



PROGRAMME
DES NATIONS UNIES
POUR L'ENVIRONNEMENT



Distribution
RESTREINTE
UNEP/WG-15/4
30 janvier 1978

Consultation d'experts sur le développement
de l'aquaculture en Méditerranée convoquée
par le Gouvernement grec en collaboration
avec la FAO(CGPM) et le PNUE

Athènes, 13 - 19 mars 1978

F

SYSTEMES D'AQUACULTURE COTIERE
DES POISSONS ET DES CRUSTACES EN MEDITERRANEE

par

G. Ravagnan
Società Industriale Riproduzione Artificiale Pesce
Padoue, Italie

W/G6911

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION	1
2. DEFINITIONS	1
2.1 Aquaculture en eau douce, salée ou saumâtre	1
2.2 La pêche et la pisciculture	1
2.3 Pisciculture intensive, extensive, semi-intensive	2
2.4 Methodes de pisciculture en eau stagnante, courante ou semi-courante	2
3. ELEVAGE EXTENSIF	3
4. ELEVAGE INTENSIF	6
5. ETUDE DES DIFFERENTES FORMES DE PISCICULTURE DU POINT DE VUE ENERGETIQUE	8
6. DESCRIPTION D'UN MODELE DE VALLICULTURE MODERNE	13
6.1 Introduction	13
6.2 Description	16
6.3 Le secteur de l'élevage intensif	18
6.4 Le secteur d'élevage semi-intensif	18
6.5 Le circuit hydrique	19
6.6 Validité commerciale et énergétique du modèle décrit	19
7. AUTRES ESPECES DE POISSONS SUSCEPTIBLES D'ETRE ELEVEES	23
8. CONCLUSION	23
Annexe 1 COUT DETAILLE DES INSTALLATIONS DE PISCICULTURE	29
9. CONSIDERATIONS PARTICULIERES A L'ELEVAGE DES CRUSTACES - INSTALLATIONS D'ELEVAGE DE <u>Penaeus kerathurus</u> et <u>P. japonicus</u>	33
9.1 Installation d'élevage intensif en bassins de terre ou en bassins naturels adaptés	33
9.2 Installations d'élevage intensif en bacs de ciment	36
9.3 Installation d'élevage hyperintensif	38
Annexe 2 COUT DETAILLE DES INSTALLATIONS DE BASE POUR L'ELEVAGE DES CRUSTACES	45

1. INTRODUCTION

L'auteur se propose des objectifs éminemment pratiques: il s'agit en fait de donner des indications sur les possibilités de développement de l'aquaculture en eau de mer ou saumâtre, dans la région méditerranéenne.

A cet effet, nous croyons judicieux de procéder comme suit:

- (a) en premier lieu, déterminer clairement les concepts de base propres à permettre d'interpréter sans équivoque certains termes fréquemment utilisés, dès lors qu'il s'agit de pisciculture;
- (b) fournir un cadre des caractéristiques et du potentiel de certaines formes de pisciculture;
- (c) examiner la validité des différentes stratégies de production, du point de vue commercial;
- (d) en examiner la validité, également du point de vue énergétique;
- (e) présenter enfin un modèle d'installation valable du point de vue commercial et énergétique, dans les pays du bassin méditerranéen.

2. DEFINITIONS

2.1 Aquaculture en eau douce, salée ou saumâtre

Certaines espèces de poissons vivent et peuvent être sans difficulté élevés aussi bien en eau douce qu'en eau salée ou saumâtre. On citera en exemples certaines variétés de mullets, l'anguille, la truite, la carpe et le loup. Quelles sont donc les limites entre l'aquaculture en eau douce, salée ou saumâtre? Elles sont difficiles à établir si l'on prend pour élément déterminant la concentration en sel des eaux, d'autant plus que dans un même bassin les conditions de salinité varient très largement selon les saisons, le cas échéant de zéro jusqu'à des teneurs élevées. Il en est notamment ainsi dans de nombreux bassins situés dans des zones d'estuaire, à proximité de l'embouchure des fleuves ou encore dans les torrents à débit saisonnier. On ajoutera que des espèces de poissons d'"eau douce" et d'"eau salée" peuvent vivre ensemble dans le même milieu.

Il semble beaucoup plus pratique de se référer à une caractéristique biologique très précise qui lie les différentes espèces à différents milieux. Ainsi on pourra parler d'aquaculture en eau douce lorsqu'on élève des espèces qui se reproduisent en eau douce; d'aquaculture en eau de mer ou saumâtre dès lors que l'on a affaire à des espèces qui se reproduisent en eau de mer ou saumâtre, respectivement.

2.2 La pêche et la pisciculture

Il arrive que l'on se demande quelle est la différence entre la pêche et l'élevage, en particulier, lorsqu'on se trouve en présence d'une pisciculture extensive, implantée dans des zones lagunaires. Le fait que l'organisation, les méthodes et les engins de capture soient presque toujours différents selon qu'il s'agit de pêche ou de pisciculture ne suffit pas à établir une distinction entre les deux activités. Par contre, l'ensemencement constitue sans aucun doute un élément de différenciation. En effet, la pêche se concrétise par des opérations de capture seulement et ne fait pas appel à d'autres activités préliminaires en dehors de celles qui sont étroitement liées ou prévues aux fins de la pêche elle-même. Par contre, l'élevage présuppose l'"ensemencement", c'est-à-dire l'introduction de jeunes poissons dans des secteurs dont on tirera ensuite le produit fini. Dans ce cas, l'opération de capture ne représente que la phase finale du processus de production.

2.3 Pisciculture intensive, extensive, semi-intensive

Il nous semble utile, avant de nous consacrer à la pisciculture, de définir les concepts d'"intensif", "extensif", "semi-intensif". En général, ceux qui s'occupent de la question, même s'agissant de techniciens et de chercheurs, définissent comme "intensif" l'élevage effectué sur de très fortes densités, sans d'ailleurs indiquer le seuil de charge en deçà duquel on ne peut plus parler d'élevage intensif. Ils définissent par contre comme "extensif" l'élevage caractérisé par une faible densité, sans fixer le plafond au-delà duquel l'élevage n'est plus extensif. Dès lors que l'on peut admettre que l'élevage "semi-intensif" se trouve dans une zone intermédiaire, il nous faudrait supposer qu'il vise tout le secteur qui n'est pas couvert par l'élevage intensif et extensif; en vérité, ces limites sont très vagues.

En fait, la densité n'est qu'une caractéristique secondaire, encore qu'évidente, des différentes formes d'élevage. L'importance spécifique du peuplement ichthyologique est d'ailleurs fonction de la quantité d'éléments nutritifs disponibles dans le milieu et il est inévitable que lorsqu'on entend déborder les limites de peuplement typiques pour un milieu déterminé, il faut administrer une alimentation d'appoint correspondant aux résultats que l'on souhaite obtenir.

Nous pouvons donc retenir le régime alimentaire en tant que caractère distinctif d'une certaine forme d'élevage, lequel est considéré comme intensif lorsqu'il tire intégralement de "l'extérieur" sa base alimentaire et extensif lorsqu'il la trouve exclusivement dans le "milieu"; la pisciculture semi-intensive est donc celle qui tire parti du milieu, mais aussi d'une nourriture d'appoint provenant de l'extérieur. Cet appoint peut être "simultané" c'est-à-dire qu'il est fourni constamment, pendant tout le cycle productif; il peut aussi être "coordonné", ou venant se substituer à l'alimentation naturelle pendant certaines phases du cycle productif (en général au cours des premier et deuxième stades de l'élevage).

2.4 Méthodes de pisciculture en eau stagnante, courante ou semi-courante

La méthode de pisciculture en eau stagnante intervient lorsqu'on dispose de petites quantités d'eau relativement "froide"; elle se caractérise par les conditions ci-après:

- (1) échanges extrêmement réduits et irréguliers, effectués avec de l'eau dont la température est sensiblement inférieure à la température optimale d'élevage (on utilise presque toujours des eaux souterraines à une température voisine de 12 à 14°C);
- (2) régime thermique de l'eau d'alimentation directement lié aux conditions atmosphériques;
- (3) production d'oxygène confiée à l'environnement (phytoplancton). Par contre, la méthode de pisciculture en eau courante peut être adoptée lorsqu'on dispose d'eau relativement "chaude" en abondance.

Les caractéristiques de cette méthode sont les suivantes:

- (1) échanges hydriques très intenses et continus;
- (2) température de l'eau d'alimentation, directement liée aux températures de l'eau en circulation;
- (3) le courant d'eau fait face aux besoins d'oxygène.

La pisciculture en eau semi-courante représente un compromis, ou plus précisément une combinaison entre plusieurs méthodes de pisciculture en eau stagnante et en eau courante. On préfère cette méthode lorsqu'on dispose d'eau "froide" en abondance ou d'eau "chaude" en quantité légèrement insuffisante. Dans l'un et l'autre cas, la collaboration du milieu

revêtira une importance essentielle. La méthode d'élevage en eau semi-courante sera en fait caractérisée par l'appoint indispensable apporté aux ressources environnementales par les ressources hydriques, les unes et les autres étant insuffisantes pour faire face, prises isolément, aux besoins de l'élevage.

Suivant que le débit est plus ou moins important, les caractéristiques de l'élevage se rapprocheront davantage de la pisciculture en eau stagnante ou en eau courante.

3. ELEVAGE EXTENSIF

L'aquaculture extensive se justifie dans les zones lagunaires ou les régions côtières inondables, et ne saurait être confondue avec la pêche car une opération d'ensemencement est à la base de ce processus de production.

L'ensemencement peut être effectué dans les conditions ci-après: (a) en favorisant la remontée (migration anadrome) des jeunes poissons provenant de la mer et en empêchant leur "descente" à la mer (migration catadrome); (b) en capturant des alevins dans des eaux de mer plus ou moins éloignées et en les introduisant dans des bassins contrôlés; (c) en faisant appel à des procédés de reproduction induite. Indépendamment de la quantité de produit qu'il est apte à fournir, un élevage est dit "extensif" lorsqu'il ne fait appel qu'au "milieu" pour en tirer son alimentation.

Les principales caractéristiques structurales d'un élevage extensif sont représentées par la délimitation des étendues d'eau que l'on a l'intention de contrôler, les dispositions prises aux fins d'assurer des "communications contrôlées" avec le milieu extérieur, les installations mises en place pour la capture du produit. Les élevages extensifs situés dans des régions "froides" doivent aussi être dotés de structures propres à défendre le poisson contre les rigueurs de l'hiver.

Les stations d'élevage extensif situées dans la région méditerranéenne produisent essentiellement les espèces ci-après:

- Sparus aurata (daurade)^{1/}
- Dicentrarchus labrax (loup)
- Mugil auratus (mulet doré)
- Mugil chelo (mulet à grosses lèvres)
- Mugil cephalus (muge cabot)
- Mugil saliens (mulet sauteur)
- Mugil capito (mulet porc)
- Anguilla anguilla (anguille)

Toutes ces espèces sont euryhalines et eurythermes, chacune d'entre elles étant cependant caractérisée par une capacité de résistance propre aux conditions de salinité et de température. En règle générale nous affirmerons qu'une salinité comprise entre 15 et 25 pour mille et une température de 18 à 25°C constituent un milieu optimal, pratiquement commun à toutes les espèces citées; néanmoins, il faut tenir compte du fait que S. aurata et M. auratus ne s'adaptent pas à l'eau douce et qu'une température de 4 à 5°C est mortelle pour S. aurata alors que D. labrax résiste jusqu'à 2°C, Mugil jusqu'à 3-4°C et Anguilla jusqu'à 0-1°C.

^{1/} Les noms communs des espèces (à l'exception de l'anguille) sont tirés de l'ouvrage "Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et mer Noire (zone de pêche 37) FAO, 1973". La même remarque vaut pour la page 16

Toutes ces espèces supportent des températures assez élevées (34 à 35°C), qui représentent toutefois des conditions très critiques en matière d'élevage.

Dans les régions favorisées par le climat, l'élevage se pratique de façon pratiquement continue; la durée du cycle productif est réduite au minimum et la capture n'est pratiquement pas liée au déroulement des saisons.

Les méthodes d'élevage extensif typique se caractérisent par des lâchers d'alevins dans les zones d'alimentation, le produit étant recueilli lorsqu'il a atteint la taille commerciale. Il existe cependant des zones caractérisées par un climat "froid", où la saison d'élevage est assez brève (5 à 6 mois). Dans ce cas, le cycle d'élevage se prolonge dans le temps et s'articule en différentes opérations. Au printemps, on procède à l'ensemencement, en automne à la récolte et à l'introduction dans des bassins d'hivernage; au printemps suivant, il est remis dans les zones d'alimentation. Ces opérations sont répétées jusqu'à ce que le produit ait atteint sa taille commerciale.

Les productions possibles en conditions de pisciculture extensive varient entre cent et cinq cents kilogrammes/ha/an selon, précisément, l'aire géographique et les conditions climatiques et écologiques dans lesquelles les élevages opèrent.

Le coût de construction d'une station d'élevage extensif peut varier assez sensiblement en fonction d'assez nombreux facteurs. Nous citerons: la conception et le type des ouvrages de délimitation des bassins (dans certains cas, il s'agit de véritables ouvrages maritimes); la nature et la situation des terrains; la nécessité de prévoir ou non des installations d'hivernage; la nécessité de renforcer ou de remplacer les marées par des installations de pompage, etc. Le coût de l'hectare d'élevage extensif est affecté par tous ces facteurs, en fonction du rapport qui s'établit entre l'importance de ces ouvrages et la superficie en cause.

Il est donc extrêmement difficile de fournir une indication du coût valable dans tous les cas. Par contre, en calculant les frais d'amortissement maximums auxquels peut faire face l'activité, on peut indiquer les limites de coût qu'il ne faut pas dépasser.

Un élevage extensif de 400 hectares, produisant en moyenne de 100 kg/ha/an aura un bilan économique du type ci-après (en U.S.\$)^{1/}:

	Coûts	Revenus
Direction de l'entreprise et personnel d'administration	28 000	
Main-d'oeuvre	47 000	
Nourriture et logement du personnel	6 000	
Frais généraux (impôts, charges financières, frais d'administration, de poste, de téléphone, etc.	5 000	
Alevins: Daurades	15 000	
Loups	14 000	
Anguilles	6 000	
Autres espèces	35 000	

^{1/} Les coûts comme les revenus sont calculés sur la base des cotations moyennes pratiquées sur le marché européen. On peut supposer que dans les pays où les prix de vente du produit sont inférieurs, les coûts sont eux-mêmes moins élevés et que, par conséquent, le rapport d'équilibre ne varie pas

		Coûts	Revenus
Mulets	50 kg/ha/an		53 000
Anguilles	30 kg/ha/an		70 000
Loups	10 kg/ha/an		33 000
Daurades	10 kg/ha/an		33 000
Divers			6 000
		156 000	195 000
	Bénéfice	39 000	
		195 000	195 000

Les frais de construction d'une station d'élevage intensif sont le plus généralement relatifs à des ouvrages dont l'amortissement peut être étalé sur une trentaine d'années. Il s'agit en fait de digues en terre, de barrages, d'écluses, d'ouvrages de pêche, de bâtiments, de canaux, etc., en d'autres termes, de structures stables et durables, à condition d'être régulièrement entretenues. Une part, ne dépassant pas 20 pour cent de l'investissement total, devrait être destinée à des machines, des installations et des matériels dont l'amortissement ne dépasse pas cinq à dix ans. On peut donc dans l'ensemble prévoir un pourcentage annuel d'amortissement égal à quelque cinq pour cent du coût total, abstraction faite du prix du terrain.

Si l'on envisage de supporter un amortissement égal à 50 pour cent des revenus encaissés, on pourra justifier des investissements atteignant U.S.\$ 388 000 et même U.S.\$ 776 000 au cas où l'on renoncerait à réaliser un bénéfice pendant les vingt premières années. Les dépenses par hectare seraient donc égales à U.S.\$ 970 ou 1 940. Le rapport "capital immobilisé: potentiel de production annuelle", serait de 10 ou de 20 U.S.\$/kg.

Si nous nous consacrons maintenant à une station d'élevage extensif de 400 hectares, dont la production moyenne atteint 500 kg/ha/an, on peut établir le bilan économique suivant (en U.S.\$):

	Coûts	Revenus
Direction de l'entreprise et personnel d'administration	35 000	
Main-d'oeuvre	94 000	
Nourriture et logement du personnel	12 000	
Frais généraux (impôts, charges financières, frais d'administration, de poste, de téléphone, etc.)	7 000	
Biens de consommation, énergie, transport,	19 000	
Entretien	14 000	
Alevins: Daurades	115 000	
Loups	28 000	
Anguilles	12 000	
Autres espèces	247 000	

		Coûts	Revenus
Mulets	350 kg/ha/an		370 000
Anguilles	60 kg/ha/an		141 000
Loups	20 kg/ha/an		66 000
Daurades	70 kg/ha/an		247 000
Divers			12 000
		583 000	836 000
Bénéfice		253 000	
		836 000	836 000

Le montant des bénéfices qui apparaît dans ce cas nous permet d'affirmer qu'une pisciculture aussi rentable justifie des investissements très importants. En effet, en destinant à l'amortissement 50 pour cent des bénéfices, on pourrait immobiliser un capital de U.S.\$ 2 534 soit 6 350 U.S.\$/ha, tout en conservant une marge bénéficiaire suffisante pour réaliser un bon rapport foncier. Le rapport "capital immobilisé: potentiel de production annuelle" passerait alors à environ 12 U.S.\$/kg.

Nous avons volontairement présenté deux cas d'espèce extrêmes: l'un à la limite inférieure de rentabilité, l'autre à un niveau nettement supérieur. Le premier a trait à des élevages piscicoles implantés dans des zones moins favorisées du point de vue climatique, le second, dans des régions bien situées de ce point de vue.

Si l'aquaculture en eau saumâtre prenait de l'extension dans le sud du bassin méditerranéen, on se trouverait dans l'ensemble en présence des conditions climatiques et écologiques favorables et, par suite, on obtiendrait une productivité élevée. Ces initiatives se justifient donc incontestablement.

4. ELEVAGE INTENSIF

Au cours de la dernière décennie, on a expérimenté et mis au point des méthodes satisfaisantes d'élevage intensif des mulets, du loup, de la daurade et de l'anguille; ces méthodes ont permis, lorsqu'on disposait des installations voulues, d'obtenir des productions de 1 à 3 kg/m² pour les mulets, 5 à 20 kg/m² pour le loup, 3 à 5 kg/m² pour la daurade et 2 à 8 kg/m² pour l'anguille^{1/}. Les méthodes d'élevage et les types d'installations varient selon les espèces, voire pour une espèce donnée, lorsque les conditions pédologiques et hydriques appellent des techniques d'adaptation particulières. Les productions sont évidemment d'autant plus élevées que les conditions générales sont plus favorables (climat, ressources hydriques, nature des sols) et que l'installation est plus perfectionnée.

Les installations d'élevage intensif des mulets et de la daurade demandent des investissements peu importants (1 200 à 6 000 U.S.\$/ha) alors que pour le loup et l'anguille, il faut prévoir plusieurs dizaines de milliers U.S.\$ (de U.S.\$ 600 000 à 350 000 pour le loup; de U.S.\$ 47 000 à 94 000 pour l'anguille).

Les taux de conversion alimentaire, relatifs à des aliments secs, peuvent être évalués comme suit: 3 à 4:1 pour les mulets; 2 à 3:1 pour la daurade; 1,5 à 2,5:1 pour l'anguille.

^{1/} Pour l'anguille, on expérimente actuellement des installations d'élevage hyperintensif, dont le potentiel de production atteint 100 kg/m²

Les mullets sont élevés avec des aliments peu onéreux voire avec les détritiques d'autres installations de pisciculture intensive. La daurade, le loup et l'anguille, par contre, demandent des aliments à forte teneur en protéines animales. Chaque fois que possible, et lorsque cela se révèle rentable, on utilise aussi du poisson frais mélangé à des farines.

Récemment, on s'est tourné vers l'élevage intensif des mullets uniquement en tant qu'instrument favorisant la productivité des grands étendues d'eau (cf. p. 17); on ne pratique plus guère l'élevage intensif de la daurade car ce poisson donne des résultats excellents en pisciculture extensive (il est donc inutile d'exposer des dépenses pour son alimentation artificielle) et l'on se consacre, au contraire, à l'élevage intensif de l'anguille et du loup (cf. p. 17).

Dans ces conditions, nous émettrons deux hypothèses comptables: la première concernant une installation d'élevage intensif de l'anguille, la seconde, une installation d'élevage intensif du loup.

Premier bilan économique d'un élevage intensif d'anguille pouvant produire 200 t par an (en U.S.\$).

	Coûts	Recettes
Direction de l'entreprise	18 000	
Main-d'oeuvre: une personne/25 t	94 000	
Energie et combustible	40 000	
Alevins (achat et transport des civelles)	24 000	
Nourriture	280 000	
Biens de consommation	24 000	
Entretien	12 000	
Frais généraux	24 000	
Divers	12 000	
Amortissement (10 % /an)	94 000 ^{1/}	
Fonds d'auto-assurance	60 000	940 000
	682 000	
Bénéfice	258 000 ^{2/}	
	940 000	940 000

1/ Un établissement de ce genre nécessite environ 60 000 m² de bassins d'élevage, desservis en amont par un établissement d'élevage du premier stade, couvert et thermoconditionné, d'une superficie totale d'environ 1 250 m². Le coût de l'installation, terrain non compris, sera de l'ordre de U.S.\$ 940 000; le capital immobilisé, environ 5 U.S.\$/kg de capacité de production. S'il était possible d'acquérir dans le commerce de petites anguilles (4 à 5 g en moyenne) déjà habituées à se nourrir artificiellement, on pourrait établir des installations d'élevage dépourvues d'un secteur "premier stade". Dans ce cas, le bilan s'établirait comme suit: la rubrique "alevins" passerait à U.S.\$ 118 000, tandis que la rubrique "amortissements" baisserait d'environ 40 pour cent, le rapport main-d'oeuvre/production passerait à une personne/40 t. D'autres rubriques diminueraient également d'environ 10 pour cent: énergie, aliments, biens de consommation, entretien, fonds d'auto-assurance

2/ Ces bénéfices sont bruts, impôts et éventuelles charges financières non déduits

Deuxième bilan économique d'un élevage intensif de loup, pouvant produire 100 t par an (en U.S.\$).

	Coûts	Recettes
Direction de l'entreprise	18 000	
Main-d'œuvre : une personne/25 t	47 000	
Energie et combustible	40 000	
Alevins (achat)	176 000 ^{1/}	
Aliments	118 000	
Biens de consommation	12 000	
Frais généraux	18 000	
Divers	6 000	
Amortissement	76 000 ^{2/}	
Fonds d'auto-assurance	30 000	
	541 000	823 000
Bénéfice	282 000 ^{3/}	
	823 000	823 000

Les données économiques qui précèdent justifient la rentabilité d'installations d'élevage intensif d'anguille et de loup, mettant en lumière leur fort potentiel de production et, par suite, une incidence relativement faible du capital immobilisé par rapport au potentiel de production.

5. ETUDE DES DIFFERENTES FORMES DE PISCICULTURE DU POINT DE VUE ENERGÉTIQUE

Il est sans doute indispensable d'étudier attentivement la rentabilité commerciale des différentes formes de pisciculture; nous sommes cependant d'avis qu'il faut également examiner ses aspects énergétiques. En effet, nous pouvons nous trouver en présence d'une bonne rentabilité économique s'accompagnant d'un important déficit énergétique; dès lors même que celui-ci ne pèserait pas sur chaque entrepreneur isolé, toute collectivité nationale qui se trouverait débitrice envers l'étranger du déséquilibre de sa balance énergétique devrait néanmoins y réfléchir.

1/ Lorsque la station dispose aussi d'une installation de reproduction artificielle, la rubrique "Alevins" disparaît; l'amortissement" augmente d'environ 50 %, la main-d'œuvre, d'environ 60 %, les frais d'énergie, d'entretien et de biens de consommation d'environ 10 %. Pour produire 100 t de loup de taille moyenne (350 g), il faut disposer d'un million d'alevins de 2,5 à 3 cm de long.

2/ Les installations d'élevage intensif du loup peuvent être construites en ciment et en terre ou entièrement en ciment. Dans ce dernier cas, elles peuvent être situées à ciel ouvert ou couvertes. Dans l'un et l'autre cas, il faut prévoir une station d'alevinage couverte. Le coût de l'installation varie donc sensiblement selon les conditions climatiques et la densité d'élevage prévue. On ne manquera pas de tenir compte du fait que les installations les moins coûteuses supportent une densité moindre et que les installations protégées prolongent la saison d'élevage. On en déduit que l'incidence des capitaux immobilisés par kilogramme de potentiel de production se maintient dans tous les cas aux environs de U.S.\$ 7 à 8 pour une installation sans secteur de reproduction et autour de U.S.\$ 10 à 12 lorsqu'un tel secteur est prévu. Nous rappelons que le coût du sol est exclu de tous les calculs

3/ Ces bénéfices sont bruts, impôts et éventuelles charges financières non déduits

Dans les notes ci-après, nous nous référerons à trois formes diverses d'énergie: l'énergie primaire, subsidiaire et auxiliaire. Par énergie primaire, nous entendons celle qui arrive directement à l'écosystème et provient du soleil (radiations solaires); par énergie subsidiaire, celle qu'un écosystème donné peut tirer d'un autre écosystème (marées, vents, température des eaux, éléments nutritifs, etc.); enfin, nous définissons l'énergie auxiliaire comme celle qui est dérivée de circuits construits par l'homme, et qui utilise des sources d'énergie fossiles ou nucléaires (énergie thermique ou électrique).

Nous pouvons sans aucun doute attribuer aux élevages piscicoles extensifs un bilan énergétique nettement positif. L'expression est d'ailleurs impropre, voire absurde, se référant à des processus naturels; toutefois, nous l'employons pour mettre en évidence le fait que les installations piscicoles extensives ne font généralement pas appel, pour produire, à de grosses quantités d'énergie auxiliaire. En fait, on peut considérer que leur "apport productif" résulte des différentes composantes qui, ensemble, constituent la productivité du "milieu d'élevage", c'est-à-dire de l'écosystème.

L'homme n'intervient que pour coordonner et se borne à introduire dans le milieu une quantité minime d'énergie, essentiellement représentée par l'ensemencement, qui ne correspond qu'à quelque 0,3 à 0,6 pour cent, en poids, de la quantité produite et exprime en définitive la productivité naturelle de l'écosystème marin.

Les installations d'aquaculture en eau saumâtre sont presque toujours implantées, ou peuvent l'être, dans des zones d'estuaires, parfois dans des régions côtières émergées ou semi-émergées; elles sont toujours en communication contrôlée avec l'écosystème ambiant. Elles se trouvent donc fonctionner comme des "écosystèmes satellites", aptes à se procurer l'énergie subsidiaire à l'extérieur, sous forme de nutriments, d'énergie thermique, d'énergie mécanique, etc.

Ce prélèvement d'énergie subsidiaire concourt, dans une mesure variable, au renforcement du mécanisme d'"auto-enrichissement" du milieu d'élevage et, par suite, à la détermination de la productivité d'un élevage extensif. Il appartient alors à l'homme de s'insérer dans le système, d'une part en ayant soin de porter au maximum la productivité naturelle par de simples moyens de coordination et de contrôle, et d'autre part, en recourant à l'énergie auxiliaire, lorsque cela permet d'obtenir des augmentations de production rentables.

Dans le premier cas, il devrait avoir soin:

- (1) d'accroître l'input énergétique en tirant l'énergie subsidiaire de l'écosystème extérieur^{1/};
- (2) de réduire au minimum (et, si possible, d'éliminer) la quantité d'énergie emmagasinée, en procédant à un dosage précis et à l'association, dans les proportions voulues, de populations de poissons;
- (3) d'accélérer au maximum (en tenant toutefois compte des exigences commerciales) le rythme de production;
- (4) d'éviter toute déperdition de substance organique par le système qu'il contrôle.

Dans le second cas, il devra avoir recours à des opérations d'élevage proprement dites, en intervenant dans les séries d'opérations suivantes:

- gestion des eaux
- travail des sols
- fertilisation
- alimentation

1/ Cet aspect pratique revêt une importance tout-à-fait particulière lorsqu'il est possible de disposer d'effluents industriels chauds

Nous avons déjà donné le bilan économique relatif à un éventuel élevage extensif de 400 ha produisant en moyenne 500 kg/ha/an. Nous référons à la même hypothèse, nous donnons ci-après son bilan énergétique:

Energie primaire + én. subsidiaire	= kcal. produites	kcal d'énergie auxiliaire apportées
200 000 kg de poisson	400 000 000	
gestion de l'eau (12 millions m ³ /an) ^{1/}		51 677 000
services auxiliaires		5 000 000
appoint alimentaire (premiers stades)		3 000 000
préparation du fond des bassins ^{1/}		33 600 000
	400 000 000	93 277 000

Considérons maintenant le bilan énergétique d'un élevage intensif, caractérisé par une production de 200 t/an, une productivité moyenne de 5 kg/m² et un taux de conversion alimentaire de 2:1^{2/}.

	kcal produites	En. subsid.	En. auxiliaire
Production: 200 000 kg de poisson	400 000 000		
Aliments (en moyenne, 4 000 kcal/kg)		800 000 000	
Débit (1 m ³ /sec)			
31 536 000 m ³ (puissance appliquée: 50 ch soit 37,30 kWh x 860 kcal) = 32 078 kcal/h x 8 760 h (de fonc- tionnement annuel) ^{3/}			281 000 000
Autres services pour 50 kW au total de puissance irrégulièrement employée			100 000 000
	400 000 000	800 000 000	381 000 000

- 1/ Etant donné que le modèle est censé être doté d'un bon potentiel de production, nous lui appliquons aussi un taux élevé de dépense énergétique aux fins de la gestion de l'eau et de la préparation du fond des bassins; ces dépenses ne sont pas toujours indispensables dans la mesure indiquée. Par contre, nous excluons les interventions aux fins de la fertilisation, car elles accroîtraient la production au-delà des chiffres prévus
- 2/ Productivité et taux de conversion alimentaire calculés sur la base de valeurs moyennes pour les différents types d'élevage intensif d'anguille et de loup
- 3/ Le courant d'eau transporte aussi une quantité très importante d'énergie subsidiaire tirée de l'écosystème ambiant (température, oxygène, etc.) dont nous ne tenons pas compte car elle varierait sensiblement selon les types d'installation (eau courante ou semi-courante) et les caractéristiques de l'eau utilisée. Par contre, l'énergie auxiliaire appliquée au maintien du débit reste pratiquement constante

Si l'alimentation était à base de poisson frais et n'était pas équilibrée, la situation énergétique se présenterait comme suit:

kcal produites	Energie subsidiaire	Energie auxiliaire
400 000 000	1 000 000 000	381 000 000

Ce qui frappe dans l'examen du bilan énergétique d'un élevage intensif est l'importance de l'apport énergétique dû à l'alimentation. Cet apport représente une authentique contribution de la productivité naturelle d'autres écosystèmes et il faut donc le classer sous la rubrique "énergie subsidiaire"^{1/}. Il convient toutefois d'observer que dans le cas de l'élevage intensif des poissons carnivores, pour chaque kilogramme de produit nous sacrifions d'autres poissons, à raison d'environ 2 kg dans le cas d'une alimentation artificielle et de quelque 5 kg lorsque la nourriture se compose de poisson frais. La chaîne alimentaire s'allonge donc et les pertes d'énergie potentielle augmentent assez sensiblement.

En outre, le fait de considérer comme "énergie subsidiaire" un produit qui, en fait, pourrait déjà être destiné à l'alimentation humaine, constitue un choix de caractère commercial et politique plutôt qu'une opération de récupération d'énergie. Pour les communautés tributaires d'autres communautés pour leur approvisionnement en énergie de cette origine, il est douteux que ce processus productif se justifie, même du point de vue commercial, à moins que le produit fini ne puisse être exporté avec profit. Lorsque la communauté consomme elle-même le produit, il faut admettre qu'elle choisit pour se nourrir la voie la plus coûteuse et la plus dispersive. Du point de vue énergétique, la pisciculture intensive ne supporte donc pas la comparaison avec l'élevage extensif, notamment lorsque celui-ci bénéficie de bons apports d'énergie subsidiaire.

Ces dernières années, pour déterminer une solution technique susceptible de permettre des productions élevées sur une superficie réduite ou de rendre productives des superficies même très vastes, on a expérimenté avec de bons résultats une formule de pisciculture fondée sur l'intégration fonctionnelle entre les méthodes intensive et extensive. On a constaté que la méthode extensive, lorsqu'elle bénéficie du soutien d'un secteur d'élevage intensif à sa mesure, devient capable d'accroître et de rationaliser son propre apport productif. En pratique, l'élevage intensif, s'il peut produire de façon autonome, joue encore le rôle d'un premier stade à l'égard de l'élevage extensif, qui devient semi-intensif justement en fonction de ce rapport. En outre, tous les déchets^{2/} produits par les secteurs intensifs servent à fertiliser le secteur semi-intensif.

1/ Energie subsidiaire obtenue néanmoins au prix de la fourniture d'une énergie auxiliaire (organisation et effort de pêche, production de farine, etc.)

2/ On entend par "déchets" l'ensemble des matières dérivant directement ou indirectement de l'activité biologique des poissons. L'effluent d'un élevage de poissons carnivores fonctionnant à une densité moyenne de 150 t, avec une ration alimentaire égale à 3 pour cent de son poids décharge environ en 180 jours d'élevage:

tonnes	
24	d'azote ammoniacal
20	d'azote nitrique
14	de phosphore
421	de solides en suspension
486	de DBO
1 600	de DCO

Cette forme de pisciculture "intégrée" constitue à notre avis un instrument de production efficace et équilibré, étant donné que l'on apporte aux secteurs intensifs de grosses quantités d'énergie mais qu'eux-mêmes fournissent à leur tour aux activités semi-intensives beaucoup d'énergie de récupération représentée par le courant d'eau, les déchets, ainsi que le poisson semi-élevé qui lui est apporté dans des conditions biologiques et opérationnelles optimales par rapport à la productivité du milieu.

Le bilan énergétique d'ensemble sera d'autant plus favorable que le cycle productif général sera caractérisé par un roulement accéléré au maximum, un non-ennagasinage d'énergie, ainsi que par l'utilisation de toutes les substances organiques présentes à l'intérieur du système. Cela suppose:

- une répartition rationnelle entre secteurs intensif et semi-intensif;
- l'adoption de tous les moyens d'élevage appropriés;
- l'évaluation précise des quantités d'énergie auxiliaire nécessaires en regard du résultat possible.

A titre purement indicatif, nous rapportons ci-après un bilan énergétique idéal auquel pourrait tendre un modèle de pisciculture intégrée d'une superficie totale de 400 ha comportant un secteur intensif de 4 ha.

	kcal (millions)	Energie subsidiaire et auxiliaire
Production de base afférente à l'élevage extensif: 300 kg/ha/an	240	
Production de l'élevage intensif: 160 t	320	
Dépense d'énergie		1024,8 ^{1/}
Récupération d'énergie imputable au secteur semi-intensif fertilisé (pro- duction accrue de 881 kg/ha	804,8	
	1264,8	1024,8

Dans un tel bilan, le solde positif correspond à l'apport énergétique obtenu en tout état de cause par les opérations extensives, tandis que la perte d'énergie afférente à l'élevage intensif est compensée par une productivité majorée de l'élevage extensif, devenu semi-intensif en vertu de la récupération d'énergie.

Dans l'ensemble, le volume de production obtenu est plus que quadruplé par rapport à la production de base de l'élevage extensif.

^{1/} Valeur moyenne entre alimentation artificielle et à base de poisson frais

6. DESCRIPTION D'UN MODELE DE VALLICULTURE MODERNE

6.1 Introduction

Les considérations relatives à la rentabilité commerciale et à l'efficacité énergétique des différentes méthodes d'aquaculture en eau saumâtre nous ont donc orientés vers une structure productive pouvant amener des productions élevées en un espace restreint ou rendre productives des superficies vastes ou très vastes. Il nous semble utile d'illustrer un modèle répondant à ces caractéristiques. La figure 1 représente une superficie estuarienne de 400 ha, délimitée par des ouvrages (digues en terre, écluses, bordigues) qui permettent de l'isoler ou de la faire communiquer avec l'écosystème ambiant, suivant le cas. Son régime hydrique est tributaire de mouvement des marées et du cours d'un fleuve^{1/}. Deux stations de pompage reproduisent ou renforcent les mouvements de l'eau lorsque les conditions naturelles ne subviennent pas en tout ou en partie aux exigences du fonctionnement.

La station d'élevage comporte les éléments suivants: une installation de reproduction artificielle des espèces élevées; une station d'alevinage; un secteur d'élevage intensif (loup, anguille, mulets) et des bassins d'élevage semi-intensif.

Elle dispose aussi de bassins d'hivernage (nécessaires dans les régions froides); de bassins de stockage pour les produits de l'élevage semi-intensif; de bassins de stockage, de manutention et de distribution des déchets de l'élevage intensif; d'installations de réparation du fond des bassins; enfin, de toutes les infrastructures et des services nécessaires au fonctionnement des installations.

Le secteur d'élevage intensif se compose d'une zone destinée à l'anguille pouvant produire 200 t par an; d'un secteur pour le loup, dont la capacité de production avoisine 100 t/an; d'une installation pour les mulets, susceptible de supporter tout l'élevage semi-intensif.

La technique moderne tend à créer des stations d'élevage intensif extrêmement compactes, aussi l'espace réservé à l'élevage intensif de l'anguille et du loup est-il relativement restreint (pas plus de 3 hectares). Les mulets bénéficient par contre de superficies plus vastes, car l'élevage intensif de ces poissons fait appel à une méthode qui tire parti du milieu. La productivité des opérations semi-intensives est étroitement fonction des conditions écologiques et climatiques et, par suite, les dimensions de l'élevage intensif de soutien varient en proportion.

Il reste encore à évaluer l'efficacité des fertilisations réalisées dans les bassins aux fins de production; on peut généralement admettre que la production d'une station semi-intensive ainsi conçue varie entre 300 et 1 000 kg/ha, selon le climat dans lequel on opère. Les valeurs de production minimums rapportées ici se réfèrent à des conditions de faible fertilité, mais aussi à des zones dans lesquelles la saison d'élevage est relativement brève. (C'est le cas de la "valliculture" en Vénétie). Dans ce cas, le poids des mulets semi-élevés provenant de l'élevage intensif devra correspondre à 50 pour cent au moins du produit fini; par contre, dans une situation plus favorable, c'est-à-dire plus productive, on pourra se borner à aleviner à raison d'un taux maximum de 30 pour cent.

L'élevage semi-intensif cité (environ 350 ha nets d'étendue d'eau) supposera donc un contingent égal à 52,5 t dans la première hypothèse pour environ 105 t dans la seconde.

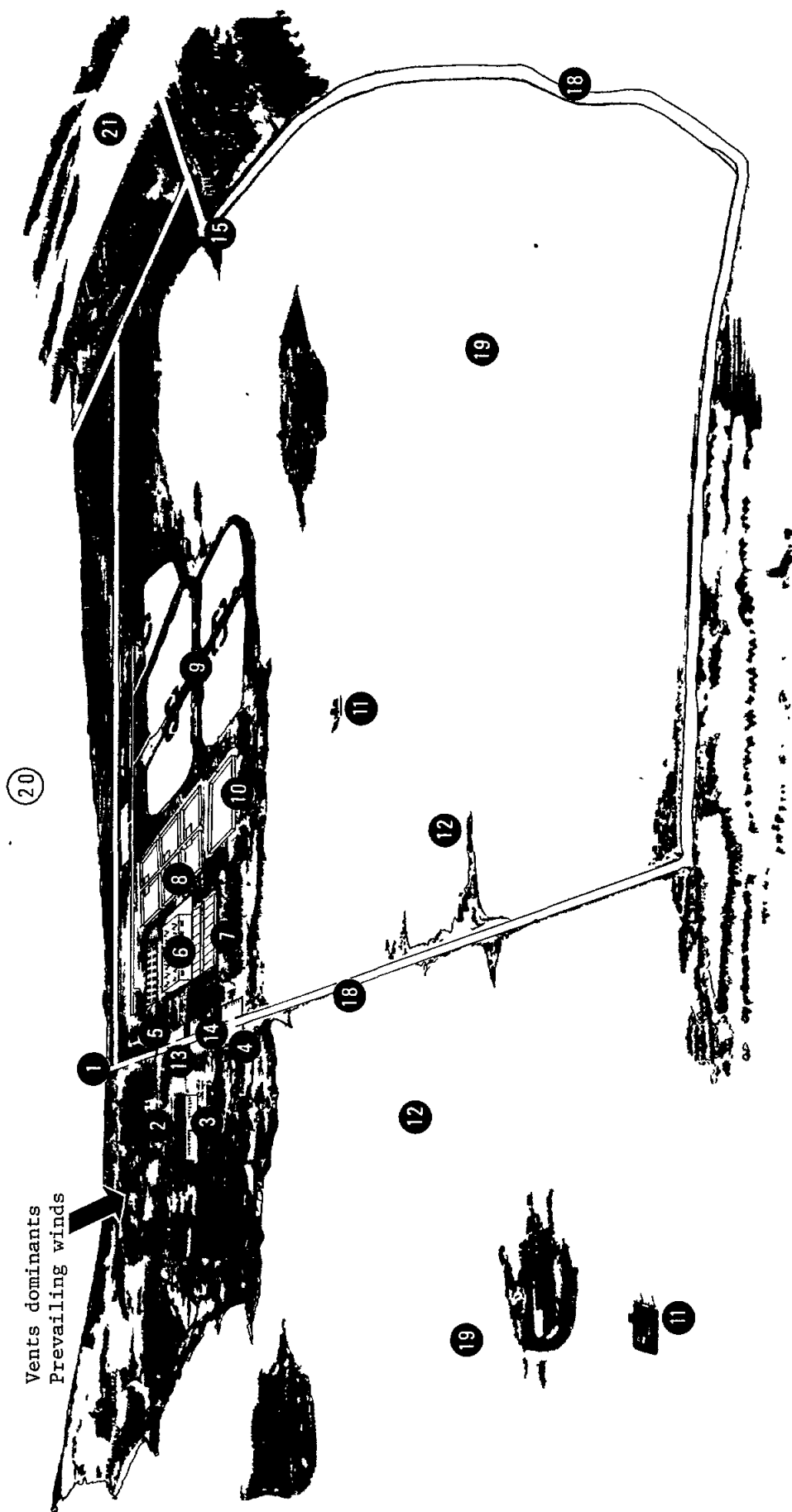
L'étendue du secteur intensif destiné à la production des mulets sera donc de 2,63 ou 5,25 ha, respectivement.

^{1/} Il est avantageux mais non indispensable de pouvoir disposer d'eau douce dans les élevages

Fig. 1 - Légende/Captions

1. Ecluse à la mer et pompes au vent
Sea sluice and pumps facing prevailing winds
2. Logements du personnel
Staff quarters
3. Atelier, magasin, frigorifique
Workshop, stores, cold storage
4. Bassins d'hivernage
Overwintering ponds
5. Hangar pour préparation des aliments
Shed for feed preparation
6. Centre d'alevinage
Hatchery
7. Elevage intensif des loups
Intensive culture of seabass
8. Elevage intensif des anguilles
Intensive culture of eel
9. Elevage intensif des mullets
Intensive culture of mullet
10. Bassin de récolte des boues provenant des élevages intensifs
Storage for mud collected from intensive culture ponds
11. Hydrocultivateurs
Hydrocultivators
12. Canaux de récolte sub-lagunaires
Lagoon bottom harvesting channels
13. Chambres de capture
Fish capture tanks
14. Bassin de récolte des élevages semi-intensifs
Fish capture tanks for semi-intensive cultures
15. Pompes sous le vent
Pumps sheltered from prevailing winds
16. Canal d'adduction d'eau aux élevages intensifs
Water supply canal to intensive cultures
17. Bassin de mélange des eaux douce et salée
Tank for mixing fresh and sea water
18. Canaux d'irrigation
Water supply canals to lagoons
19. Lagunes closes d'élevage en semi-intensif
Enclosed lagoons for semi-intensive culture
20. Mer
Sea
21. Cours d'eau
River

Fig. 1 - MODÈLE DE PISCICULTURE MODERNE EN EAU SAUMÂTRE (légende sur la page opposée)
MODEL OF MODERN BRACKISHWATER FISHCULTURE (captions on opposite page)



6.2 Description

La structure de ce modèle de pisciculture est donc "complète"; en effet, on y trouve toutes les phases opérationnelles, de la reproduction artificielle à la maturité commerciale du produit et à celle des reproducteurs nécessaires pour maintenir le cycle. En outre, le modèle s'inspire d'un schéma applicable à un grand nombre d'espèces de poissons et dans de vastes aires géographiques et, en tout état de cause, il est valable dans toute la région méditerranéenne.

Pour les modèles déjà opérationnels, les espèces retenues aux fins d'élevage restent les espèces traditionnelles:

- <u>Sparus aurata</u>	anglais	= gilthead seabream
	espagnol	= dorada
	français	= daurade
	italien	= orata
- <u>Dicentrarchus labrax</u>	anglais	= seabass
	espagnol	= lubina
	français	= loup (bar)
	italien	= spigola (branzino)
- <u>Mugil cephalus</u>	anglais	= flathead grey mullet
	espagnol	= pardete
	français	= muge cabot
	italien	= cefalo
- <u>Mugil chelo</u>	anglais	= thicklip grey mullet
	espagnol	= lisa
	français	= mullet à grosses lèvres
	italien	= cefalo bosega
- <u>Mugil capito</u>	anglais	= thinlip grey mullet
	espagnol	= morragute
	français	= mullet porc
	italien	= cefalo calamita
- <u>Mugil saliens</u>	anglais	= leaping grey mullet
	espagnol	= galúa
	français	= mullet sauteur
	italien	= cefalo verzelata
- <u>Mugil auratus</u>	anglais	= golden grey mullet
	espagnol	= galupe
	français	= mullet doré
	italien	= cefalo dorato

- <u>Anguilla anguilla</u>	anglais	= anguille
	espagnol	= anguila
	français	= anguille
	italien	= anguilla

D. labrax et Anguilla font l'objet d'un élevage intensif; Anguilla et toutes les autres espèces peuvent être soumises à l'élevage semi-intensif.

Cette répartition est fondée sur les motifs suivants:

- D. labrax est un poisson très prisé, extrêmement facile à élever par les méthodes intensives, alors que les méthodes semi-intensives, dans lesquelles il se nourrirait d'autres espèces d'élevage (produisant ainsi un effet négatif très sensible aussi bien sur le bilan énergétique que sur le bilan commercial) sont absolument déconseillées.

- A. anguilla, élevée de façon intensive donne des résultats sensiblement supérieurs à ceux que l'on peut obtenir en semi-intensif, notamment pour ce qui concerne la durée du cycle de production. Ce poisson fait l'objet d'une demande commerciale beaucoup plus importante que les autres espèces et, à cet égard, la production de quantités élevées se justifie donc amplement. Cela ne signifie pas que A. anguilla ne puisse et ne doive être élevée aussi en semi-intensif, car elle occupe un niveau trophique dans lequel elle n'a guère à craindre de phénomènes de concurrence de la part d'autres espèces élevées.

- S. aurata, élevée par des méthodes intensives donne de bons résultats, mais non supérieurs, du point de vue de sa croissance et de sa survie, à ceux normalement obtenus en semi-intensif (et nous affirmerons même dans ce cas, à l'extensif). Le coût d'installations spéciales et surtout celui de l'alimentation artificielle ne semblent donc pas justifiés. La chaîne alimentaire naturelle propre à la daurade comporte essentiellement des mollusques; elle semble pouvoir être renforcée par des apports modestes et occupe dans le milieu des fonctions précieuses d'épuration et de production.

Les cinq espèces de Mugil se présentent comme les véritables ténors de l'élevage semi-intensif, compte tenu de leur aptitude éminemment détritivore. C'est d'eux surtout que l'on attend la récupération énergétique sur laquelle se fonde la pisciculture intégrée. En tant que consommateurs, les mulets se placent dans une situation qui abrège la chaîne trophique, même à l'égard des espèces herbivores, car ils peuvent utiliser les déchets avant même que ceux-ci puissent être entraînés vers des processus ultérieurs de transformation. Il incombe à l'éleveur de réaliser l'utilisation optimale des déchets, soit en les offrant (du moins en partie) à la consommation directe des mulets, soit en entreprenant un processus rationnel de fertilisation du milieu.

L'approvisionnement en alevins, en quantités correspondant aux programmes d'élevage, est évidemment une condition sine quo non du fonctionnement d'un élevage piscicole et à plus forte raison s'agissant d'élevages intensifs, normalement conçus et construits dans un contexte d'élevage monospécifique et de stratégie economico-commerciale bien précise.

De tous temps, la production des élevages traditionnels a reposé sur le prélèvement d'alevins en mer; il s'agit toutefois aujourd'hui d'un moyen d'ensemencement aléatoire et insuffisant; d'ailleurs, les espèces prisées (S. aurata, D. labrax), les plus intéressantes actuellement, font déjà l'objet de très graves difficultés d'approvisionnement. Cette situation a entraîné les éleveurs à affronter le problème de la reproduction artificielle des espèces élevées, d'abord au niveau de la recherche, puis au plan industriel. On peut affirmer aujourd'hui que le problème est résolu pour D. labrax, et les conditions semblent prometteuses aussi pour les autres espèces. C'est pourquoi le modèle que nous présentons prévoit un secteur destiné à la reproduction artificielle des poissons. Actuellement, il assure la production de D. labrax; néanmoins, il sera possible de produire d'autres espèces avec les mêmes installations, à mesure que les techniques pertinentes auront été mises au point ou élaborées.

Le potentiel de production prévu dans ce secteur de la reproduction est de l'ordre d'un million d'alevins par an et correspond aux besoins du secteur d'élevage correspondant. L'installation étant conçue sur une base modulaire, permet des extensions qui ne supposent aucune modification de structure.

Les installations de reproduction occupent au total une superficie d'environ 4 000 m² et se composent de zones de production de phytoplancton et de zooplancton (l'aliment nécessaire aux larves de poisson) ainsi que d'un secteur réservé aux larves, subdivisé à son tour en aires d'"incubation-fécondation" et d'"élevage". Il existe en outre un service d'élevage et de préparation des géniteurs.

Les alevins produits par l'installation de reproduction, aussi bien que ceux qui proviennent de la mer, affrontent le premier stade d'élevage, le plus délicat, à l'intérieur d'installations particulières. Cette phase varie en fonction du climat, de la saison et de l'espèce. Pour les mullets et la daurade, elle va de quelques jours à quelques semaines; pour le loup, elle est de l'ordre de 3 mois; pour l'anguille de 8 mois.

L'ensemble de ces installations est appelé "station d'alevinage" et, dans le modèle que nous décrivons, il couvre une superficie de 500 m².

6.3 Le secteur de l'élevage intensif

Le secteur de l'élevage intensif se compose d'installations destinées respectivement à D. labrax et A. anguilla, ainsi qu'aux cinq espèces de Mugil. Ces services se différencient sensiblement du point de vue de la structure et du fonctionnement; il n'est d'ailleurs pas prouvé qu'un service ne doive pas adopter une structure différente suivant les conditions dans lesquelles il fonctionne.

Ainsi, un élevage intensif d'anguilles pourra fonctionner à l'eau courante ou semi-courante suivant la quantité et la qualité de l'eau dont on dispose. Un élevage intensif de loup devra prévoir ou non des installations d'hivernage à température conditionnée suivant la zone climatique dans laquelle il se trouve. L'élevage intensif des mullets se différencie des établissements d'anguilliculture et d'élevage des loupes, notamment du point de vue alimentaire; en effet, les mullets se nourrissent presque exclusivement des déchets de l'élevage intensif; en outre, la structure de l'élevage intensif des mullets est simple et si bien intégrée au milieu que la distinction entre élevage intensif et semi-intensif devient très floue.

6.4 Le secteur d'élevage semi-intensif

Le secteur semi-intensif se compose des étendues d'eau destinées à l'alimentation des poissons. Les structures de ce secteur sont adaptées aux conditions locales et sont donc articulées selon les modalités les plus variables.

Certaines conditions contribuent plus particulièrement à favoriser l'élevage semi-intensif; nous citerons en particulier:

- la subdivision de la zone d'alimentation en sous-bassins d'une superficie appropriée;
- de bonnes communications contrôlées avec la mer;
- la possibilité de régler à volonté la profondeur de l'eau;
- la possibilité de régulariser la salinité de l'eau (et en tout état de cause d'éviter une concentration excessive du sel en procédant à des échanges intenses);
- une structure rationnelle de la récolte, fondée sur l'action combinée de l'assèchement et de l'attraction du poisson.

Les principales opérations d'élevage semi-intensif sont les suivantes:

- introduction de la charge de "semence" en quantités correspondant à la "capacité biologique" du milieu, ses dimensions étant telles qu'elles garantissent un taux élevé de survie et un bon accroissement pondéral;
- la fertilisation des zones d'alimentation par les déchets du secteur intensif, le cas échéant, convenablement équilibrés;
- la préparation des terrains du fond des bassins par des opérations de labourage et de hersage;
- la récolte du produit ayant atteint sa taille commerciale.

6.5 Le circuit hydrique

Le circuit hydrique lui-aussi (Fig. 2 et 3) procède de ce caractère de complémentarité sur lequel se fonde l'ensemble du processus de production. L'eau provenant de la mer entre dans les installations intensives puis coule dans les bassins semi-intensifs. Ces derniers s'en trouvent renouvelés et alimentés et sont en mesure de la restituer, si besoin est, aux installations intensives, avec des caractéristiques permettant leur réutilisation. Malheureusement, il n'est pas peu fréquent que des conditions extérieures défavorables (pollution) empêchent ou rendent dangereuse l'alimentation en eau de mer. Dans ce cas, les bassins semi-intensifs ont fonction de dépurateurs biologiques.

6.6 Validité commerciale et énergétique du modèle décrit

Un modèle de pisciculture comme celui qui a été décrit suppose les dépenses suivantes (en U.S.\$)^{1/}:

- installations de reproduction artificielle	282 000
- installations d'élevage intensif des anguilles	306 000
- installations d'élevage intensif des loups	236 000
- secteur d'élevage semi-intensif (estimation fondée sur une utilisation moyenne)	470 000
- gestion de l'entreprise et infrastructure	235 000
- Total ^{2/}	1 529 000

Le bilan économique annuel de l'installation en conditions de fonctionnement pourra s'établir comme suit (en U.S.\$):

- Main-d'oeuvre (environ 20 employés)	240 000
- Energie et combustible	82 000
- Semence et reproducteurs	350 000
- Aliments	410 000
- Biens de consommation	60 000
- Divers	60 000
- Frais généraux	94 000
- Amortissement	155 000
- Fonds d'auto-assistance	240 000

1/ Il n'est aucunement tenu compte du coût éventuel du terrain

2/ cf Annexe 1

Fig. 2 - CIRCUIT DE L'EAU POUR L'ÉLEVAGE
WATER CIRCULATION DURING REARING PERIOD

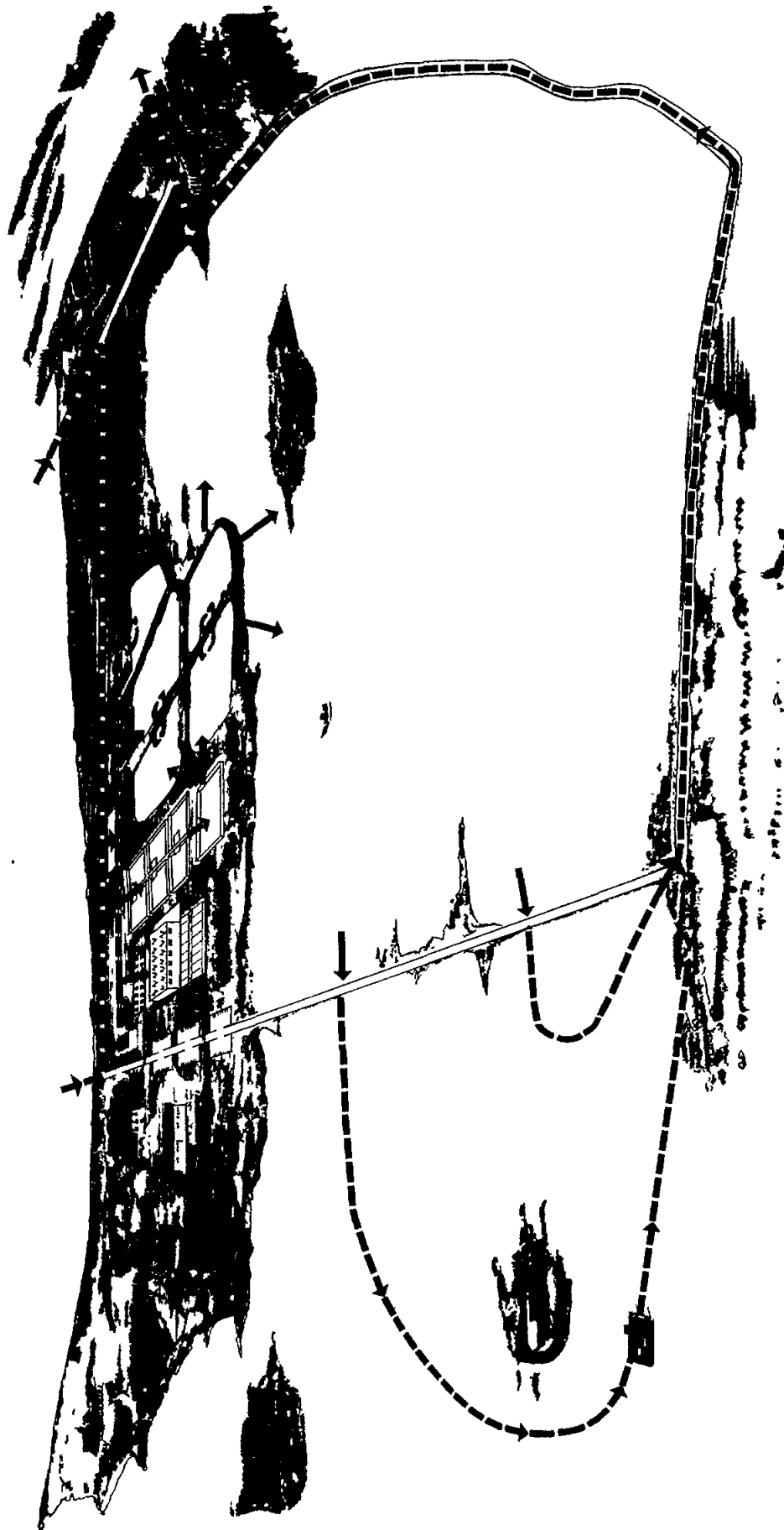
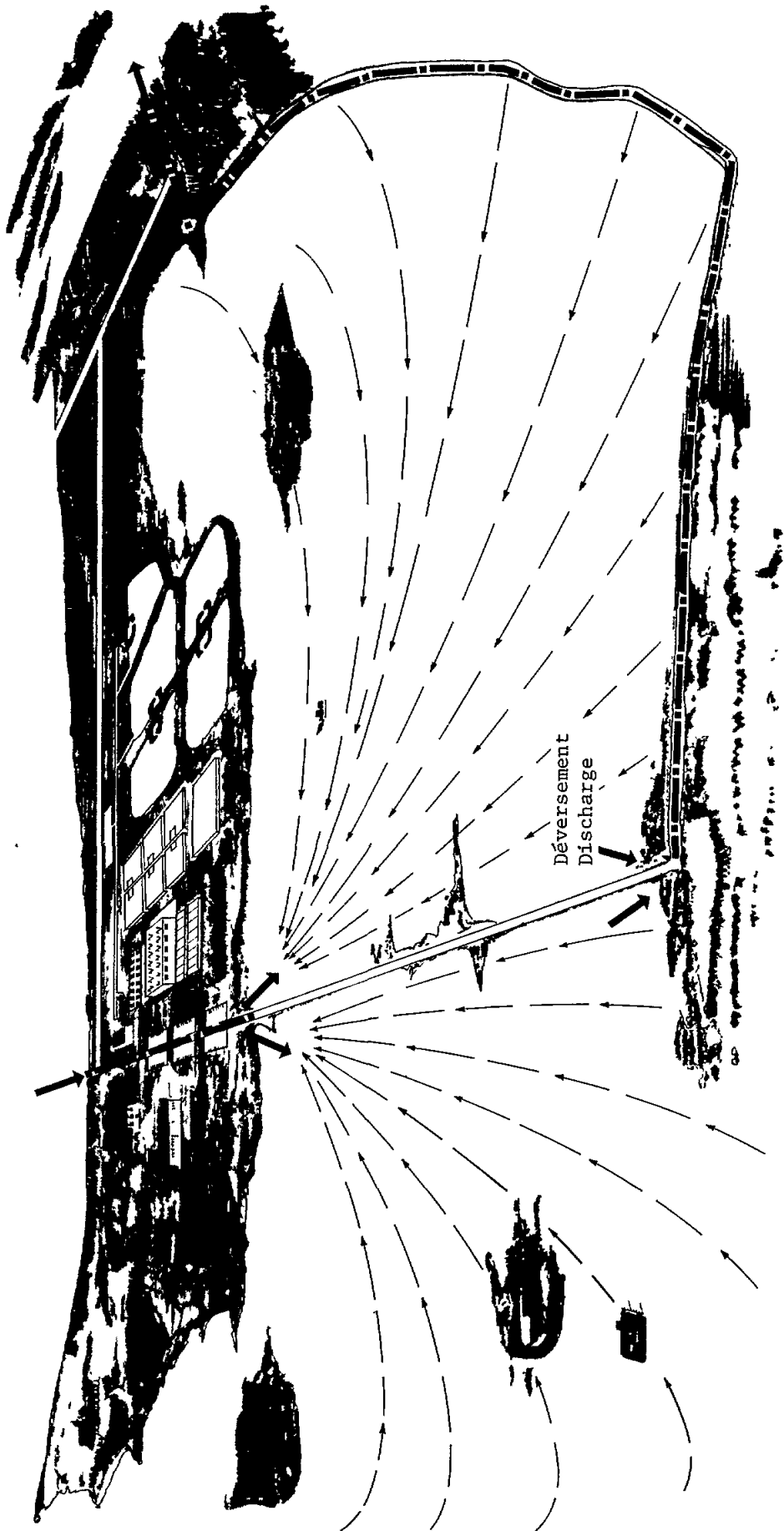


Fig. 3 - CIRCUIT DE L'EAU POUR LA PECHE (———→)
DIRECTION OF WATER FLOW DURING FISH CAPTURE
MOUVEMENT DU POISSON (———→)
FISH MOVEMENT



Recettes provenant de l'élevage intensif (300 t)		1 411 000
Recettes provenant de l'élevage semi-intensif (350 t) ^{1/}		823 000
	1 691 000	2 234 000
Bénéfices	543 000	
Total	2 234 000	2 234 000

En règle générale, le bilan énergétique peut être donné comme suit:

Nombre de kilocalories produites:

Elevage intensif:	600 000 000
Elevage semi-intensif:	700 000 000

Kilocalories d'énergie subsidiaire:

Alimentation	1 200 000 000
--------------	---------------

Kilocalories d'énergie auxiliaire:

Energie électrique, combustible, etc.	571 500 000
1 300 000 000	1 771 500 000

Le bilan économique et le bilan énergétique démontreraient que, dans ce cas, la pisciculture intégrée tend à être valable aussi bien du point de vue commercial que dans l'optique énergétique. Néanmoins, les grosses installations de ce type se heurtent à une difficulté de s'approvisionner en "semence".

Pour le modèle illustré ci-dessus, on aurait les besoins annuels ci-après:

		Unités
Civelles	environ	4 000 000
Loups	environ	1 000 000
Daurades	environ	250 000
Mulets	environ	4 800 000
Total		10 050 000

Les civelles ne présentent heureusement pas de difficultés particulières; pour les loups, on peut avoir recours à la reproduction artificielle. L'approvisionnement devient problématique s'agissant de daurades ou d'importants contingents de mulets

Les perspectives de développement de l'aquaculture en eau saumâtre sont donc tributaires de la reproduction artificielle. Cela n'exclut toutefois pas qu'avec les méthodes d'élevage modernes, tirant le meilleur parti possible des contingents de semence dont on dispose actuellement, on puisse parvenir à un accroissement considérable de la production.

^{1/} Alors que dans les régions favorisées du point de vue climatique, cette production est possible, dans celles où le climat est plus rude (partie nord de l'Adriatique), on peut réaliser à peu près la moitié de ces chiffres; certaines rubriques de dépenses diminuent alors (fonds d'auto-assurance, semence, main-d'œuvre, etc.)

7. AUTRES ESPECES DE POISSONS SUSCEPTIBLES D'ETRE ELEVEES

Jusqu'à présent, notre attention a porté sur les espèces de poissons traditionnellement élevés et qui, par conséquent, font déjà l'objet d'une expérience notable; toutefois, on peut concevoir que le modèle illustré puisse convenir à d'autres espèces, à qui l'on assignerait suivant le cas une place dans l'élevage intensif ou semi-intensif ou encore dans l'un et dans l'autre. Il convient d'évoquer notamment les poissons plats et en particulier Solea vulgaris (sole) et Psetta maxima (turbot).

Ainsi, la sole existe déjà dans différents élevages lorsque les conditions de température le permettent. Actuellement, le facteur limitatif de l'élevage de cette espèce réside dans la difficulté de se procurer des alevins. Nous rappellerons encore la truite en eau salée, le tilapia, l'esturgeon, qui s'adaptent parfaitement aux grandes superficies et que l'on peut élever en conditions intensives et semi-intensives.

Nous ajouterons enfin que l'élevage de certaines espèces de crustacés a, dans certaines zones, parfaitement cadré avec le modèle de pisciculture intégrée. Nous nous référons essentiellement à Penaeus kerathurus et Penaeus japonicus.

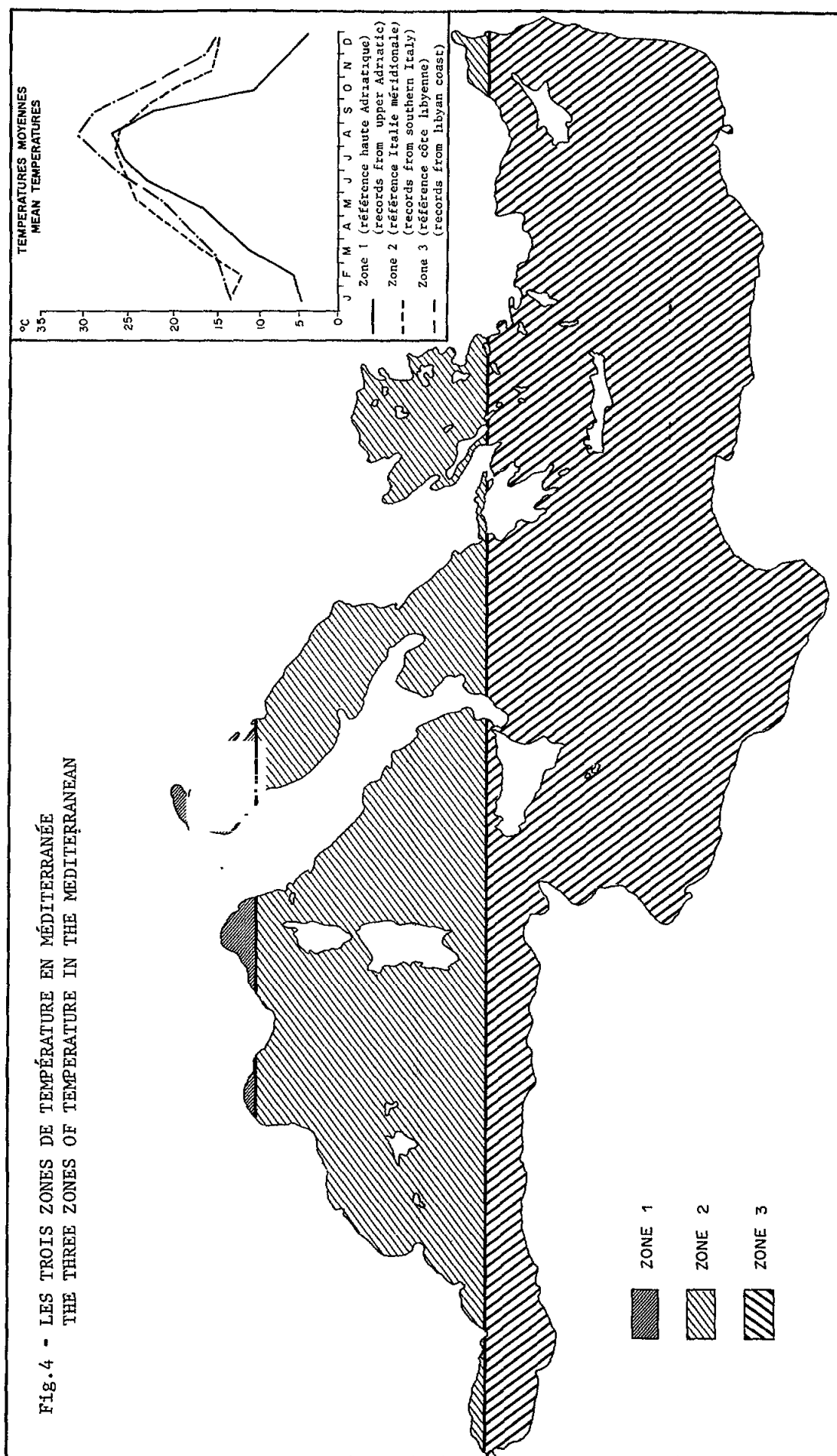
On se reportera à l'Annexe 2 pour plus de détails.

8. CONCLUSION

Le modèle d'aquaculture en eau saumâtre décrit ci-dessus représente une synthèse de l'expérience traditionnelle et des techniques modernes, susceptibles d'obtenir des productions très élevées dans un espace restreint, ou encore de rendre productives des étendues d'eau très vastes.

Lorsque ce modèle s'applique, on peut donc réaliser la pisciculture dans sa forme la plus complète; quand par contre, les conditions nécessaires (économiques, écologiques, territoriales, commerciales, etc.) ne sont réalisées qu'en partie, on pourra choisir un ou plusieurs de ses éléments constitutifs et, par suite, adopter l'élevage intensif ou semi-intensif, respectivement, ou encore l'élevage intensif modifié quant aux espèces ou aux différentes techniques possibles (eaux stagnantes, eaux courantes, semi-courantes, etc).

Cet aspect semble intéressant notamment si l'on considère que les conditions et les intérêts des pays du bassin méditerranéen peuvent être - et sont en effet - très variés et très différents les uns des autres.



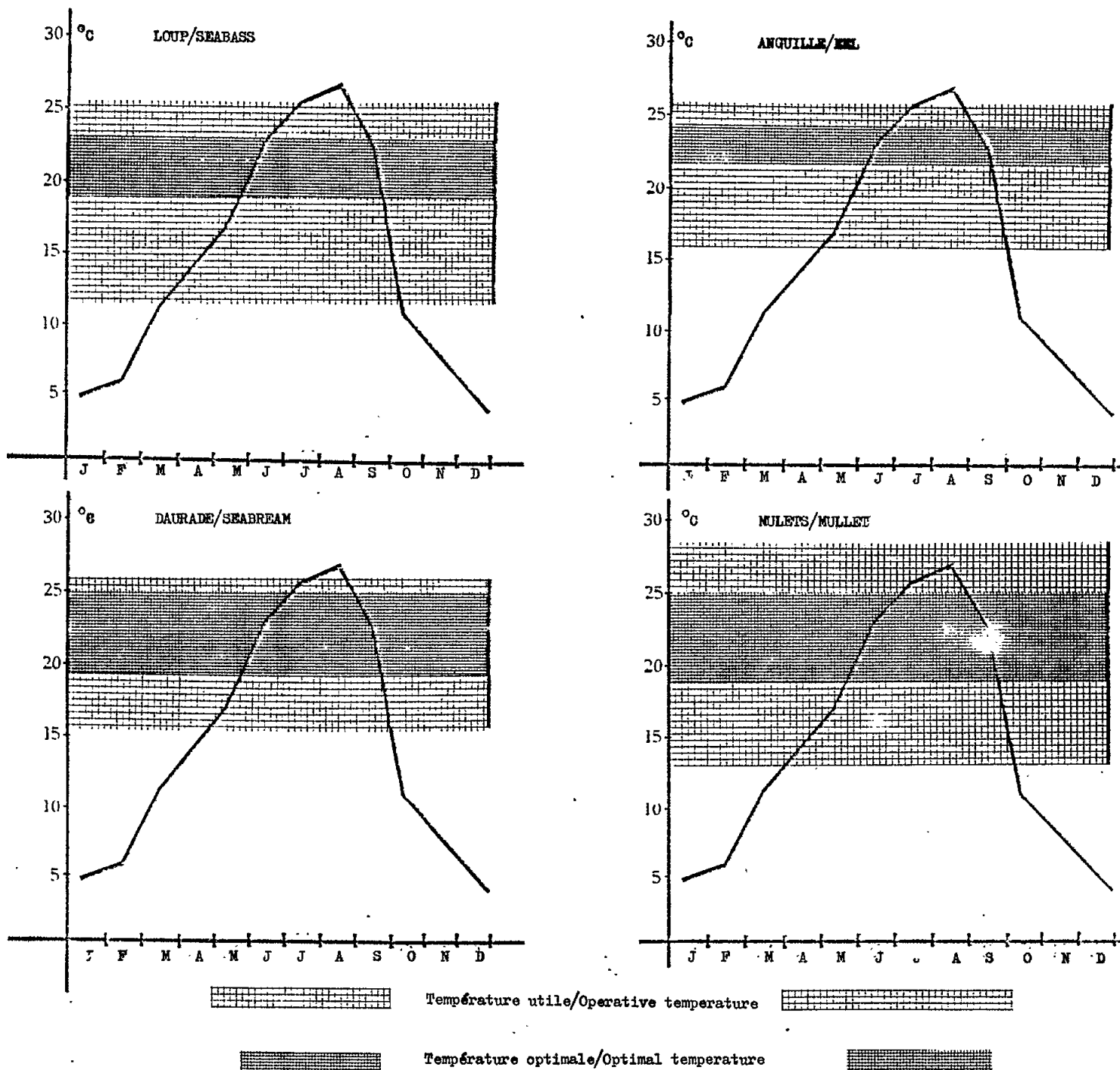
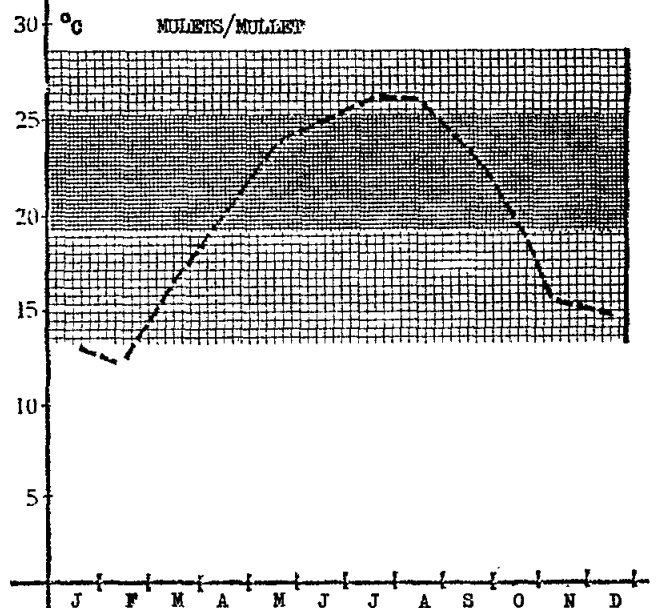
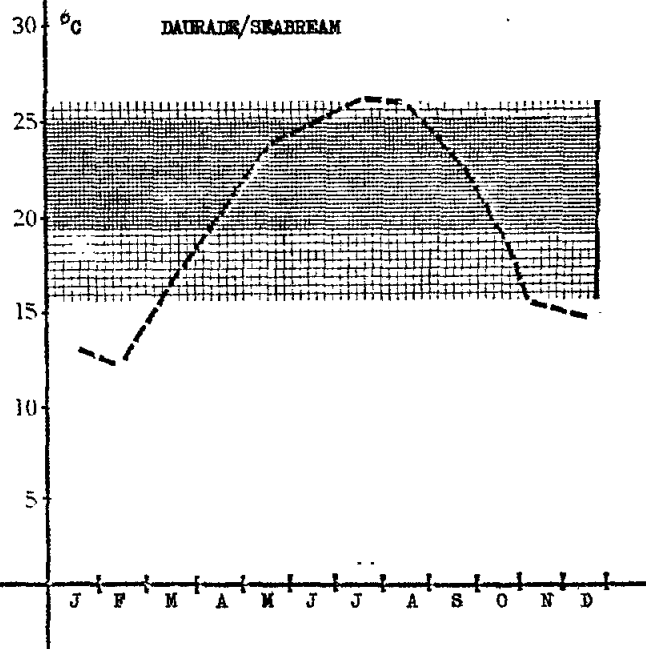
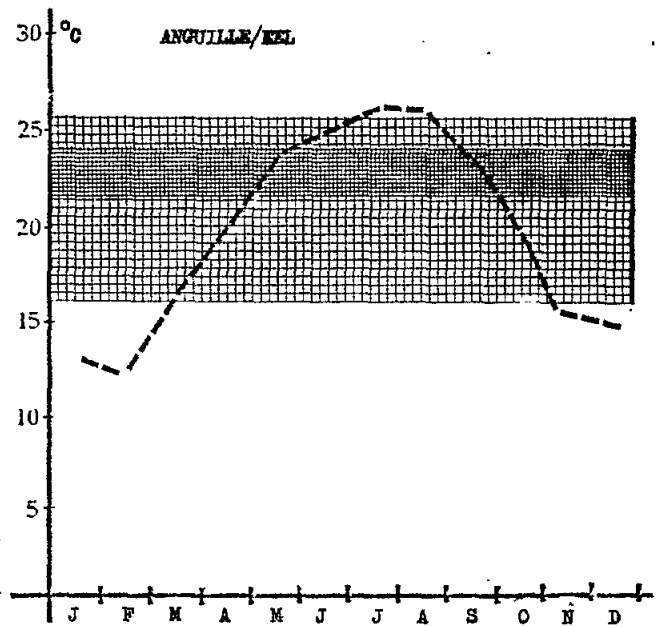
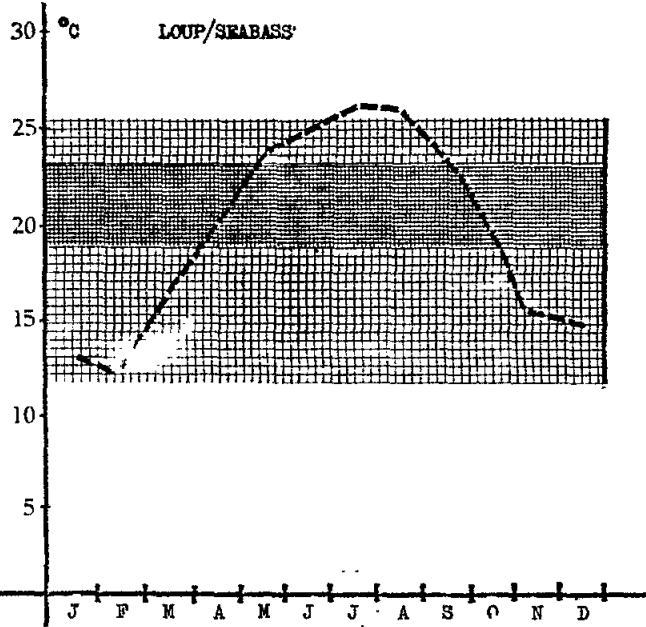


Fig. 5 - Zone 1 - Distribution des périodes de température utile et optimale pour le loup, l'anguille, la daurade et les mulets
Distribution of operative and optimal temperature periods for seabass, eel, seabream and mullet



Température utile/Operative temperature

Température optimale/Optimal temperature

Fig. 6 - Zone 2 - Distribution des périodes de température utile et optimale pour le loup, l'anguille, la daurade et les mulets
Distribution of operative and optimal temperature periods for seabass, eel, seabream and mullet

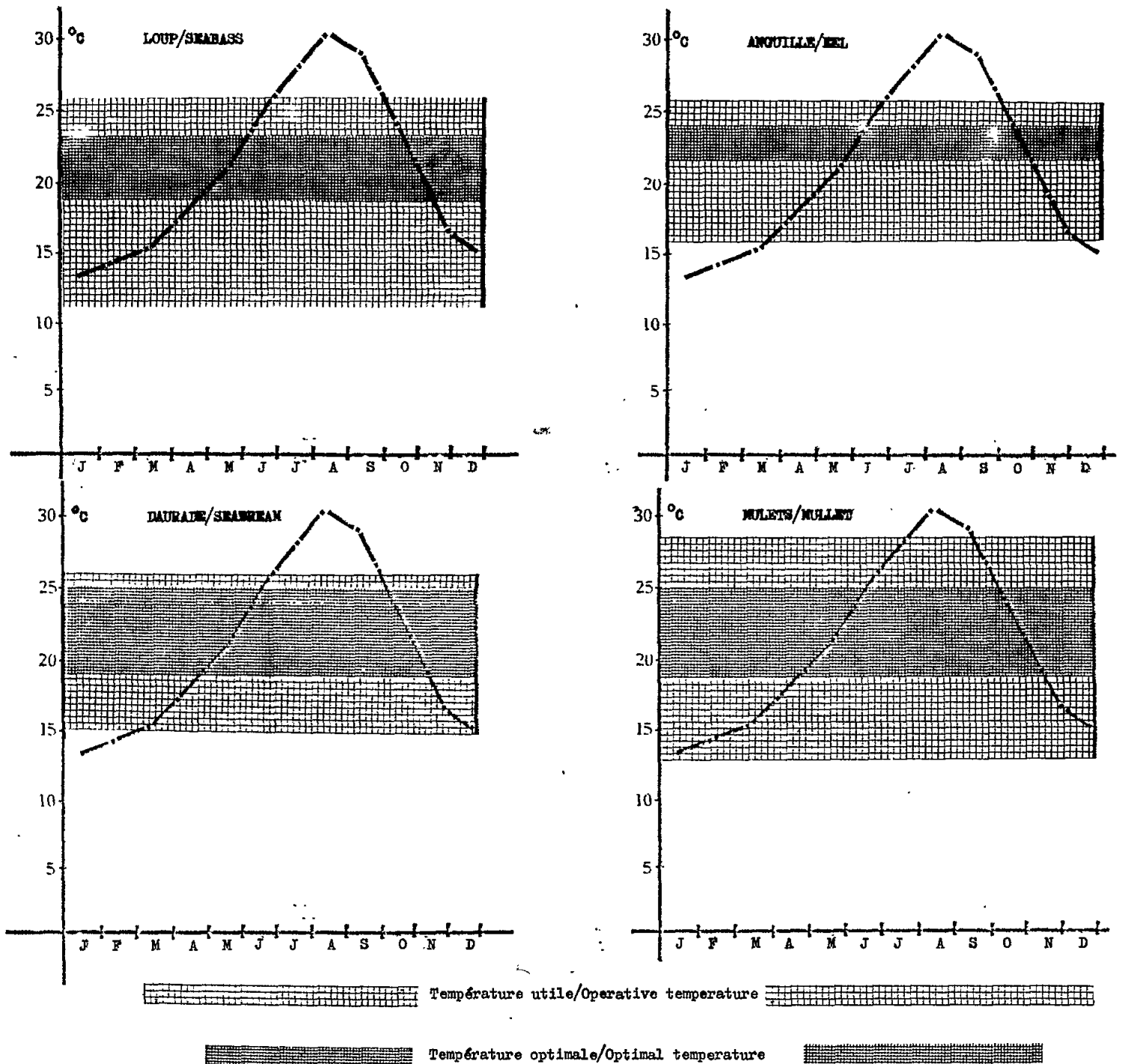


Fig. 7 - Zone 3 - Distribution des périodes de température utile et optimale pour le loup, l'anguille, la daurade et les mulets
Distribution of operative and optimal temperature periods for seabass, eel, seabream and mullet

Annexe 1

COUT DETAILLE DES INSTALLATIONS DE PISCICULTURE (en U.S.\$)

I CENTRE DE PRODUCTION ET STATION D'ALEVINAGE

Constructions

(1)	Laboratoire et services	50 000
(2)	Hangar	89 000
(3)	Bacs pour géniteurs	6 000
(4)	Bacs pour anguilles (premier stade)	7 000
(5)	Bacs pour alevins	8 000
(6)	Bacs de fécondation	2 000

Total constructions	162 000
---------------------	---------

Divers

(1)	Bacs en résine de verre pour larves	32 000
(2)	Filtres, échangeurs, installation de chauffage	12 000
(3)	Plateformes métalliques de circulation	4 000
(4)	Pompes	2 000
(5)	Installation électrique	7 000
(6)	Monorails pour transport de zoophytoplancton	4 000
(7)	Bennes pour alimentation des larves	3 000
(8)	Mangeoires automatiques	1 400
(9)	Mobilier de bureau et de laboratoire	2 600
(10)	Instruments scientifiques	18 000
(11)	Bacs pour chaîne alimentaire	12 000
(12)	Système de distribution air-eau	22 000

Total divers	120 000
--------------	---------

Total constructions	162 000
---------------------	---------

Total général	282 000
---------------	---------

II ELEVAGE INTENSIF DE L'ANGUILLE (3 ha)

Constructions

(1)	Bacs	175 000
-----	------	---------

Divers

(1)	Poteaux	14 000
(2)	Grillages	4 000
(3)	Grilles pour bacs de préstockage	24 000
(4)	Grilles d'évacuation	11 000

(5)	Vannes pour bacs de préstockage	19 000
(6)	Vannes d'évacuation	9 000
(7)	Parois de séparation des bacs	9 000
(8)	Mangeoires	6 000
(9)	Oxygénateurs	35 000
Total divers		131 000
Total constructions		175 000
Total général		306 000

III ELEVAGE INTENSIF DU LOUP (4 000 m²)

Constructions

(1)	Bacs	165 000
-----	------	---------

Divers

(1)	Poteaux	9 000
(2)	Grillages	5 000
(3)	Grilles	30 000
(4)	Vannes	19 000
(5)	Parois de séparation des bacs	7 000

Total divers		71 000
Total constructions		165 000
Total général		236 000

IV ELEVAGE SEMI-INTENSIF

Constructions

(1)	Travaux de terrassement	35 000
(2)	Logements/installations	26 000
(3)	Ouvrages en ciment armé	35 000
(4)	Ciment pour fondations, remplissage, etc.	18 000

Total constructions		114 000
---------------------	--	---------

Divers

(1)	Tunnel d'hivernage	21 000
(2)	Installations de conditionnement de l'eau	27 000
(3)	Instruments et installations automatiques	14 000
(4)	Diverses pompes	18 000
(5)	Matériaux pour barrages et ouvrages divers (petits pieux, grilles, etc.)	14 000
(6)	Valves et tuyauterie	21 000

(7)	Machines de traitement des boues	18 000
(8)	Stations de pompage	129 000
(9)	Hydrocultivateurs	94 000
	Total divers	356 000
	Total constructions	114 000
	Total général	470 000

V INSTALLATIONS ANNEXES

(1)	Bâtiments à usage de magasins et préparation des aliments composés	38 000
(2)	Hangar, atelier, etc.	54 000
	Total installations annexes	92 000

VI INFRASTRUCTURE

(1)	Groupe électrogène	26 000
(2)	Réseau électrique	46 000
(3)	Machines à sélectionner le poisson	19 000
(4)	Machines de préparation des aliments composés	21 000
(5)	Installations frigorifiques	31 000
	Total infrastructure	143 000
	Total bâtiments annexes	92 000
	Total général	235 000

RECAPITULATION

	<u>Constructions</u>	<u>Autres</u>
- Centre de production et station d'alevinage	162 000	120 000
- Elevage intensif de l'anguille	175 000	131 000
- Elevage intensif du loup	165 000	71 000
- Elevage semi-intensif	114 000	356 000
- Installations annexes	92 000	143 000
Total	708 000	821 000

VENTILATION

	<u>Constructions</u>	<u>Autres</u>
	%	%
- Centre de production et station d'alevinage	57,5	42,5
- Elevage intensif de l'anguille	57,7	42,3
- Elevage intensif du loup	70,0	30,0
- Elevage semi-intensif	24,25	75,75
- Installations annexes	39,0	61,0

9. CONSIDERATIONS PARTICULIERES A L'ELEVAGE DES CRUSTACES - INSTALLATIONS D'ELEVAGE DE Penaeus kerathurus et P. japonicus

A l'heure actuelle, le bassin méditerranéen manque d'une expérience d'ensemble de l'élevage commercial des pénésidés.

Pour ce qui concerne la reproduction induite de ces crustacés et leur élevage à l'échelle expérimentale, par contre, une certaine expérience a été acquise.

Des installations-pilotes de dimensions commerciales vont être construites d'ici peu et l'on envisage différentes hypothèses afférentes à leur construction.

Nous décrirons brièvement ci-après trois modèles d'installations; le premier et le deuxième s'inspirent des méthodes d'élevage japonaises; le troisième, par contre, traduit une solution d'élevage hyperintensif tout à fait expérimentale et d'avant-garde.

Les paramètres de production attribués aux deux premiers modèles sont ceux de l'expérience japonaise, et nous nous devons de souligner qu'ils représentent des niveaux qui ne sauraient être réalisés que dans des conditions environnementales optimales et à la suite d'une longue expérience.

Il nous semble opportun de signaler que les installations d'élevage des pénésidés peuvent sans aucune difficulté (nous l'avons déjà relevé) s'insérer dans le modèle de pisciculture intégrée que nous avons décrit.

Nous rappelons aussi que l'évaluation du coût des installations ne tient pas compte de la valeur des terrains.

9.1 Installation d'élevage intensif en bassins de terre ou en bassins naturels adaptés

Ce type d'installation est communément appelé "extensif"; en fait (cf. critères de classification exposés à la page 2) il s'agit d'une installation d'élevage intensif qui, en regard des élevages intensifs d'autres espèces, se caractérisent par une faible densité et, par conséquent, par une production peu élevée (maximum: 0,3 kg/m²).

L'installation se compose d'un secteur de reproduction et d'un secteur d'élevage. Le premier se décompose en un service de traitement des eaux, un service de reproduction et un service d'élevage des larves. Le secteur de l'élevage est constitué par un certain nombre de bassins en terre ou de bassins naturels adaptés, aptes à recevoir les post-larves et à les amener à la taille commerciale.

La production maximum possible avec ce type d'installation est généralement de l'ordre de 3 000 kg par hectare et par an.

Les frais de construction, pour un élevage composé de bassins de terre destinés à une production annuelle d'environ 18 t, dans l'hypothèse d'un potentiel de 3 000 kg par hectare et par an peuvent être donnés à titre indicatif, comme suit, (en U.S.\$):

Secteur de reproduction:

- Service de traitement et de conditionnement de l'eau	36 000
- Service de reproduction, incubation et élevage des larves	61 000
- Divers	41 000
Total secteur de reproduction	138 000

Secteur de l'élevage

- Préparation des bassins en terre (environ 60 000 m ²)	118 000
- Ouvrages d'aménage et de déversement des eaux	24 000
- Divers	33 000
- Infrastructure	59 000
Total secteur de l'élevage	234 000
Total général	372 000

Le bilan économique peut être donné comme suit:

Direction de l'établissement	18 000
Main-d'oeuvre (1 personne pour 9 t)	24 000
Aliments composés ^{1/}	64 000
Energie	12 000
Entretien	12 000
Amortissement	34 000
Frais généraux	12 000
Divers	6 000
Revenu: 18 000 kg x 15 dollars ^{2/}	270 000
Total	270 000
Bénéfice	88 000
Fonds d'auto-assurance (10 % de la valeur de la production brute)	27 000
Bénéfice net (23 % des recettes)	61 000
(coût du produit: 10,06 U.S.\$/kg (poids vif))	

Nous prenons cette valeur comme l'indice de base dans tous les calculs concernant les types d'installations, ce qui nous permet d'établir un tableau comparatif de leur viabilité commerciale.

^{1/} Le coût de l'alimentation des pénéidés est susceptible de variations très considérables selon les types d'aliments utilisés. Le taux de conversion, lorsqu'on emploie des matières vivantes est de 10 à 15:1 et, par conséquent lorsqu'on dispose de déchets de poissons ou de bivalves peu coûteux, les frais de nourriture peuvent être maintenus entre 2 et 2,5 U.S.\$/kg de pénéidés; lorsque cela n'est pas possible, les coûts augmentent et finissent par devenir insoutenables. Les aliments artificiels ont pour fonction de stabiliser ces coûts en les maintenant entre des limites acceptables; compte tenu de cette possibilité, nous avons inclus dans les tableaux un coût égal à 3,5 U.S.\$/kg de produit

^{2/} Le prix de vente dont il est fait état ici ne représente pas une cotation moyenne tirée de l'expérience commerciale, mais au contraire la valeur que le produit devrait atteindre pour assurer la rentabilité de l'installation décrite

En Europe le commerce en gros des crustacés est fortement conditionné par l'afflux de produits en provenance de l'Extrême-Orient et l'offre est actuellement à bien meilleur marché.

Lorsque l'élevage est pratiqué en bassins naturels adaptés et non en bassins de terre, le coût de la construction diminue sensiblement. En fait, dans l'hypothèse - d'ailleurs évidente - selon la quelle les terrains sont choisis dans les conditions les plus favorables, le coût nécessaire à la construction des bassins sera comparable à celui considéré comme acceptable pour la création d'installations piscicoles extensives.

En règle générale, même si l'on admet que pour obtenir une production annuelle du même ordre, soit 18 t, compte tenu de la productivité spécifique moindre, il faudrait accroître la superficie, objet des investissements; on peut toutefois prévoir pour le secteur de l'élevage une économie de l'ordre de 80 pour cent^{1/} par rapport aux frais de construction afférents aux bacs en terre.

Par suite, le bilan économique pourrait se présenter comme suit (en U.S.\$):

Direction de l'établissement		18 000
Main-d'oeuvre (1 personne pour 8 t)		28 000
Aliments composés ^{2/}		63 000
Energie		12 000
Entretien		12 000
Amortissement		24 000
Frais généraux		12 000
Divers		6 000
Revenu: 18 000 kg x 15 dollars ^{3/}	270 000	
Total	270 000	175 000
Bénéfice	95 000	
Fonds d'auto-assurance (10 % de la valeur de la production brute)	27 000	
Bénéfice net (25 % des recettes)	68 000	
(coût du produit: 9,73 U.S.\$ /kg (poids vif))		

^{1/} On évalue à 80 % les économies réalisées sur les coûts afférents au secteur de l'élevage, les frais d'infrastructure qui auraient d'ailleurs tendance à diminuer, restant cependant inchangés

^{2/} Le coût de l'alimentation des pénéidés est susceptible de variations très considérables selon les types d'aliments utilisés. Les taux de conversion, lorsqu'on emploie des matières vivantes est de 10 à 15:1 et, par conséquent, lorsqu'on dispose de déchets de poissons ou de bivalves peu coûteux, les frais de nourriture peuvent être maintenus entre 2 et 2,5 U.S.\$ /kg de pénéidés; lorsque cela n'est pas possible, les coûts augmentent et finissent par devenir insoutenables. Les aliments artificiels ont pour fonction de stabiliser ces coûts en les maintenant entre des limites acceptables; compte tenu de cette possibilité, nous avons inclus dans les tableaux un coût égal à 3,5 U.S.\$ /kg de produit

^{3/} Le prix de vente dont il est fait état ici ne représente pas une cotation moyenne tirée de l'expérience commerciale, mais au contraire la valeur que le produit devrait atteindre pour assurer la rentabilité de l'installation décrite.

Nous prenons cette valeur comme l'indice de base dans tous les calculs concernant les divers types d'installation, ce qui nous permet d'établir un tableau comparatif de leur viabilité commerciale.

En Europe, le commerce en gros des crustacés est fortement conditionné par l'afflux de produits en provenance de l'Extrême-Orient et l'offre est actuellement à bien meilleur marché.

9.2 Installations d'élevage intensif en bacs de ciment

Ce modèle d'installation diffère du précédent uniquement pour ce qui concerne la structure des bacs d'élevage des post-larves.

Dans ce cas, les bacs sont entièrement construits en ciment et leur fond est recouvert d'une couche de sable et de gravier.

La production d'une installation intensive de ce type peut atteindre un maximum de 6 000 kg par hectare et par an.

Outre l'accroissement de la production spécifique, on obtient d'autres avantages, et notamment de meilleures possibilités de contrôle et la réduction de la main-d'oeuvre.

Les coûts de construction d'une installation d'environ 18 t/an peuvent être donnés comme suit, à titre indicatif (en U.S.\$):

Secteur reproduction:

- Service de traitement et de conditionnement de l'eau	36 000
- Service de reproduction, d'incubation et d'élevage des larves	61 000
- Divers	41 000
Total secteur reproduction	138 000

Secteur élevage:

- Bacs d'élevage (environ 30 000 m ²)	570 000
- Installations et divers	67 000
- Infrastructure	60 000
Total secteur élevage	697 000
Total général	835 000

Le bilan économique peut être donné comme suit:

Direction de l'établissement	18 000
Main-d'oeuvre (1 personne pour 12 t)	18 000
Aliments composés ^{1/}	64 000
Energie	12 000

^{1/} Le coût de l'alimentation des pénéidés est susceptible de variations très considérables selon les types d'aliments utilisés. Le taux de conversion, lorsqu'on emploie des matières vivantes est de 10 à 15:1 et, par conséquent, lorsqu'on dispose de déchets de poissons ou de bivalves peu coûteux, les frais de nourriture peuvent être maintenus entre 2 et 2,5 U.S.\$ /kg de pénéidés; lorsque cela n'est pas possible, les coûts augmentent et finissent par devenir insoutenables. Les aliments artificiels ont pour fonction de stabiliser ces coûts en les maintenant entre des limites acceptables; compte tenu de cette possibilité, nous avons inclus dans les tableaux un coût égal à 3,5 U.S.\$ /kg de produit

Entretien		12 000
Amortissement		84 000
Frais généraux		12 000
Divers		6 000
Revenu: 18 000 kg x 15 dollars	270 000	
Total	270 000	226 000
Bénéfice	44 000	
Fonds d'auto-assurance (10 % de la valeur de la production brute)	27 000	
Bénéfice net (6 % des recettes)	17 000	

(coût du produit: 12,54 U.S.\$/kg poids vif)

Considerations formulées à titre orientatif

L'examen des coûts et des résultats du bilan afférent aux installations d'élevage des crustacés nous porte à conclure que cette activité, bien que justifiant un intérêt maximum est encore sujette à des difficultés de divers ordres.

En effet, on constatera que, contrairement à ce qui se produit pour les autres types de pisciculture, la rentabilité de l'élevage de pénésidés décroît à mesure que l'on passe de structures du type "élevage extensif" aux modalités propres aux élevages intensifs.

On peut affirmer qu'à l'heure actuelle, seules les installations caractérisées par des investissements extrêmement bas peuvent produire un rapport assuré.

Cela suppose que l'on opère dans le contexte de conditions écologiques, géographiques et sociales tout à fait particulières, et que l'on puisse obtenir la semence de post-larves auprès d'autres installations (centres coopératifs ou étatiques, par exemple).

Dans ce cas, les frais d'amortissement tendraient à disparaître et, simultanément, ceux afférents à la main-d'oeuvre la plus spécialisée et, par conséquent, la plus coûteuse.

Les frais d'installation relatifs à l'élevage en bassins naturels (cf. p. 33) retomberaient à quelque U.S.\$ 120 000 au maximum (et beaucoup moins encore si l'on peut renoncer à certaines infrastructures); le bilan économique se présenterait alors comme suit (U.S.\$):

Main-d'oeuvre		28 000
Aliments composés		64 000
Energie		6 000
Entretien		4 000
Amortissements		12 000
Frais généraux		
Divers		2 000
Revenu: 18 000 kg x 15 dollars	270 000	
Bénéfice	154 000	116 000
Fonds d'auto-assurance	27 000	
Bénéfice net (47 % des recettes)	127 000	

(coût du produit: 6,47 U.S.\$/kg poids vif)

Si l'on limite le bénéfice net à 20 % des recettes, on peut maintenir la rentabilité normale de l'installation tout en baissant le prix de vente à 9,17 U.S.\$/kg.

Il faut aussi tenir compte de l'importance économique que cette activité peut revêtir lorsqu'elle est introduite dans les contextes sociaux appropriés.

En fait, lorsque des artisans pêcheurs, de petits éleveurs, des éleveurs de mollusques, etc. sont directement intéressés et ont l'occasion de trouver là leur subsistance ou de réaliser un progrès économique, on a déjà obtenu un résultat notable.

Il faut néanmoins reconnaître aussi que ce type d'élevage, en vertu des conditions qu'il suppose, ne trouve pas son application dans la majeure partie du bassin méditerranéen.

Le développement de ce secteur est donc lié à la recherche et à l'expérimentation de systèmes beaucoup plus perfectionnés et productifs que les systèmes actuels.

Cela nous pousse à présenter le modèle d'installation d'élevage hyperintensif que nous décrivons ci-après, et qui nous semble digne d'être expérimenté à l'échelle voulue.

9.3 Installation d'élevage hyperintensif

Cette installation se propose les objectifs ci-après:

- réaliser une densité d'élevage de l'ordre de 40 pénéidés/m²; (la densité en élevage intensif est de 25/m²);
- opérer sur des couches superposées jusqu'à la limite de la fonctionnalité optimum; cette limite dépend du type de structure et d'installation adoptées et l'on considère qu'une structure à 8 étages convient le plus généralement;
- obtenir, en vertu de ce qui précède une production très voisine de 10 kg/m² de "superficie au sol" d'installation;
- être en mesure de procéder à l'élevage des pénéidés dans une aire géographique très vaste; mécaniser et, chaque fois que possible, automatiser les opérations d'élevage;
- maintenir un contrôle continu et complet sur les conditions de fonctionnement (température, lumière, échanges d'eau, etc.);
- utiliser des effluents thermiques industriels, ce qui permet d'obtenir un cycle de production continue, indépendant des saisons.

Le succès de cette stratégie est essentiellement fonction des conditions ci-après:

- détermination de méthodes éliminant le cannibalisme typique des pénéidés ou y faisant obstacle;
- solution satisfaisante apportée aux problèmes de l'alimentation des crustacés (aliments secs à bon rendement);
- adoption de techniques appropriées dans l'ensemble de l'installation.

Le coût de la construction d'une installation hyperintensive d'une superficie totale d'élevage de 40 000 m², sur 8 étages de 5 000 m² chacun, peut être en gros établi comme suit (en U.S.\$):

Secteur reproduction

- Service de traitement et de conditionnement de l'eau	36 000
- Service de reproduction, d'incubation et d'élevage des larves	61 000
- Divers	41 000
Total secteur repro- duction	138 000

Secteur élevage

- Constructions	747 000
- Bacs	470 000
- Installations et divers	270 000
- Infrastructure	60 000
Total secteur élevage	1 566 000
Total général	1 685 000

Pour établir le bilan économique, nous partons de l'hypothèse que l'on peut opérer à la densité d'au moins 40 pénéidés/m² et que l'installation fonctionne au régime thermique optimal pendant toute l'année (cela suppose la possibilité d'utiliser une énergie thermique gratuite; à défaut, les frais de conditionnement deviendraient insoutenables^{1/}.

Dans ces conditions, on pourrait tirer de l'installation environ 60 000 kg de produit par an.

Le bilan économique pourrait alors s'établir comme suit:

Direction de l'établissement	18 000	
Main-d'oeuvre	34 000	
Aliments composés ^{2/}	212 000	
Energie	12 000	
Entretien	34 000	
Amortissement	172 000	
Frais généraux	12 000	
Divers	6 000	
Revenu: 60 000 kg x 15 dollars	900 000	
Total	900 000	500 000
Bénéfice	400 000	
Fonds d'auto-assurance (10 % de la valeur de la production brute)	90 000	
Bénéfice net (34 % des recettes)	310 000	
(coût du produit: 8,33 U.S.\$/kg poids vif)		

^{1/} A moins que l'on parvienne à réaliser un recyclage satisfaisant de l'eau

^{2/} Le coût de l'alimentation des pénéidés est susceptible de variations très considérables selon les types d'aliments utilisés. Le taux de conversion, lorsqu'un emploi des matières vivantes est de 10 à 15:1 et, par conséquent, lorsqu'on dispose de déchets de poissons ou de bivalves peu coûteux, les frais de nourriture peuvent être maintenus entre 2 et 2,5 U.S.\$/kg de pénéidés; lorsque cela n'est pas possible, les coûts augmentent et finissent par devenir insoutenables. Les aliments artificiels ont pour fonction de stabiliser ces coûts en les maintenant entre des limites acceptables; compte tenu de cette possibilité, nous avons inclus dans les tableaux un coût égal à 3,5 U.S.\$/kg de produit

Module expérimental

Une installation pilote d'élevage hyperintensif fonctionnant à l'échelle expérimentale serait très utile pour déterminer de nouvelles méthodes d'élevage des pénéidés et s'assurer de leur rentabilité.

Ses dimensions pourraient être assez réduites, tout en reproduisant un module de base pour installations de type commercial. Il est possible d'obtenir des semences auprès de centres spécialisés, aussi juge-t-on superflu de prévoir un secteur de reproduction.

Par suite, le coût de la construction du module pourrait être donné comme suit, à titre indicatif (en U.S.\$):

Constructions (environ 200 m ²)	18 000
Batterie d'élevage à plusieurs étages	6 000
Installations	12 000
Centrale thermique	2 000
Instruments divers	10 000
Divers	6 000
Total	56 000

Le coût annuel de l'expérimentation peut être donné comme suit:

Techniciens spécialistes (2 personnes)	36 000
Main-d'œuvre (3 personnes)	36 000
Energie et combustible	23 000
Biens de consommation et aliments	28 000
Manipulations	6 000
Experts-conseils et frais de déplacement	12 000
Frais divers	12 000
Total	153 000

On juge que l'expérimentation pourrait porter sur deux à cinq ans.

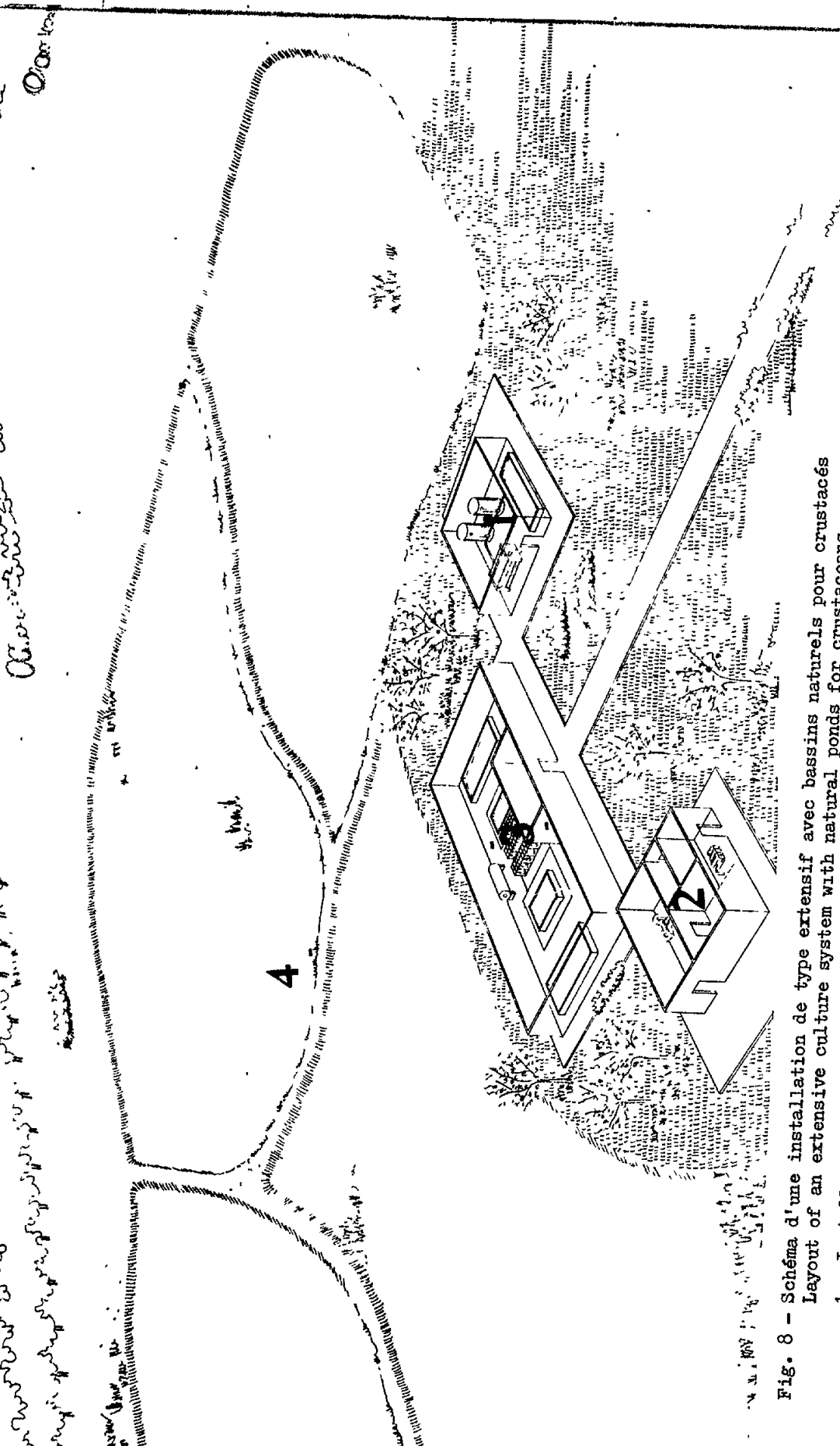


Fig. 8 - Schéma d'une installation de type extensif avec bassins naturels pour crustacés
 Layout of an extensive culture system with natural ponds for crustaceans

1. Installation de traitement et de conditionnement de l'eau
 Water treatment and conditioning plant
2. Infrastructures
3. Ecloserie/Hatchery
4. Bassins d'élevage des post-larves
 Post larval nursery ponds

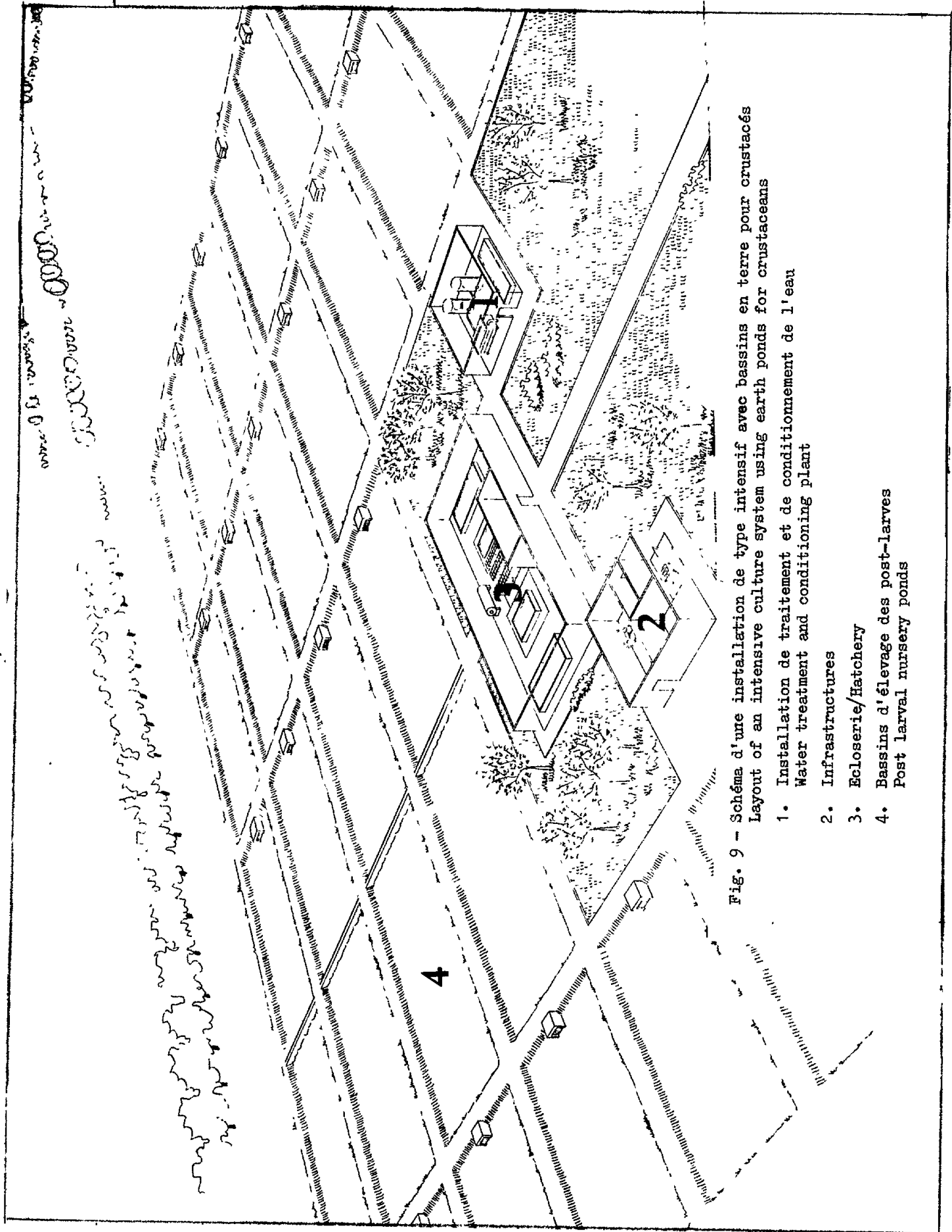


Fig. 9 - Schéma d'une installation de type intensif avec bassins en terre pour crustacés
Layout of an intensive culture system using earth ponds for crustaceans

1. Installation de traitement et de conditionnement de l'eau
Water treatment and conditioning plant
2. Infrastructures
3. Ecloserie/Hatchery
4. Bassins d'élevage des post-larves
Post larval nursery ponds

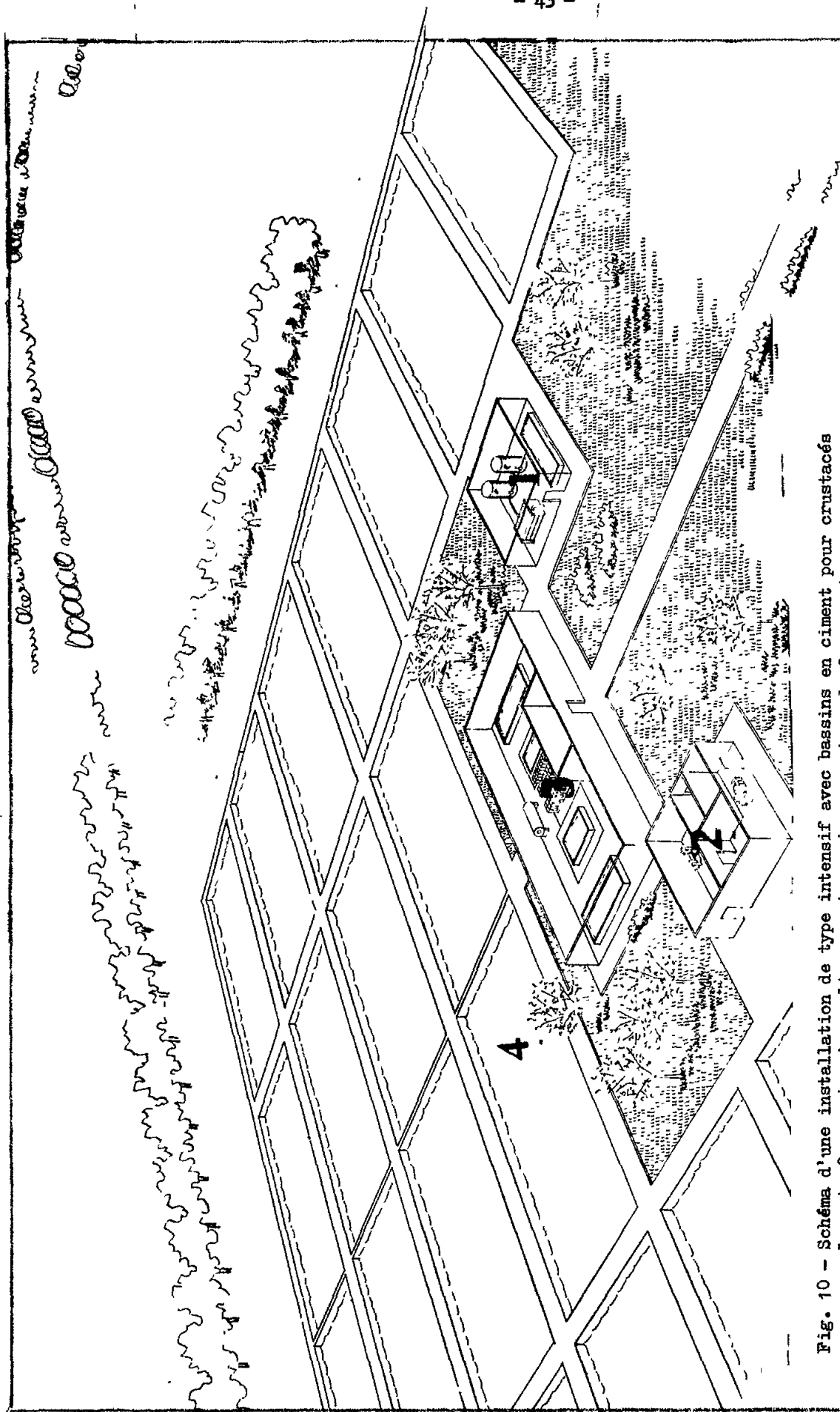


Fig. 10 - Schéma d'une installation de type intensif avec bassins en ciment pour crustacés
Layout of an intensive culture system using cement ponds for crustaceans

1. Installation de traitement et de conditionnement de l'eau
Water treatment and conditioning plant
2. Infrastructures
3. Ecloserie/Hatchery
4. Bassins d'élevage des post-larves
Post larval nursery ponds

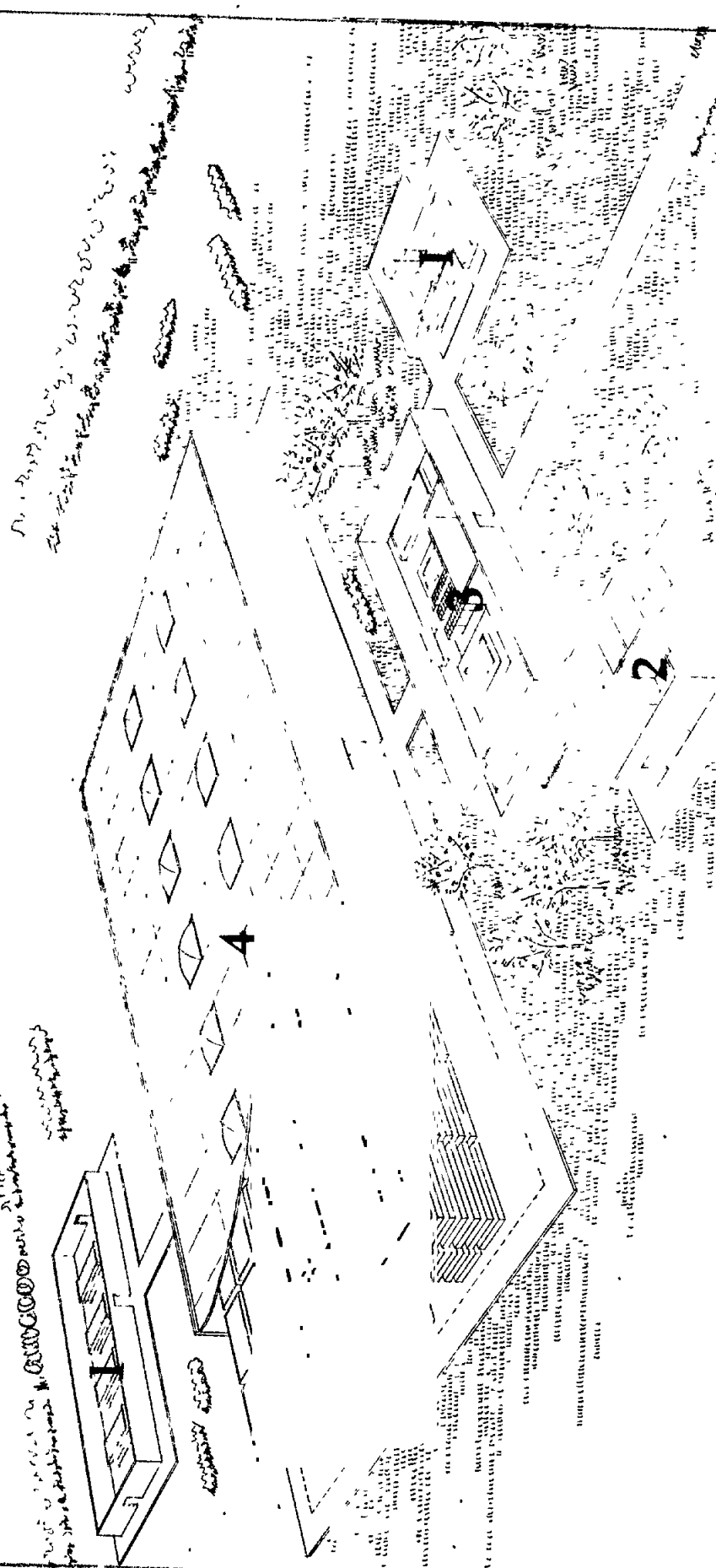


Fig. 11 - Schéma d'une installation de type hyper-intensif pour crustacés
Layout of an hyper-intensive culture system for crustaceans

1. Installation de traitement et de conditionnement de l'eau
Water treatment and conditioning plant
2. Infrastructures
3. Ecloserie/Hatchery
4. Bassins d'élevage des post-larves
Post larval nursery ponds

Annexe 2

COUT DETAILLE DES INSTALLATIONS DE BASE POUR L'ELEVAGE DES CRUSTACES (en U.S.\$)

I BATIMENT DE TRAITEMENT ET DE CONDITIONNEMENT DE L'EAU

Constructions

(1) Préparation du terrain et voies d'accès	6 000
(2) Hangars	9 000
Total constructions	15 000

Divers

(1) Bac de sédimentation	2 000
(2) Filtres	7 000
(3) Installations de chauffage de l'eau	4 000
(4) Canalisations	2 000
(5) Matériel automatique et instruments divers	2 000
(6) Pompes	4 000
Total divers	21 000
Total constructions	15 000
Total général	36 000

II BATIMENTS POUR LA REPRODUCTION, L'INCUBATION, LES LARVES, ETC.

Constructions

(1) Préparation du terrain et voies d'accès	12 000
(2) Hangars	32 000
(3) Bacs en béton armé	4 000
(4) Cloisons mobiles	13 000
Total constructions	61 000

Divers

(1) Mobilier et ameublement	4 000
(2) Instruments scientifiques	18 000
(3) Bacs en résine de verre	2 000
(4) Autoclaves et accessoires	6 000
(5) Installation électrique	1 000
(6) Installations de distribution de l'eau et de l'air	2 000
(7) Installations hydro-thermo-sanitaires	6 000
(8) Equipement divers (bennes, mangeoires, etc.)	2 000
Total divers	41 000
Total constructions	61 000
Total général	102 000

III ENTREPOTS, OXYGENATION, INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES

Constructions

(1) Préparation du terrain et des voies d'accès	7 000
(2) Hangars	18 000

Total constructions	25 000
---------------------	--------

Divers

(1) Groupe électrogène	14 000
(2) Installation frigorifique	18 000
(3) Soufflerie	2 000
(4) Installation électrique	1 000

Total divers	35 000
--------------	--------

Total constructions	25 000
---------------------	--------

Total général	60 000
---------------	--------

IV COUTS SUPPLEMENTAIRES POUR L'ELEVAGE EXTENSIF

Constructions

(1) Travaux de terrassement	117 000
(2) Ouvrages en ciment armé pour l'amenée et le déversement des eaux	24 000

Total constructions	141 000
---------------------	---------

Divers

(1) Grilles	9 000
(2) Vannes	6 000
(3) Equipement divers (mangeoires, grillages, etc.)	18 000

Total divers	33 000
--------------	--------

Total constructions	141 000
---------------------	---------

Total général	174 000
---------------	---------

V COUTS SUPPLEMENTAIRES POUR L'ELEVAGE INTENSIF

Constructions

(1) Travaux de terrassement	12 000
(2) Ciment armé pour bordures	118 000
(3) Ciment pour fonds des bassins	428 000
(4) Constructions pour l'amenée et le déversement des eaux	12 000

Total constructions	570 000
---------------------	---------

Divers

(1) Grilles	5 000
(2) Vannes	3 000
(3) Tuyauterie d'aménée et de déversement des eaux	47 000
(4) Equipement divers (mangeoires, grillages, etc.)	12 000
Total divers	67 000
Total constructions	570 000
Total général	637 000

VI COUT SUPPLEMENTAIRE POUR L'ELEVAGE HYPERINTENSIF. HANGAR POUR BAGS A POST-LARVES

Constructions

(1) Préparation du terrain et voies d'accès	41 000
(2) Hangars	706 000
(3) Bags	470 000
Total constructions	1 217 000

Divers

(1) Installations de distribution de l'eau et de l'air	175 000
(2) Appareillage automatique et instruments divers	60 000
(3) Equipement divers (bennes, mangeoires, etc.)	35 000
Total divers	270 000
Total constructions	1 217 000
Total général	1 487 000

RECAPITULATION GENERALE ET PRORATA

	CONSTRUCTIONS		DIVERS		TOTAL	
	(milliers de U.S.\$)	%	(milliers de U.S.\$)	%	(milliers de U.S.\$)	%
INSTALLATION EXTENSIVE	242	60,7	130	39,3	372	100
INSTALLATION INTENSIVE	571	76,3	139	23,7	835	100
INSTALLATION HYPERINTENSIVE	1 121	78,2	312	21,8	1 685	100