analogues of LH-RH. *Aquaculture*, 36 : 71-83.
- STACEY N.-E., COOK A.-F. et PETER R.-E., 1979 - Ovulatory surge of gonadotropin in the goldfish *Carassius auratus*. *Gen. Comp. Endocrinol.*, 37 : 246-249.
- VAN DER KRAAK G., LIN H.-R., DONALDSON E.-M., DYE D.-M. et HUNTER G.-A., 1983 - Effects of LH-RH and des-Gly¹⁰-[D-Ala⁶]-LH-RH-ethylamide on plasma gonadotropin levels and oocyte maturation in adult female Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, 49 : 470-476.
- WEIL C. et CRIM L.-W., 1983 - Administration of LHRH analogues in various ways : effect on the advancement of spermiation in prespawning landlocked salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 35 : 103-115.
- ZOHAR Y., 1982 - L'évolution de la pulsativité et des cycles nycthémeraux de la sécrétion gonadotrope chez la truite arc-en-ciel femelle en relation avec le cycle sexuel annuel et par rapport à l'activité stéroïdogène de l'ovaire. Th. Doctorat Etat, Paris
- ZOHAR Y. et BILLARD R., 1978 - New data on the possibilities of controlling reproduction in teleost fish by hormonal treatment. *Coll. Aquac. Thon, Sète, Actes de Colloques du CNEXO*, 8 : 111-123.