

Assemblage et installation de cages hexagonales en bois pour l'élevage de poissons

Un manuel technique



Photo de couverture:

La structure flottante d'une cage artisanale hexagonale en bois d'élevage de poissons.
(Courtoisie de Fabrizio Piccolotti).

Assemblage et installation de cages hexagonales en bois pour l'élevage de poissons

Un manuel technique

FAO
DOCUMENT
TECHNIQUE SUR
LES PÊCHES ET
L'AQUACULTURE

576

Fabrizio Piccolotti
FAO Consultant
Rome, Italie

et

Alessandro Lovatelli
Fonctionnaire chargé de l'aquaculture
Service de l'aquaculture
Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO
Rome, Italie

Les appellations employées dans ce produit d'information et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) aucune prise de position quant au statut juridique ou au stade de développement des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. La mention de sociétés déterminées ou de produits de fabricants, qu'ils soient ou non brevetés, n'entraîne, de la part de la FAO, aucune approbation ou recommandation desdits produits de préférence à d'autres de nature analogue qui ne sont pas cités.

Les opinions exprimées dans ce produit d'information sont celles du/des auteur(s) et ne reflètent pas nécessairement celles de la FAO.

ISBN 978-92-5-207380-2

Tous droits réservés. La FAO encourage la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Les utilisations à des fins non commerciales seront autorisées à titre gracieux sur demande.

La reproduction pour la revente ou à d'autres fins commerciales, y compris à des fins didactiques, pourra être soumise à des frais. Les demandes d'autorisation de reproduction ou de diffusion de matériel dont les droits d'auteur sont détenus par la FAO et toute autre requête concernant les droits et les licences sont à adresser par courriel à l'adresse copyright@fao.org ou au Chef de la Sous-Division des politiques et de l'appui en matière de publications, Bureau de l'échange des connaissances, de la recherche et de la vulgarisation, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Rome, Italie.

© FAO 2012

Préparation de ce document

Ce document a été pensé à la suite du projet de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (TCP/DJI/3301) «Projet d'appui pour le développement de l'aquaculture marine» qui a eu lieu en République de Djibouti (2011-2012).

Au cours d'une série de missions sur le terrain réalisées par l'auteur principal, tout le matériel nécessaire à l'assemblage d'un certain nombre de cages hexagonales en bois a été rassemblé et l'assemblage ainsi que l'installation en mer des cages dans le sud du Pays ont été bien menés. L'utilisation de matériaux disponibles sur place, les coûts abordables et la facilité de construction représentent une bonne raison pour répliquer cette expérience dans n'importe quel autre environnement dans le cadre du développement de l'aquaculture artisanale. Les connaissances de base et les instructions fournies dans ce manuel s'adressent aux acteurs actuels et futurs, du développement aquacole.

Résumé

Ce document est un guide pratique qui fournit la liste et les détails techniques des matériaux à utiliser pour assembler une cage hexagonale en bois pour l'élevage de poissons, ainsi que son système d'amarrage, dans le cadre d'une aquaculture artisanale. Les instructions pour l'assemblage des différents composants sont illustrées en détail et les directives techniques pour l'installation sur le site d'élevage sont aussi décrites. Ce manuel propose également des indications pour s'orienter dans le choix du modèle de cage et des composants utilisés en fonction des caractéristiques du site (environnementales, logistiques et sociales). Les exigences physiologiques des espèces élevées et leur incidence sur les performances d'élevage ont été également évaluées dans le but de fournir le maximum d'informations nécessaires à la planification et à la mise en place d'une telle activité. Ce guide technique explique également qu'il est possible, à travers le modèle de cage illustré, d'exploiter des milieux plus turbulents que ceux où l'aquaculture artisanale opère traditionnellement. Des renseignements complémentaires sur les thèmes traités dans le texte sont disponibles dans les annexes.

Piccolotti, F; Lovatelli, A. 2012.

Assemblage et installation de cages hexagonales en bois pour l'élevage de poissons. Un manuel technique.

FAO Document technique sur les pêches et l'aquaculture. No. 576. Rome, FAO. 78 pp.

Table des matières

Préparation de ce document	iii
Résumé	iv
Remerciements	ix
Glossaire	x
1. Introduction	1
2. Choix du site et des espèces adéquates	3
2.1 Choix du site	3
Aspects environnementaux	4
Paramètres hydrodynamiques et géologiques	4
Paramètres physico-chimiques, écologiques et biologiques	7
Aspects logistiques et socioculturels	10
2.2 Choix des espèces adéquates	12
Critères économiques	12
Critères physiologiques	12
Critères techniques	13
3. Choix du modèle de cage	15
3.1 Critères de base	15
Critères économiques	16
Critères techniques	18
4. Éléments d'une cage hexagonale en bois	23
4.1 Modèle de cage	25
La charpente	26
Le système flottant	27
Le système d'amarrage	28
Le filet	30
5. Assemblage de la cage	35
5.1 Préparation des corps-morts	36
5.2 Fixage de la structure en bois	38
5.3 Apprêt du système flottant	42
6. Installation des cages dans le site d'élevage	47
6.1 Balisage des points	49
6.2 Préparation des aussières d'amarrage	51
6.3 Installation des corps-morts et amarrage de la cage	54
6.4 Installation du filet	56
Références bibliographiques et lectures recommandées	61

Annexes

Annexe 1 – Calcul de la surface, du volume et de la flottabilité d'un corps	63
Annexe 2 – Les nœuds	67
Annexe 3 – Composition du béton	71
Annexe 4 – Caractéristiques techniques des cordages	75
Annexe 5 – Calcul de l'emplacement des corps-morts	77

LISTE DES TABLEAUX

1. Principaux avantages et inconvénients de l'élevage en cages	4
2. Principaux paramètres, méthode de relèvement et valeurs acceptables	5
3. Rapport entre la vitesse du vent et la houle	7
4. Relation entre les caractéristiques d'un site et le modèle de cage le plus approprié	21
5. Matériel nécessaire pour une cage hexagonale en bois	24
6. Relation entre taille et poids des poissons et largeur des mailles du filet	32

LISTE DES FIGURES

1 Principales interactions entre l'environnement et la cage	6
2 Les périmètres de quatre différents modèles de cages ayant la même surface	19
3 Le renouvellement d'eau est majeur dans des cages carrées et rectangulaires par rapport à celles cylindriques (de même volume et largeur des mailles)	19
4 Pour la même vitesse du courant le renouvellement complet d'eau à l'intérieur de la cage est plus fréquent dans des petits volumes	20
5 Vue de dessus (a); Vue de face de la cage (b)	25
6 Lorsque la cage est soumise à la poussée d'un courant excessif, les flotteurs, en opposant leur poussée verticale, empêchent qu'un côté de la cage soit immergé. Par ailleurs, ils absorbent la force due à la houle tout en évitant des tensions excessives sur les points où les aussières sont liées aux madriers	29
7 Dessin d'un filet incluant toutes les spécifications requises	32
8 Cage finalisée et distance parmi les éléments	38
9 Schéma d'insertion des boulons avec leurs plaques et rondelles	42
10 L'aire occupée du système d'amarrage par rapport à celle de la cage	49
11 Installation des baliseurs provisoires sur le site d'élevage	50
12 Première phase de l'installation du filet	59
13 Deuxième phase de l'installation du filet	59

LISTE DES CADRES

1. Principales caractéristiques du filet d'élevage	31
2. Principales caractéristiques du site de Loyada, Djibouti	47

LISTE DES PLANCHES

1	Cinq cages hexagonales en bois, installées dans un site exposé en République de Djibouti (a); Cages hexagonales, solution unitaire et modulaires dans un site exposé au Viet Nam (b); Cages carrées en structures modulaires dans deux baies très abritées au Viet Nam (c; d)	8
2	Puit d'eau douce (a); Machine pour la production de glace (b); Groupe électrogène (c); Espace à l'extérieur pour l'assemblage (d)	11
3	Petits cobia (<i>Rachycentron canadum</i>) alimentés avec des poissons de rejet (a); Exemple de nourriture utilisée (b)	13
4	Préparation de la nourriture: Poissons hachés au Viet Nam (a); filetage de poissons de rejets en Afrique (b)	14
5	Cage circulaire en PVC utilisée dans le cadre d'une aquaculture à petite échelle au Viet Nam (a); Exemple de cage mixte, structure flottante en PVC et support du filet en bois (b); Le déplacement d'une cage à l'autre pendant l'alimentation du cheptel est plus facile avec des structures modulaires (c); Triage du cheptel dans des cages hexagonales modulaires (d)	15
6	Découpage d'une tige filetée (a); Soudure de l'écrou pour réaliser la tête du boulon (b); boulon de 20 cm de long obtenu (c); boulons, barres et plaques de fer réalisés par un forgeron (d)	17
7	Assemblage des composants par la main d'œuvre locale	18
8	Cages hexagonales installées dans un site non abrité	23
9	Détail de la passerelle (a); Administration de la nourriture (b)	26
10	Filet avec les nœuds (a); filet sans nœuds (b)	33
11	Espace ayant les caractéristiques nécessaires pour l'assemblage de la cage	36
12	Vieux pneus alignés placés sur des sacs en plastique usés	36
13	Les fûts du système flottant sont d'abord utilisés pour la préparation des corps-morts	36
14	Disposition des chaînes	37
15	Barres de fer croisées dans les pneus	37
16	Les pneus sont remplis de béton	38
17	Corps-morts préparés et laissés à sécher	38
18	Outils	39
19	Disposition des premiers madriers (a); Vérification de la distance entre les madriers parallèles (b)	39
20	Disposition des madriers supérieurs	40
21	Vérification de la longueur des côtés	40
22	Perçage des madriers (a); Les trous pour l'insertion des boulons sont prêts (b)	41
23	Insertion des boulons (a); Tous les quatre boulons ont été insérés dans le premier angle (b)	41
24	Serrage des écrous	42
25	Étalement de la colle (a); Serrage du tampon (b)	43
26	Ligature à effectuer sur les fûts (a); On a trois extrémités libres, la quatrième corde vient d'être ajoutée dans le côté inférieur droit (b)	43
27	Mise en place des fûts au-dessous de la cage	43
28	Ligature du fût au madrier (a); Fût bien joint par les quatre cordes à la cage (b)	44

29	Cage finalisée prête au lancement (a); Cage prête au remorquage sur le lieu d'installation (b)	44
30	Cage finalisée, soulevée pour la mise à l'eau	45
31	Balisage de l'emplacement des corps-morts	51
32	Bobine lors de livraison (a); Prendre le bout qui se trouve à l'intérieur (b); S'éloigner bout à la main (c); Détendre toute sa longueur (d)	52
33	Protection de la corde avec du ruban adhésif	52
34	Préparation de quatre aussières identiques	53
35	Séquence pour lier correctement l'alsoière à la maille de la chaîne et la protéger des frottements	53
36	Enroulement de l'alsoière (a); Alsoière enroulée, prête à être mise à l'eau (b)	54
37	Corps-morts correctement disposés sur le bateau (a); Ligature des aussières à la chaîne (b)	54
38	La mise à l'eau des corps-morts	55
39	Ligature de deux cordes de remorquage sur deux angles adjacents (a); Remorquage de la cage (b)	55
40	Opérations d'amarrage de la cage	56
41	Cages amarrées, prêtes à l'installation des filets	56
42	Filet délivré par le fournisseur avec son étiquette d'identification (a); Contrôle du filet avant l'installation (b); Toit du filet (c); Étiquette avec les spécifications et le numéro de matricule (d)	57
43	Nœuds utilisés pour lier les cordes sur les anneaux du filet	58
44	Lests (environ 7 kg) à lier sur le fond du filet après son installation	58
45	Trois filets prêts à l'installation chargés sur le bateau	58
46	Première phase de l'installation du filet (a); Deuxième phase de l'installation du filet (b)	60
47	Angle du filet bien tendu par le lest (a); Plaque en fer utilisée comme lest (b); Paroi de la cage bien tendue après l'installation des lests (c); Installation du filet complétée (d)	60

Remerciements

L'auteur principal tient à remercier M. Alessandro Lovatelli, Fonctionnaire chargé de l'aquaculture au sein du Département des pêches et de l'aquaculture (FAO) pour lui avoir donné la possibilité de participer à ce projet de développement du secteur aquacole en République de Djibouti et pour avoir voulu la réalisation de cet ouvrage, pour son soutien pendant sa réalisation, ainsi que pour avoir coordonné et rendu possible avec la Représentante FAO à Djibouti la publication de ce document. Un grand remerciement à tout le personnel du bureau de la FAO de Djibouti, à partir de la Représentante Mme Ndeye Ticke Ndiaye et son adjoint M. Abdoukader Ismail pour leur aimable accueil et leur excellent support au cours de toutes les missions sur place.

Il est impossible d'oublier le rôle joué par la Direction des Pêches (DP) du Ministère de l'Agriculture de Djibouti. A partir du Directeur, M. Ahmed Darar Djibril et le chef du service des pêches, M. Moustapha Hassan Allaleh, pour arriver aux techniciens M. Youssouf Ali Youssouf, M. Ali Guirreh Djama, M. Maki Houmed Med et M. Saïd Ahmed Djama. Sans leur formidable support et leur dévouement la mise en place avec succès de la ferme marine de Loyada (sud du Pays) aurait été impossible. L'équipe de travail sur le terrain a été composée aussi par des pêcheurs de la communauté de Loyada qui ont fourni un support logistique, le bateau utilisé et la main d'œuvre. Merci à M. Ahmed Ibrahim Robleh le gérant de la pêcherie de Loyada pour la base logistique qu'il a pourvue, à M. Aden Nauh, le «capitaine», pour la qualité de son travail à la fois pour l'assemblage à terre et en mer pour l'installation. Aux techniciens nommés et aux pêcheurs impliqués, merci aussi pour leur sympathie et leur hospitalité qui ont rendu beaucoup plus agréables les nombreuses journées de travail sur le terrain.

Un grand remerciement à Mme Zakia Massik et à Mlle Tarub Bahri pour la révision de ce document, leurs corrections et leurs précieuses suggestions. Mlle Marianne Guyonnet du Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO a également contribué à la production finale de ce document. Tous les dessins ont été réalisés par Mlle Emanuela D'Antoni, la mise en page a été effectuée par M. José Luis Castilla Civit qui ont ainsi contribué à rendre le manuel plus compréhensible et plus agréable.

Toutes les photos ont été prises par l'auteur principal.

Glossaire

Aussière: cordage de gros calibre employé pour l'amarrage ou le remorquage.

Balise: objet qui indique un danger ou un point à repérer.

Corps-mort: dalle de béton ou un objet pesant en général, posé au fond de l'eau et qui est relié par un fil ou une chaîne à une bouée.

Délover: Terme de marine. Dérouler un câble qui était lové ou plié en cercle.

Densité d'élevage: elle exprime la quantité de poissons (en kg) par rapport au volume (en m³).

Disque de Secchi: Plaque circulaire (d'environ 20 cm de diamètre) dont la surface supérieure est divisée en quatre secteurs égaux qui sont peints alternativement en noir et en blanc. Utilisé pour mesurer la pénétration de la lumière dans l'eau ou la transparence de celle-ci, il est immergé au bout d'un filin étalonné jusqu'à sa disparition.

Ensemencement de la cage: l'opération de remplir la cage avec les alevins.

Écloserie: c'est une installation destinée à produire des œufs, des larves et des alevins, des poissons ou autres organismes aquatiques commerciaux.

Fetch: ce terme indique la distance en mer ou sur un plan d'eau au-dessus de laquelle souffle un vent donné sans rencontrer d'obstacle.

Filer (une corde): laisser dérouler un câble, qui se trouve sur un bateau, dans l'eau.

Fouling: la colonisation spontanée d'un support immergé par des organismes sessiles (algues, mollusques, crustacées).

Indice de conversion: il exprime le rapport entre la quantité d'aliment consommé et une quantité de croît, p. ex. un indice de 1,7 signifie qu'il faut 1,7 kg d'aliment pour obtenir 1 kg d'augment pondéral de la biomasse en élevage.

Jalonner: matérialiser le tracé d'un lieu en y posant des jalons.

Lancement: mettre à l'eau un navire, une cage, etc.

Manille: anneau allongé dont une extrémité peut être ouverte ou fermée et servant à relier deux tronçons de chaîne.

Mouiller: jeter l'ancre ou un corps-mort dans l'eau.

Organeau: fort anneau de fer auquel on attache un câble ou une chaîne (à travers une manille).

Taret: les tarets sont des mollusques bivalves (= lamellibranches) à corps très allongé, vermiforme, qui s'attaquent aux bois immergés dans l'eau de mer ou l'eau saumâtre.

Taux de croissance: c'est un paramètre technique d'élevage qui exprime la vitesse de croissance journalière en pourcentage.

Titre d'un filet: il représente l'épaisseur du fil constituant la maille et il est défini par deux chiffres, le premier indique le poids linéaire de la fibre primaire qui constitue le fil (i.e. 210 est le poids en gramme d'une fibre longue de 9 000 m), alors que le second (variant de 12 à 400) désigne le nombre de fibres retordées qui constituent le fil du filet.

1. Introduction

L'exploitation aquacole en milieu aquatique peut se réaliser à échelle industrielle ou artisanale.

Les plus importants investissements qui caractérisent l'aquaculture industrielle ont permis l'installation de cages en milieux exposés, offshore, grâce à une technologie de haut niveau et des moyens disponibles importants. Par contre l'aquaculture artisanale, en utilisant des matériaux économiques, disponibles sur place et souvent de recyclage, est traditionnellement menée en milieux très abrités où les conditions hydrodynamiques et météorologiques ne sont presque jamais extrêmes. D'ailleurs ces conditions comportent souvent un faible taux de rechange d'eau dans les cages et aux alentours, ce qui entraîne des problèmes de pollution du milieu et la perte d'une partie du cheptel aquacole. Malgré ces limites, le développement de l'activité aquacole artisanale en cages dans les pays en voie de développement, pourrait contribuer d'une part à fournir des protéines pour l'alimentation humaine et d'autre part à créer des emplois dans les communautés locales.

L'essor de l'initiative privée, qui devrait être soutenue par des politiques qui favorisent et encouragent les investisseurs, est indispensable pour le progrès et la consolidation de cette activité. D'un point de vue technique la principale entrave à cet essor est la faible connaissance de nombreux aspects biologiques et techniques impliqués. En effet, la maîtrise de l'activité aquacole en cages requiert des connaissances approfondies du milieu aquatique, de certains aspects environnementaux et de la biologie des espèces élevées. La familiarité avec les techniques d'élevage et les principaux paramètres techniques impliqués dans la production est également nécessaire. Il s'agit d'une activité relativement récente et les informations à ce sujet ne sont pas suffisamment diffusées et partagées.

Le but de ce manuel est d'offrir aux entrepreneurs, aux techniciens (de sociétés privées, de ministères concernés et d'instituts de recherche) ainsi qu'aux nouveaux acteurs dans ce domaine, des indications sur les critères à la base de l'évaluation d'un site et du choix du modèle de cage le plus approprié pour chaque contexte environnemental. Des indications sur le rapport entre les exigences physiologiques des espèces et le milieu d'élevage (aspects physico-chimiques, biologiques et hydrologiques et forme et modèle de cage adopté) sont aussi mentionnées.

L'accent a été mis principalement sur la description détaillée d'une cage hexagonale en bois (composants, caractéristiques techniques et fonctionnement, volume d'élevage disponible, etc.) et sur les procédures pour un assemblage correct des différents éléments constitutifs. Ce modèle est moins connu que ceux traditionnels carrés et rectangulaires, mais très avantageux pour l'exploitation de sites pas complètement abrités. L'adoption de cages hexagonales, grâce à leurs caractéristiques hydrodynamiques dues à cette forme géométrique, rend possible l'installation de fermes d'élevage dans des sites considérés semi exposés.

En effet l'adoption de ce type de cage rendrait cette activité possible dans tous les pays côtiers qui ne disposent pas de zones abritées tels que les fleuves ou les archipels du sud-est asiatique. Par ailleurs, l'exploitation d'une zone avec un hydrodynamisme plus élevé devrait permettre de plus hautes productions et de meilleure qualité.

De plus, étant donné que le milieu aquatique est beaucoup plus dynamique et présente beaucoup plus de variables que le milieu terrestre, une expérience préalable permet de mettre en place des stratégies opératives et des solutions pratiques souvent indispensables pour la bonne réussite de certaines interventions. De ce fait, l'auteur a essayé de transmettre les fruits de son expérience accumulée durant une quinzaine d'années de travail en mer dans le secteur privé, en qualité de technicien aquacole.

Les chapitres qui traitent de l'assemblage de la cage et l'installation en mer contiennent ainsi des conseils pratiques pour mener correctement ces opérations.

Ce manuel dispose des indications et des suggestions qui peuvent être utiles aussi bien pour des néophytes qui n'ont jamais exécuté ce genre de travail que pour des professionnels qui peuvent confronter leurs idées et leurs solutions techniques avec celles exposées dans ce texte. En effet, le partage des expériences diverses et des intuitions de chaque professionnel apporte chaque jour une amélioration des résultats déjà obtenus.

2. Choix du site et des espèces adéquates

La caractéristique principale de l'aquaculture en cages est d'être un «système ouvert» où les interactions entre la cage et l'environnement se déroulent dans les deux sens. Les processus de sélection d'un site adéquat pour l'installation des cages doit tenir en compte l'impact des cages sur l'environnement et vice-versa. Il est important de comprendre que la qualité de l'environnement est le premier facteur qui influe sur la production aquacole (en termes de qualité et quantité). Par ailleurs une évaluation attentive des caractéristiques environnementales et une prévision des dynamiques qui vont s'établir avec l'élevage est essentielle pour planifier (espèces cibles, objectifs de production possibles, etc.) avec succès cette activité. Avant d'entamer l'étude du site, il est indispensable de vérifier s'il existe un cadre juridique national qui réglemente l'aquaculture. Une demande d'autorisation d'exploitation de cultures marines sur le domaine public maritime peut être requise pour obtenir une zone en concession.

L'exploitation de certaines zones côtières (en raison de pollution du milieu, conflit d'usage avec des autres activités, présence des aires marines protégées, etc.) et de certaines espèces pourrait être interdite. Des limitations à la production maximale possible (afin de limiter les émissions de polluants, notamment azote et phosphore) peuvent être imposées. La quarantaine avant d'introduire des espèces non-indigènes devrait être prévue (afin d'éviter la diffusion des pathogènes).

Note: L'absence d'un cadre juridique, de procédures transparentes et d'un accès facile aux réglementations sont les principales entraves au développement durable de l'aquaculture notamment dans les pays où cette industrie est moins développée. Une réglementation en la matière, ne doit pas être considérée comme une contrainte, mais comme un atout pour le développement de ce domaine. Des mesures de soutien du secteur (par exemple, exemption des impôts et accès au crédit) devraient être incluses dans cette législation.

Le Tableau 1 résume les principaux avantages et inconvénients de l'élevage en cages par rapport à celui mené à terre (dans le cadre d'une aquaculture à petite échelle).

Le bilan des fermes piscicoles d'élevage de poissons en cage demeure plus rentable que la pisciculture à terre, bien qu'il faut se confronter avec quelque désavantage.

2.1 CHOIX DU SITE

L'activité d'élevage en cage doit faire face aux aléas des conditions environnementales. De ce fait, pour réduire au minimum les risques qui affectent

TABLEAU 1

Principaux avantages et inconvénients de l'élevage en cages

Avantages	Inconvénients
Plus de disponibilité de sites exploitables	Possibilité d'interférence avec la population piscicole locale (possible transmission de parasites et agents pathogènes, prédation, introduction de poissons divers dans la cage)
Renouvellement beaucoup plus élevé de l'eau et sans coûts	Risques accrus de vols et de sabotages
Possibilité d'intensification de la production piscicole (densité d'élevage, taux de croissance et de survie accrus)	Besoin de plus de main d'œuvre (pour l'installation de la ferme, alimentation et entretien)
Réduction de la durée des cycles de production	Durée de vie des cages plus courte que celle d'un bassin ou d'un étang
Récolte des poissons plus facile et maniable	Plus de risques liés aux conditions météorologiques et à un milieu beaucoup plus dynamique
Investissement initial moins élevé	–
Fréquence moindre de problèmes sanitaires	–

les structures d'élevage et les espèces élevées, le choix du site est accompli à la suite d'une évaluation très attentive basée sur une étude de faisabilité qui considère plusieurs aspects de l'endroit envisagé.

L'étude de faisabilité est menée en tenant compte des aspects environnementaux, logistiques et socioculturels. Ce chapitre présente les principaux paramètres environnementaux à estimer et leurs influences sur cette activité aquacole. Des suggestions de principe concernant l'aspect logistique et socioculturel sont également fournies.

Aspects environnementaux

L'étude environnementale comprend les étapes suivantes:

- recherche bibliographique;
- examen des données disponibles (fournies par le gouvernement et/ou les instituts de recherche);
- analyses *in situ* des paramètres physico-chimiques, géologiques et écologiques;
- consultation des communautés locales.

Dans le cas d'un projet d'exploitation visant l'utilisation des cages artisanales en bois, le Tableau 2 résume les principaux paramètres qu'il faut connaître en raison de leur influence à la fois sur les structures et sur les espèces élevées et, quand il est possible¹, des valeurs acceptables sont exprimées.

Paramètres hydrodynamiques et géologiques

Les conditions hydrodynamiques, ainsi que la bathymétrie et la typologie du fond doivent être évaluées afin de choisir le modèle de cage et le système d'amarrage les plus appropriés. Ces paramètres constituent aussi une influence sur le bien-être et le taux de croissance des poissons élevés (ils influencent la production en quantité et en qualité).

¹ Pour certains paramètres, des valeurs limites n'existent pas car il est possible de mettre en place différentes solutions techniques selon le cas. Pour d'autres, l'acceptabilité d'une valeur dépend de la physiologie de l'espèce élevée.

TABLEAU 2

Principaux paramètres, méthode de relèvement et valeurs acceptables

Paramètres hydrodynamiques	Relèvement	Valeurs acceptables
Vitesse du vent	Données disponibles, relèvement <i>in situ</i> , interviews et observation	<10/15 nœuds
Vitesse du courant marin	Données disponibles, relèvement <i>in situ</i> , interviews et observation	>10 cm/sec <1 m/sec
Hauteur de vague	Données disponibles, relèvement <i>in situ</i> , interviews et observation	<1 m
Marnage	Données disponibles, relèvement <i>in situ</i> , interviews et observation	–
Paramètres géologiques	Relèvement	Valeurs acceptables
Bathymétrie	Relèvement <i>in situ</i> et observation	>5 m <20 m
Typologie du fond marin	Relèvement <i>in situ</i> et observation	Sableux
Paramètres physico-chimiques	Relèvement	Valeurs acceptables
Température de l'eau	Données disponibles et relèvement <i>in situ</i>	–
Salinité	Données disponibles et relèvement <i>in situ</i>	–
Oxygène dissous	Données disponibles et relèvement <i>in situ</i>	>3 mg/l
pH	Données disponibles et prélèvement <i>in situ</i>	–
Paramètres écologiques et biologiques	Relèvement	Valeurs acceptables
Charge organique	Prélèvement <i>in situ</i> et analyses du laboratoire	–
Matière en suspension	Relèvement <i>in situ</i>	Au moins 1 mètre - disque Secchi
Phytoplancton	Prélèvement <i>in situ</i> , analyses du laboratoire et données satellite	–
Autres aspects à considérer	Relèvement	Valeurs acceptables
Fouling	Observation <i>in situ</i> et interviews	–
Organismes pathogènes et prédateurs	Bibliographie et interviews	Absence
Sources de pollution	Données disponibles, relèvement <i>in situ</i> , interviews et observation	Absence
Activités côtières*	Observation et interviews	Absence de conflits d'usage

* Transport, activités de pêche, ports militaires ou commerciaux, aires marines protégées, etc.

Les conditions optimales devraient prévoir une distance d'au moins deux mètres entre le fond du filet et le fond marin, et ce afin d'éloigner les poissons élevés de la charge organique présente au-dessous de la cage, due à l'accumulation sur le fond des déjections et des déchets constitués par la nourriture non consommée. Cette charge organique est colonisée par des bactéries qui en effectuant la décomposition, entraînent la pollution de l'eau, pouvant causer des problèmes sanitaires aux poissons en cage.

Note: En augmentant la distance entre le fond du filet et le fond marin, les déjections et les déchets s'éparpillent sur une zone plus ample en évitant une concentration excessive de la charge organique dans un seul point et en facilitant la dispersion par les courants marins.

Par exemple dans un site ayant une profondeur de sept mètres, on peut installer des cages avec des filets de cinq mètres de hauteur (cela devrait assurer un volume d'élevage acceptable dans le cas d'une aquaculture artisanale). D'ailleurs une

profondeur excessive (>20 m) rend nécessaire l'adoption d'un plus grand système d'amarrage, ce qui a des conséquences aussi bien sur les coûts d'investissement que sur son entretien.

Les courants marins doivent avoir une vitesse adéquate permettant la dispersion de ces polluants biologiques ainsi que les catabolites du métabolisme des poissons, tels que l'ammoniac excrété par les branchies et à garantir un renouvellement suffisant d'eau à l'intérieur de la cage (pas moins de 10 cm/sec). D'ailleurs, une vitesse excessive de courant (>1 m/sec), outre à entraîner l'augmentation des sollicitations sur la cage (voir aussi Chapitre 3 «Choix du modèle de cage»), cause une perte de nourriture qui, poussée par le courant, peut être emportée hors du filet avant que les poissons n'aient le temps de la consommer (indice de conversion pire + augmentation de la pollution = pertes économiques). Enfin, un trop fort courant implique une dépense d'énergie pour les poissons qui doivent nager pour s'en opposer au détriment du taux de croissance et une réduction de volume du filet (malgré les lests liés sous le filet en affectant le bien être du cheptel aquacole; voir Chapitre 4). La Figure 1 illustre les principales interactions entre l'environnement et la cage.

La vitesse du vent et la hauteur des vagues sont étroitement liées, comme illustré dans le Tableau 3.

Note: La présence dans les parages d'abris naturels ou artificiels tels que des îles, des récifs ou des brise-lames peut empêcher le déferlement des vagues sur les cages.

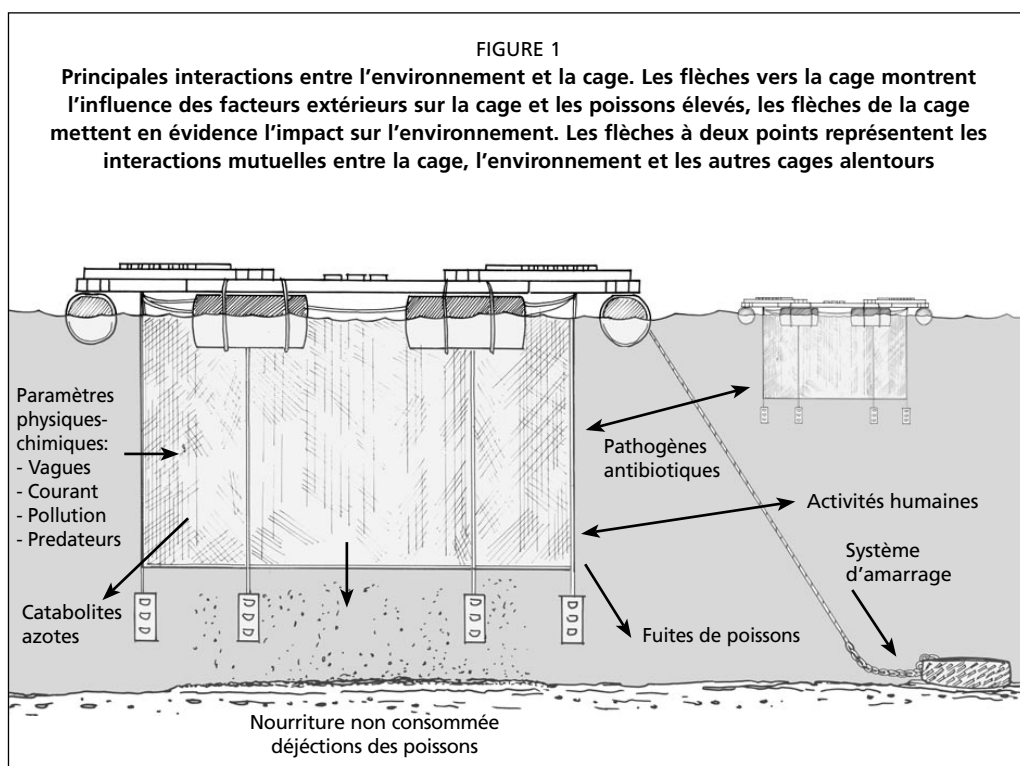


TABLEAU 3

Rapport entre la vitesse du vent et la houle

Échelle Beaufort	Vitesse du vent (en nœuds)	État de la mer	Hauteur des vagues
0	<1	Mer sans rides	–
1	1–3	Mer avec petites rides	0,10
2	4–6	Mer avec de petites vagues	0,30
3	7–10	Vagues aux crêtes d'écume blanche	1,00
4	11–16	Vagues de plus en plus grandes, crêtes d'écume blanche plus fréquentes	1,50
5	17–21	Vagues modérées, nombreuses crêtes d'écume, quelques embruns	2,50
6	22–27	Des lames commencent à se former, les crêtes d'écume blanche sont partout plus étendues	4,00
7	28–33	La mer grossit, présence des vagues déferlantes	5,50
8	34–40	Vagues de hauteur moyenne et grande longueur, toutes les crêtes déferlent	7,50
9	41–47	Hautes vagues, la crête des lames déferle en rouleaux	10,00
10	48–55	Très grosses lames à longues crêtes, toute la surface de la mer prend un aspect blanc, visibilité réduite	12,50
11	56–63	Vagues de hauteur exceptionnelle, la surface est recouverte de bancs d'écume, visibilité très réduite	16,00
12	64	L'air est plein d'écume et d'embruns, la mer est entièrement blanche d'écume, la visibilité très sérieusement affectée	>16,00

Source: Nardone, 2001.

En règle générale, les cages en bois sont faites pour être utilisées dans les zones abritées, ce type de structures étant moins adaptées que celles utilisées dans l'aquaculture industrielle et qui sont construites en métal ou en polyéthylène, pour supporter des vagues supérieures à un mètre de hauteur.

La forme hexagonale augmente la résistance de la cage aux stress dynamiques (voir Chapitre 3 «Choix du modèle de cage») permettant ainsi l'exploitation de milieux plus exposés (Planche 1).

Il faut aussi tenir en compte que les mauvaises conditions de la mer peuvent rendre difficile l'accès à la ferme pour l'entretien et l'alimentation journalière des poissons. Dans ce cas, les risques de dommages matériels sont accrus et la croissance des poissons est fortement pénalisée, avec des conséquences évidentes sur la rentabilité de l'investissement. De ce fait, il est utile d'évaluer la fréquence des conditions météorologiques adverses tout au long de l'année, étant souvent préférable un site où les mauvaises conditions arrivent avec une intensité supérieure (bien que dans des limites acceptables) mais avec une fréquence moindre.

Enfin, la connaissance de la typologie du fond marin (voir Chapitre 3) et du marnage contribue à dimensionner correctement le système d'amarrage.

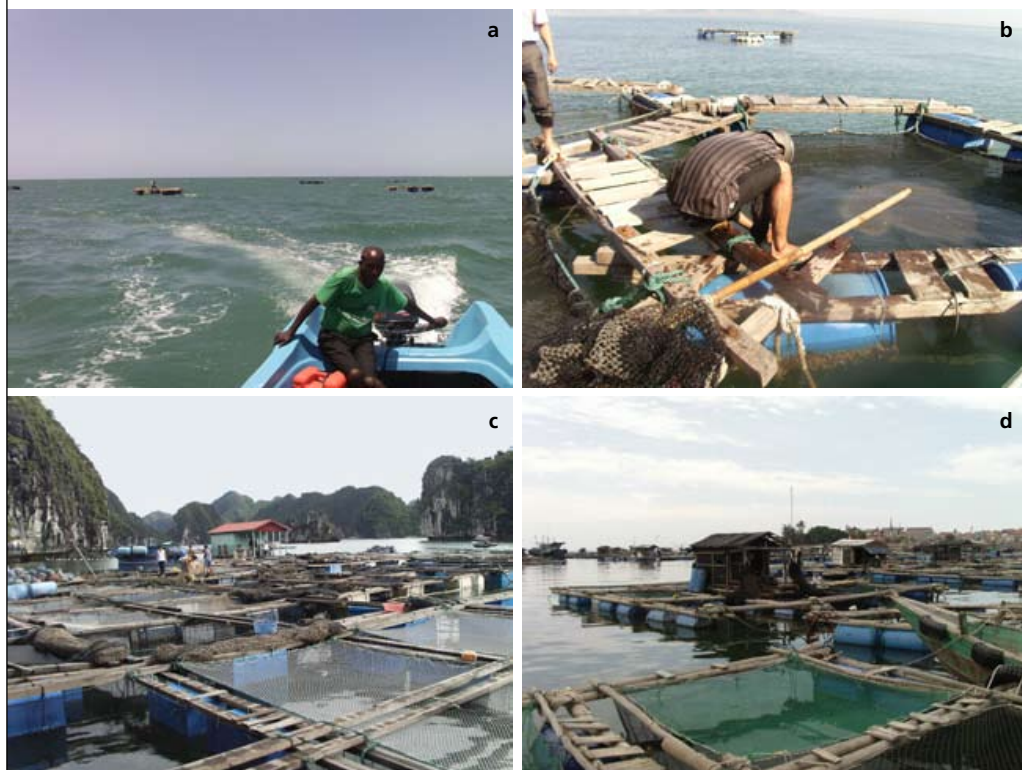
Paramètres physico-chimiques, écologiques et biologiques

Il est vital de déterminer les paramètres physico-chimiques, écologiques et biologiques du site pour vérifier leur compatibilité avec les espèces objet d'élevage.

Pour être compatible avec un environnement, une espèce doit y trouver les conditions appropriées à sa survie qui correspondent à ses exigences physiologiques.

PLANCHE 1

Cinq cages hexagonales en bois, installées dans un site exposé en République de Djibouti (a);
Cages hexagonales, solution unitaire et modulaires dans un site exposé au Viet Nam (b);
Cages carrées en structures modulaires dans deux baies très abritées au Viet Nam (c; d)



Étant donné que ces conditions sont différentes d'une espèce à l'autre, il est impossible d'indiquer des valeurs optimales universelles, un site pouvant être adapté à une espèce et totalement inapproprié à une autre.

Note: En règle générale les poissons marins sont plus exigeants que ceux d'eau douce qui peuvent être élevés dans des milieux de qualité moindre (notamment, eaux moins oxygénée et avec plus de matière en suspension).

Pour chaque paramètre il existe une gamme de valeurs à l'intérieur de laquelle la survie d'une espèce est possible. À l'intérieur de cette gamme il y a ce qu'on appelle les valeurs optimales qui garantissent un maximum de bien-être, des hautes performances de croissance, un taux de mortalité bas, des hautes productions, et une meilleure qualité du produit. Les variables étant nombreuses, il se peut que dans un milieu donné, pas tous les paramètres considérés ne présentent pas des valeurs optimales pour une espèce donnée. On peut dire alors qu'une espèce est élevée avec succès si elle trouve dans le milieu le meilleur équilibre parmi les paramètres environnementaux plus favorables et moins favorables, lui permettant

d'exprimer un bon potentiel d'élevage (taux de croissance, indice de conversion, taux de survie, etc.).

Il est important de rappeler que tous les poissons sont des animaux ectothermes. La **température** est donc un des facteurs les plus importants car il régule le métabolisme (niveau d'appétit des poissons et par conséquent la vitesse de croissance) et influence ainsi la production d'un élevage. Il ne serait jamais rentable d'élever des poissons dans un milieu où la température est proche des valeurs limites pour l'espèce (même si tous les autres paramètres ont des valeurs optimales).

Attention: De brusques variations de température sont à éviter car elles stressent les poissons et peuvent entraîner des conséquences négatives sur les défenses immunitaires. Des courants marins, des déversements industriels et/ou fleuves en crue, peuvent causer de soudaines variations.

De même l'**oxygène dissous** est très important pour le bien-être et il influence la santé, l'appétit, la conversion alimentaire et la résistance aux maladies des poissons. Par ailleurs, un milieu bien oxygéné est de meilleure qualité à plusieurs égards (moins de risques de production d'hydrogène sulfuré, majeure biodiversité, etc.) et permet d'atteindre de plus hautes densités d'élevage.

La **salinité** exprime la concentration de sels minéraux dans l'eau (notamment le sodium, Na). Le **pH** mesure l'acidité ou la basicité de l'eau. Bien que des espèces différentes aient des exigences différentes à l'égard de ces deux paramètres et une différente tolérance à leurs variations, on peut généraliser selon les deux grandes catégories de poissons marins et d'eau douce. Tel que pour l'oxygène, des variations brusques sont à éviter.

Une quantité excessive de **matière en suspension** et de **phytoplancton** peuvent causer des problèmes de santé aux poissons. La première engendrant des irritations branchiales et favorisant l'installation d'agents pathogènes et parasites, le second en consommant beaucoup d'oxygène pendant la nuit peut entraîner l'asphyxie des animaux élevés. De plus, le phytoplancton et la matière en suspension, en réduisant la visibilité, peuvent poser des difficultés aux poissons dans la localisation de l'aliment et entraîner une perte de nourriture.

Un excès de biomasse végétale (phytoplancton et macro algues) peut être dangereux aussi en raison du fait que les cellules qui meurent se déposent sur le fond et sont par la suite colonisées par des bactéries qui consomment l'oxygène pendant le processus de décomposition.

Attention: Lorsque l'oxygène disponible dans le milieu s'achève, la décomposition de la matière organique est effectuée par des bactéries anaérobiques qui, utilisant le soufre au lieu de l'oxygène, entraînent la production du sulfure d'hydrogène très toxique pour les espèces animales.

Le **fouling** représente un des plus grands problèmes qui se pose aux éleveurs des poissons en cage que ce soit à l'échelle industrielle ou artisanale. Il est causé

par des organismes marins sessiles (notamment des algues, mais également des crustacés et des mollusques) qui colonisent tous les composants de la cage et du système d'amarrage provoquant ainsi des problèmes à la fois aux structures et aux poissons élevés. Le poids du filet peut doubler en raison du fouling, ce qui modifie l'équilibre entre force de gravité et flottabilité de la cage. De plus, en obstruant les mailles, il augmente la résistance opposée à la houle et au courant marin, ce qui expose les structures (cages et système d'amarrage) à un stress majeur. En empêchant ou en réduisant la circulation et le renouvellement de l'eau dans la cage, ainsi que l'éloignement de la matière organique (déjections et aliments non consommés), le fouling peut entraîner une baisse d'oxygène dissous dans le milieu d'élevage et par conséquent une réduction marquée de la croissance, des problèmes sanitaires et une mortalité partielle du cheptel aquacole.

Attention: En présence d'une colonisation excessive de fouling, des endommagements des structures et des déchirures des filets deviennent plus fréquents (risque d'une perte partielle, voire même totale, des poissons).

Dans un milieu naturel, il y a un risque d'infections causées par des **organismes pathogènes** et/ou de **prédation**. Les poissons autour des cages peuvent être porteurs de germes, souvent inoffensifs pour les poissons sauvages, mais très infectieux dans les conditions d'élevage (la densité élevée et le régime alimentaire intensif entraîne un stress qui rend les animaux moins résistants aux infections). Par ailleurs, les grands carnassiers autour des cages peuvent déchirer les filets pour piller les poissons élevés.

La proximité des sources de pollution, tel que les fleuves, les activités anthropiques (industrie, agriculture, élevage, trafic maritime, etc.), les égouts, etc., peut engendrer des épisodes de prolifération des pathogènes. Ces pathogènes affectant les poissons peuvent en causer la mortalité et/ou les rendre insalubre pour les consommateurs.

Attention: Ces épisodes, pouvant être occasionnels, risquent de ne pas être relevés à tout moment de l'année. Une observation et une évaluation des activités anthropiques aux alentours peuvent aider dans la prévision des risques de pollution. En cas de doutes, des prélèvements d'échantillons (destinés au laboratoire d'analyses) à plusieurs reprises sont conseillés.

Note: La présence de bactéries appelées coliformes fécaux, notamment l'espèce *Escherichia coli*, est utilisée pour détecter la présence de sources de pollution par les matières fécales.

Aspects logistiques et socioculturels

Les aspects logistiques, tels que les conditions des infrastructures aux alentours du site (Planche 2), sont d'une grande importance, notamment:

- les liaisons routières pour la livraison des matériaux, des alevins et des poissons marchands, ainsi que pour la facilité d'accès au site par le personnel.



- la présence de ports ou embarcadères ou espaces d'halage pour le lancement des cages et des embarcations.
- la présence d'une base à terre pour l'assemblage, l'installation et la gestion de la future ferme (bureaux, stockage du matériel, production de glace, préparation de l'aliment pour les poissons, etc.).
- le réseau électrique et hydrique (ou groupes électrogènes et puits d'eau douce, le cas échéant).

Enfin l'aspect socioculturel implique les évaluations suivantes:

- l'hostilité des communautés locales (risque de cambriolages, sabotages, vandalisme);
- les conflits d'usage de l'espace (zones de pêche, tourisme, trafic maritime, présence d'autres entreprises similaires, etc.);
- la disponibilité des ressources humaines (techniciens qualifiés, main d'œuvre) ou possibilité d'en former;
- l'intérêt et la disponibilité des communautés présentes à se convertir vers l'élevage de poissons; et
- création d'emplois.

2.2 CHOIX DES ESPÈCES ADÉQUATES

Les espèces les plus adéquates pour un élevage sont à rechercher d'abord parmi les espèces indigènes et il y a deux motifs essentiels pour favoriser les espèces autochtones:

- leur présence dans le milieu naturel garantit leur compatibilité physiologique avec les paramètres environnementaux du site;
- la sauvegarde de l'écosystème.

L'introduction d'espèces non indigènes expose l'environnement au risque de perturbation et pour cette raison elle est souvent interdite. La fuite de poissons carnassiers peut altérer, parfois dramatiquement, la chaîne alimentaire avec des répercussions sur tout l'écosystème. Par ailleurs, le risque d'importer des pathogènes associés transmissibles aux populations sauvages, doit être sévèrement pris en considération. L'introduction d'espèces non indigènes est admissible seulement après la permission de l'autorité compétente et après une période de quarantaine et de toutes autres évaluations nécessaires (voir Arthur, Bondad-Reantaso et Subasinghe, 2012; «Procédures pour la mise en quarantaine d'animaux aquatiques vivants. Un manuel»). De plus, le transport des alevins, par route, par avion ou par voie maritime exige une technologie de haute niveau et/ou des coûts trop élevés pour une aquaculture artisanale à petite échelle.

En tenant compte de ces principes généraux, ci-dessous les principaux critères à évaluer durant le processus du choix des espèces à élever sont énumérés.

Critères économiques

Parmi les critères économiques il faut envisager:

- Le **rapport coût de production/prix de vente**. Il doit garantir une marge bénéficiaire satisfaisante. Le coût de production dépend autant des principaux paramètres techniques d'élevage (indice de conversion, taux de croissance, taux de survie, etc.) que de la gestion de la ferme (suivi, entretien, stratégie alimentaire, etc.), pour cette raison, il peut être différent entre deux fermes ayant des conditions environnementales et logistiques similaires.
- Le **potentiel du marché**. Il s'agit d'évaluer le rapport offre/demande pour être en mesure d'établir la production annuelle marchande et sur cette base juger la viabilité économique de l'initiative. Les productions visées peuvent être destinées au marché local ou à l'export (dans ce cas, s'assurer d'être en mesure de respecter les standards hygiéniques imposés par le pays importateur).
- La **taille marchande**. Une taille marchande élevée risque de rendre le cycle de production trop long et de compromettre la rentabilité de l'activité (la vitesse de croissance étant inversement proportionnelle à l'âge des animaux et à leur taille).

Critères physiologiques

Les critères physiologiques sont liés à la biologie et l'écologie de l'espèce envisagée, soit:

- La **compatibilité biophysique** entre l'espèce et le site. Plusieurs paramètres chimiques et physiques doivent être pris en considération pour évaluer la compatibilité physiologique d'une espèce avec l'environnement (voir Tableau 1), la situation optimale sera un compromis qui assure de bonnes performances d'élevage (croissance, survie, etc.).
- Le **mode de vie**. Les conditions d'élevage (volume, taille, positionnement des cages) doivent respecter le mode de vie des espèces. Par exemple, les poissons pélagiques ne peuvent pas s'adapter aux petits volumes, tandis que des espèces benthiques, strictement liées au fond, ne sont pas adaptées aux cages flottantes. Par contre, certaines espèces démersales n'ayant pas besoin de grands espaces peuvent avoir des bonnes performances dans le cadre de ce type d'élevage. La résistance aux densités élevées dépend du comportement grégaire/solaire des espèces.

Note: À ce sujet, il a été noté une grande différence entre l'élevage en bassins et l'élevage en cages, ces derniers permettant d'augmenter la densité jusqu'à dix fois (comme il arrive dans le cas des mérous). De plus il a été observé, chez les mérous et les perches barramundi (*Lates calcarifer*), une meilleure réponse à l'administration de l'aliment lorsque elles se trouvent à densité plus élevées (FAO, 1988; «Training manual on marine finfish netcage culture in Singapore»).

- L'**adaptabilité au régime alimentaire**. La croissance du cheptel en élevage dépend de l'aliment fourni par l'homme, que ce soit nourriture industrielle ou poissons de rejet coupés en petits morceaux (Planche 3). Certaines espèces n'acceptent pas bien ce type d'alimentation, par conséquent leur élevage s'avère impossible à réaliser avec succès.



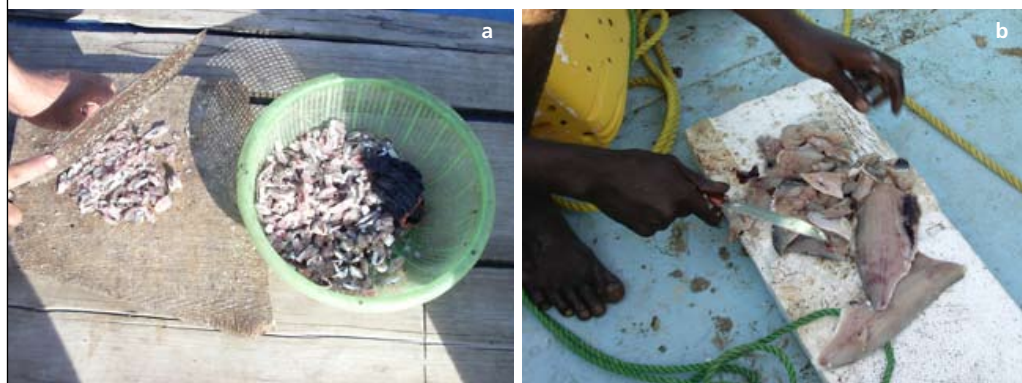
Critères techniques

Les critères techniques à évaluer impliquent la connaissance préalable et la maîtrise du cycle de production et incluent:

- Le **potentiel de production**. Les paramètres les plus importants qui identifient le potentiel d'une espèce en élevage sont le taux de croissance, l'indice de conversion alimentaire et la densité d'élevage.
- L'**approvisionnement en alevins**. Il s'agit de l'aspect le plus important qui représente la principale entrave au développement de cette activité dans certains pays (notamment les pays africains). L'ensemencement régulier des cages est garanti lorsque la production artificielle d'alevins en écloserie est maîtrisée. Il existe aussi une aquaculture basée sur la capture de juvéniles sauvages (voir à cet égard Lovatelli et Holthus, 2008; «Capture-based aquaculture. Global overview»), dans ce cas il faut disposer des techniques de capture appropriées tout en évaluant le risque de paupérisation des ressources. Dans les deux cas, le lieu d'approvisionnement en alevins devrait être le moins éloigné possible de la ferme afin d'éviter des blessures et du stress aux poissons et les coûts élevés liés à un transport trop prolongé.
- L'**approvisionnement en nourriture**. Les poissons carnassiers peuvent être élevés lorsqu'on dispose d'aliments extrudés de bonne qualité, produits sur place à des prix compétitifs. Des poissons de rejet et sous-produits d'origine animale (par exemple déchets du filetage des poissons) sont largement utilisés dans le cadre de l'aquaculture artisanale à petite échelle (FAO, 2011; «Use of wild fish as feed in aquaculture» et Planche 4). Les poissons capables d'utiliser les aliments végétaux posent moins des problèmes, mais ils ont généralement une valeur marchande plus faible.
- La **résistance et tolérance**. Ces caractéristiques aident les poissons à mieux tolérer les conditions d'élevage. Certaines espèces sont plus résistantes à des densités importantes et aux manipulations (pendant les opérations de triage, pêche, etc.), moins sujettes aux maladies et elles tolèrent mieux des conditions critiques, telles qu'un faible taux d'oxygène dissous et de soudaines variations des paramètres (oxygène, température, salinité, etc.).
- La **maîtrise des techniques d'élevage**. La préalable connaissance du cycle de production de l'espèce (qui implique la connaissance de la biologie et du comportement en élevage) est un avantage et limite les risques d'insuccès.

PLANCHE 4

Préparation de la nourriture: Poissons hachés au Viet Nam (a); Filetage de poissons de rejets en Afrique (b)



3. Choix du modèle de cage

3.1 CRITÈRES DE BASE

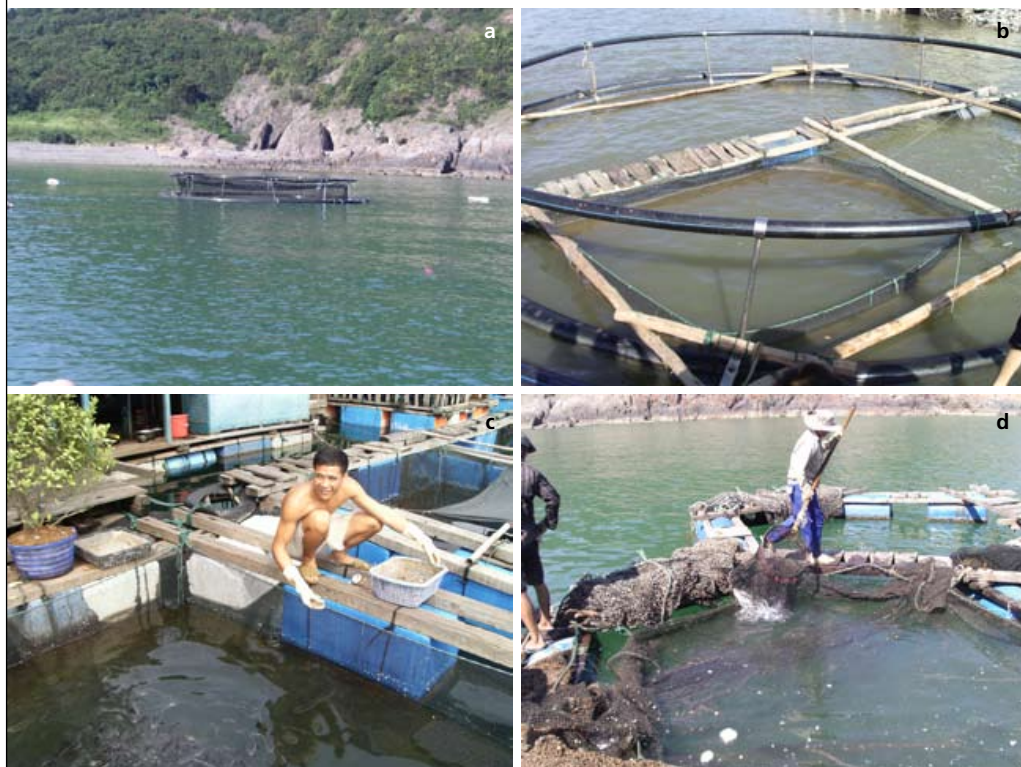
Le choix du modèle de cage est une étape essentielle dans le processus de conception puis d'exploitation d'une ferme aquacole. Il est basé sur des critères économiques et techniques, en tenant compte aussi des exigences des espèces élevées.

Les divers modèles de cages sont différents par rapport à leurs matériaux, formes et dimensions.

Une ferme peut être constituée par plusieurs cages indépendantes ou par des structures modulaires qui permettent de réaliser des économies sur les matériaux (aussi en ce qui concerne le système d'amarrage) et présentent des avantages de gestion (par exemple, les opérations d'alimentation des poissons sont simplifiées) (Planche 5).

PLANCHE 5

Cage circulaire en PVC utilisée dans le cadre d'une aquaculture à petite échelle au Viet Nam (a); Exemple de cage mixte, structure flottante en PVC et support du filet en bois (b); Le déplacement d'une cage à l'autre pendant l'alimentation du cheptel est plus facile avec des structures modulaires (c); Triage du cheptel dans des cages hexagonales modulaires (d)



Dans le cadre de l'aquaculture artisanale à petite échelle, les cages les plus fréquemment utilisées sont réalisées à partir d'une structure en bois car il s'agit d'un matériau facilement repérable et relativement peu coûteux. Dans ce chapitre les principaux critères qui conditionnent le choix du modèle de cage le plus approprié aux différents milieux potentiellement exploitables sont décrits.

Critères économiques

En tenant compte du fait que le contexte socio-économique où l'activité d'élevage en cages artisanales se déroule pose souvent des limites aux investissements initiaux possibles, les principaux éléments à évaluer sont les suivants:

Le coût et disponibilité du matériel utilisé. La structure principale de la cage peut être réalisée à partir de différents matériaux, tels que le bois, le polyéthylène, le fer galvanisé ou l'acier.

Les composants en bois présentent l'avantage d'avoir des prix plus abordables que les autres matériaux et ayant la prérogative d'être disponibles sur place, de n'impliquer aucun frais d'expédition. Pareillement les autres composants de la cage, du système flottant et du système d'amarrage peuvent être réalisés à partir de matériaux locaux, souvent de recyclage (voir Chapitre 4 «Éléments d'une cage hexagonale en bois»; Tableau 5), ayant, eux aussi, des prix accessibles et permettant d'avoir une disponibilité immédiate des pièces de rechange.

Le cas échéant, on peut adapter des composants pour les rendre conformes aux exigences ou palier à un manque de certains éléments sur place. La Planche 6 montre un exemple de réalisation de boulons de 20 cm de long par un forgeron, à partir d'une tige filetée de deux mètres (étant donnée l'impossibilité de trouver sur place des boulons ayant cette longueur).

En ce qui concerne les filets, étant donné le rôle crucial qu'ils jouent et le savoir-faire nécessaire à leur réalisation, ils peuvent initialement être commandés auprès de fournisseurs spécialisés. La main d'œuvre locale (par exemple des pêcheurs) pourrait ensuite essayer de reproduire les mêmes modèles.

La simplicité d'assemblage et d'entretien. Les structures relativement simples, réalisées avec des matériaux locaux, permettent d'utiliser la main d'œuvre locale (ouvriers, forgeron, menuisiers, etc.) à la fois pour l'assemblage et pour l'entretien, car il n'y a pas besoin d'appareillages ou de techniques sophistiqués pour l'accouplement des différents éléments. Cela constitue un double avantage, un investissement moins important et la création d'emplois auprès des communautés locales (Planche 7).

Le volume d'élevage réalisé. Ce volume est déterminé par les dimensions du filet ($\text{Volume} = \text{surface} \times \text{hauteur}$; voir aussi Annexe 1) qui, en délimitant le milieu où les poissons vivent, conditionnent la production possible pour chaque cage. En règle générale, on peut affirmer qu'en augmentant les dimensions des cages, le

PLANCHE 6

Découpage d'une tige filetée (a); Soudure de l'écrou pour réaliser la tête du boulon (b); Boulon de 20 cm de long obtenu (c); Boulons, barres et plaques de fer réalisés par un forgeron (d)



coût baisse par rapport au volume réalisé. Le prix par mètre cube de capacité est réduit au fur et à mesure que la dimension augmente (la limite se trouve lorsque les dimensions de la cage rendent nécessaire l'utilisation des matériaux plus sophistiqués). Ainsi, une cage de 100 m³ est moins chère que deux cages de 50 m³, tout en permettant la même production (si le renouvellement de l'eau n'est pas un facteur limitant, voir prochain paragraphe). Le prix de la cage est donc à considérer par rapport au poids des poissons produits (et à leurs valeur sur le marché). Par ailleurs, des unités de plus grand volume comportent l'avantage d'avoir moins de cages à parité de volume total de la ferme (et donc plus ou moins la même production), en épargnant sur le matériel et sur le coût de gestion et d'entretien.

Par contre avec des cages de dimensions importantes, si le filet est percé (en cas d'accident, prédation, etc.) les pertes sont plus élevées. L'entretien ordinaire ainsi que certaines opérations de gestion (par exemple, le changement des filets ou le triage du cheptel) peuvent devenir beaucoup plus compliqués (et nécessiter des moyens plus sophistiqués et coûteux).

PLANCHE 7
Assemblage des composants par la main d'œuvre locale



Critères techniques

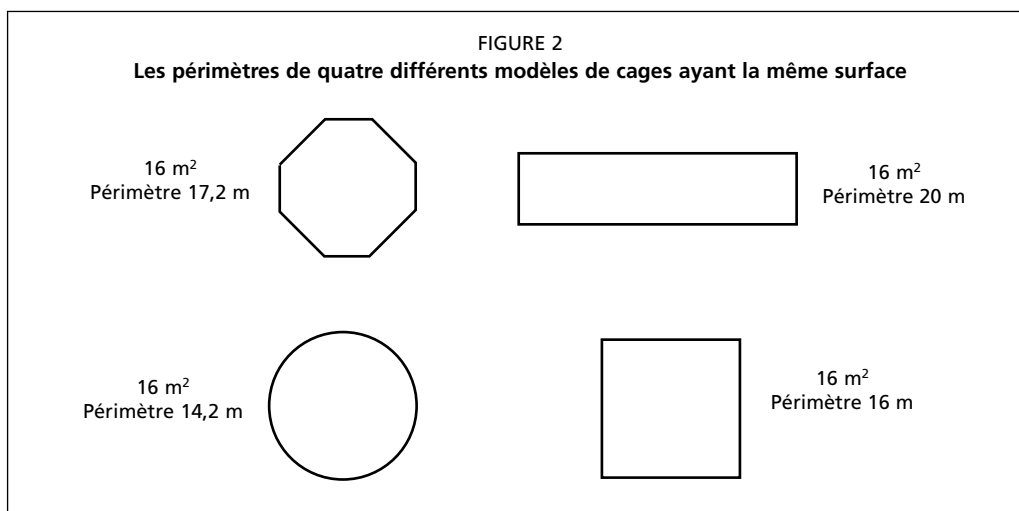
L'expérience acquise jusqu'à présent dans le secteur de l'élevage en cages artisanales, a permis d'exploiter des milieux différents (fleuves, rivières, lacs, lagunes et mer) avec différentes caractéristiques environnementales et hydrodynamiques.

Des modèles divers ont été conçus sur la base de différent comportement des structures face à ces caractéristiques.

Un modèle de cage est caractérisé par:

Sa forme – La plupart des cages existantes sont de forme carrée, rectangulaire, circulaire ou polygonale. Les cages circulaires présentent un ratio surface/périmètre plus avantageux (Figure 2) et permettent d'obtenir les mêmes volumes en épargnant sur les matériaux (ratio coût/volume plus avantageux, tout en considérant aussi qu'étant moins lourde, elle nécessite un système d'amarrage et un système flottant réduits, voir à ce sujet le Chapitre 4 «Éléments d'une cage hexagonale en bois»).

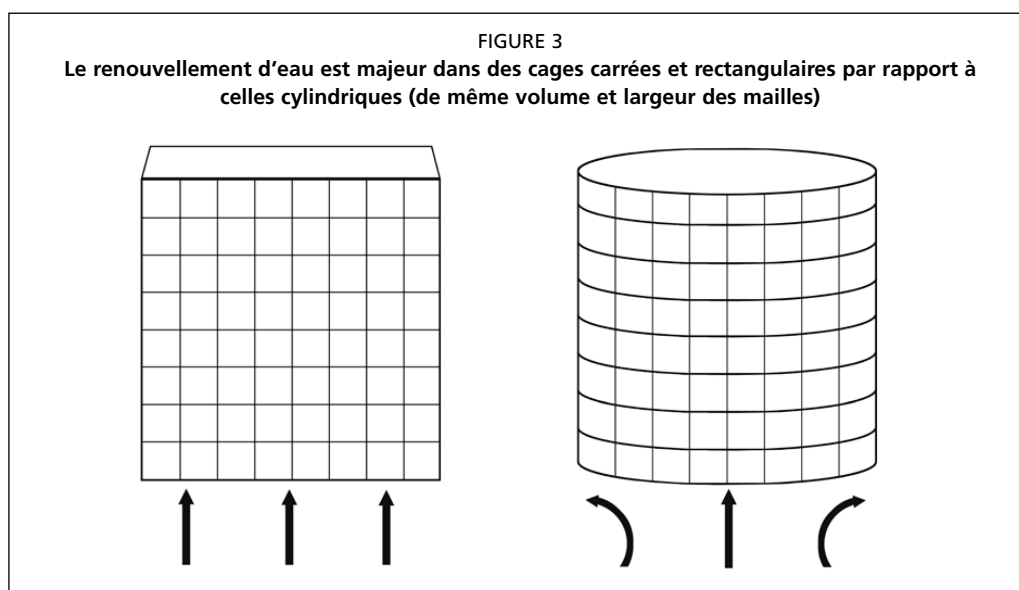
Une autre caractéristique importante des cages circulaires est qu'elles sont plus résistantes au stress dynamique, ce qui les rendent mieux adaptées à des sites moins abrités.



Étant donnée l'impossibilité de réaliser une cage circulaire à partir d'éléments en bois, des cages hexagonales (tel que celle décrite en détail dans ce manuel) ont été conçues. Elles ont des caractéristiques hydrodynamiques similaires (l'hexagone est la forme géométrique qui est plus proche d'un cercle avec un nombre de côtés moindre) et elles peuvent être assemblées avec des éléments en bois (poutres ou madriers). Par ailleurs l'amarrage du bateau de service est plus facile et la descente du personnel sur la cage est plus sûre.

Par contre, les cages carrées et rectangulaires présentent certains avantages qui les rendent préférables dans des zones abritées, soit:

- une majeure simplicité d'assemblage;
- la possibilité de réaliser des grandes structures modulaires;
- un taux de renouvellement plus élevé d'eau à l'intérieur des filets (Figure 3).



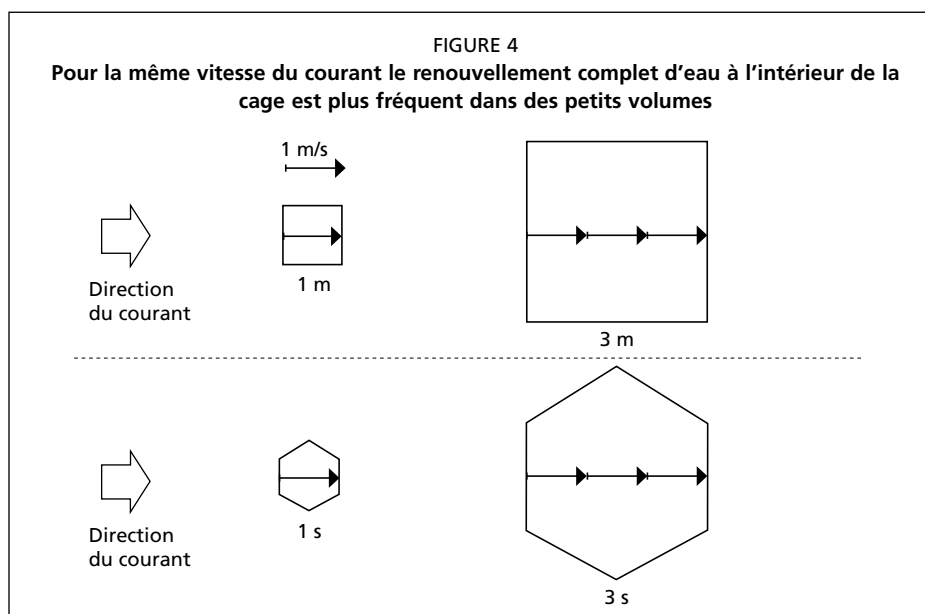
Sa taille – La résistance d'une cage aux stress dynamiques dus à la houle et aux courants marins est déterminée aussi par ses dimensions. Les cages en bois garantissent une plus grande résistance au stress dû à la houle et aux courants lorsqu'elles sont de petites dimensions (chez les cages en polyéthylène, en raison des caractéristiques élastiques du matériau, la résistance augmente lorsqu'elles sont de grandes dimensions). Le choix de la taille la plus appropriée (de même que celui du volume) est conditionné par les caractéristiques du site. Dans des sites abrités, la taille des cages peut être augmentée, tandis que dans des sites exposés, des petites cages sont plus indiquées.

Son volume – Le renouvellement d'eau à l'intérieur de la cage est inversement proportionnel au volume du filet. Le taux de renouvellement de l'eau dans la cage dépend de la vitesse du courant et de la distance entre les parois opposées, comme mieux illustré dans la Figure 4.

L'oxygène dissous est strictement lié au renouvellement de l'eau par le courant marin (le mouvement des poissons a aussi une influence sur le flux d'eau dans la cage). Dans un site de faible hydrodynamisme (le taux d'oxygène dissous pouvant devenir un facteur limitant), l'augmentation du volume peut entraîner des problèmes de qualité de l'eau à l'intérieur de la cage.

À conditions égales, des petits volumes permettent d'augmenter de façon considérable la densité d'élevage (par exemple on peut obtenir 200 kg/m³ de poissons dans une cage de 1 m³, mais seulement 25 kg/m³ dans une cage de 100 m³).

Par contre, des petits volumes entraînent souvent une perte de nourriture qui est emportée en dehors de la cage par le courant avant que les poissons l'aient consommée (l'indice de conversion alimentaire est pénalisé).



Note: Déterminer la forme, la taille et le volume appropriés est également important pour respecter les exigences des poissons, en particulier leurs habitudes natatoires et alimentaires (grands nageurs, démersaux, occupation de la colonne d’eau, aptitude à s’alimenter sur le fond plutôt qu’en surface, etc.), et ainsi garantir le bien-être des animaux élevés. Les problèmes sanitaires et la compétition à l’intérieur du cheptel seront réduits tout en permettant une production majeure et de meilleure qualité, ainsi que des coûts de production plus bas.

En évaluant les aspects économiques, techniques et les exigences des espèces élevées, on est en mesure de déterminer le modèle de cage le plus adéquat.

Le Tableau 4 simplifie et schématise le rapport entre le modèle de cage en bois et l’environnement où l’exploitation a lieu.

Aussi le choix de la cage, comme déjà vu pour la sélection du site et des espèces, peut résulter d’un compromis entre les différentes variables. Un choix pouvant présenter des aspects avantageux et des aspects défavorables dans un endroit donné.

TABEAU 4
Relation entre les caractéristiques d’un site et le modèle de cage le plus approprié

Caractéristiques du site	Modèle de cage		
	Forme	Taille	Volume
Abrité	Carrée/rectangulaire	Grande Possibles structures modulaires	Grand
Exposé	Circulaire/hexagonale	Petite	Petit
Bonne qualité (haut niveau O ₂)	Toutes les 4 appropriées	Grande	Grand
Qualité moindre (bas niveau O ₂)	Carrée/rectangulaire	Petite Possibles structures modulaires	Petit

4. Éléments d'une cage hexagonale en bois

Ce chapitre décrit les détails techniques d'une cage hexagonale en bois.

Ce modèle de cage, moins connu que celui carré et rectangulaire, largement utilisés dans les pays du sud-est asiatique et dans quelque lac ou fleuve africain, offre la possibilité de son utilisation pour des élevages dans des milieux semi-exposés.

Les éléments constitutifs de ce type de cage, ainsi que les outils nécessaires à son assemblage, sont énumérés dans le Tableau 5.

Le choix des composants est conditionné par des critères économiques et techniques (disponibilité et prix des matériaux, appareillages nécessaires, main d'œuvre, etc.), en suivant les critères qui ont été discutés dans le Chapitre 3 «Choix du modèle de cage».

La Planche 8 montre trois cages hexagonales installées en République de Djibouti.

Une évaluation du choix des différents composants, du rôle qu'ils jouent et leur rapport avec les caractéristiques environnementales du site est également fournie dans ce chapitre. Enfin des alternatives envisageables sont brièvement illustrées.

PLANCHE 8
Cages hexagonales installées dans un site non abrité



TABLEAU 5

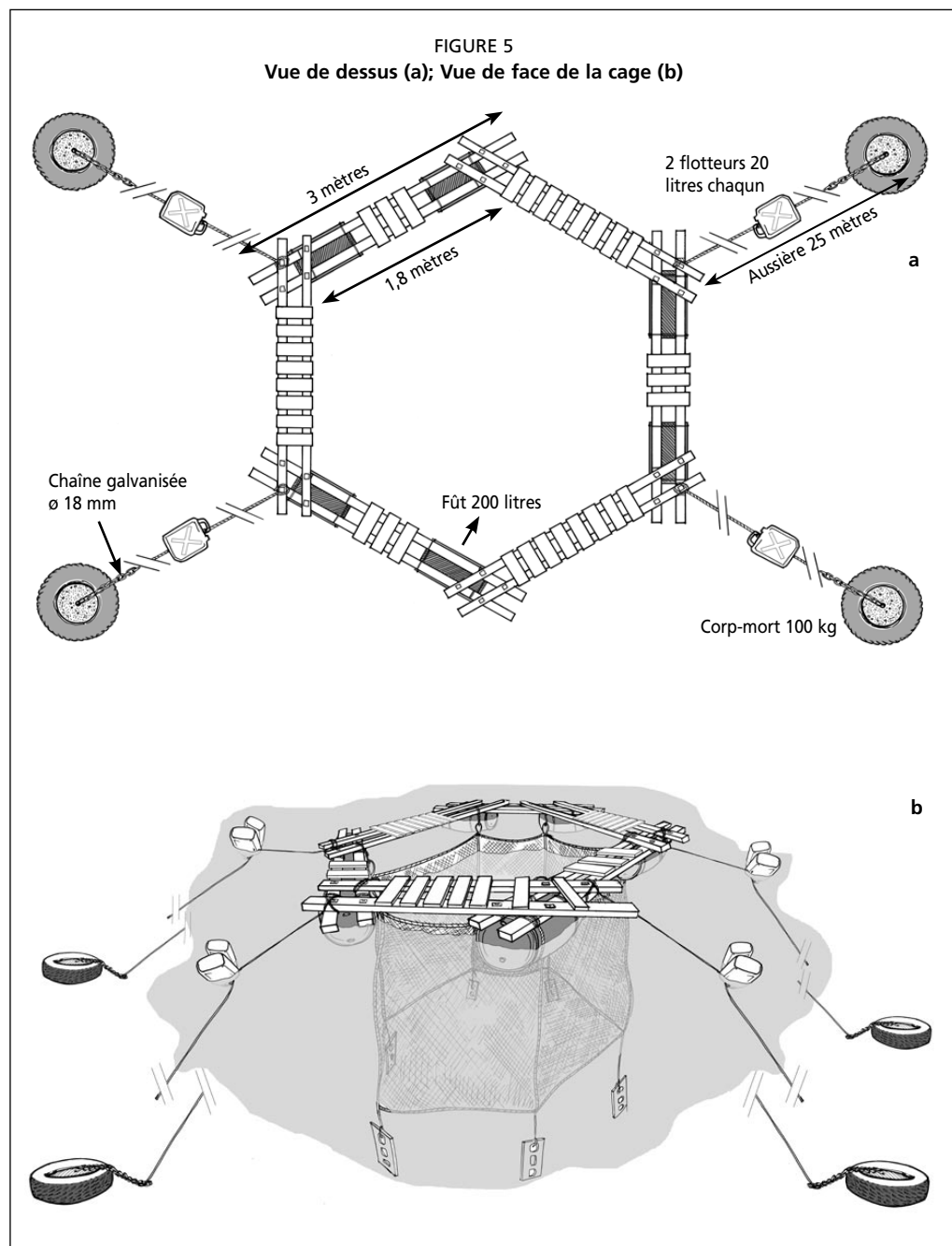
Matériel nécessaire pour une cage hexagonale en bois

a) Structure principale en bois			
	Élément	Dimensions	Quantité
1a	Madriers en bois d'eucalyptus	Longueur = 3 m Largeur = 13,5 cm Épaisseur = 6,5 cm Poids = 10 kg	12
2a	Planches en bois d'eucalyptus	Longueur = 50 cm Largeur = 15 cm Épaisseur = 2 cm	40
b) Système flottant			
	Élément	Dimensions	Quantité
1b	Fûts plastique	Diamètre = 60 cm Hauteur = 80 cm Volume = 200 litres	6
c) Système d'amarrage			
	Élément	Dimensions	Quantité
1c	Pneus usés	Type = R/14 Diamètre = 55 cm Hauteur = 20 cm	4
2c	Chaîne	Diamètre = 18 mm Longueur = 1,5 m	4
3c	Barre de fer	Diamètre = 18 mm Longueur = environ 4 m	1
4c	Barres de fer	Diamètre = 18 mm Longueur = environ 50 cm	12
5c	Ciment	Sacs de 50 kg	1,5
6c	Cordes polyester	Diamètre = 24 mm Longueur* = 25 m	4
7c	Flotteurs	Volume = 20 litres	8
d) Cordage			
	Élément	Dimensions	Quantité
d1	Corde	Diamètre = 10 mm Bobine de 100 m	1
d2	Corde	Diamètre = 8 mm Bobine de 100 m	2
d3	Corde	Diamètre = 5 mm Bobine de 100 m	2
e) Quincaillerie			
	Élément	Dimensions	Quantité
e1	Boulons	Diamètre = 16 mm Tête = 23 mm Longueur = 20 cm	24
e2	Écrous	Adaptés aux boulons de diamètre = 16 mm	24
e3	Rondelles	Adaptées aux boulons de diamètre = 16 mm	24
e4	Plaques en fer	5 x 5 x 0,5 cm épaisseur	24
f) Filets			
	Élément	Dimensions	Quantité
f1	Filet en nylon	Hexagone de 1,7 m de côté et 5 m de longueur	1
g) Lests pour le filet			
	Élément	Dimensions	Quantité
g1	Plaque en fer	Poids = 7 kg	6
h) Outils			
	Élément	Dimensions	Quantité
h1	Perceuse	De la puissance appropriée pour percer les madriers	1
h2	Clés à molette	N° 23, adaptées aux écrous et à la tête des boulons	4
h3	Marteaux à panne fendue	40 cm de long	2
h4	Clous	N° 5	1,5 kg
h5	Ruban adhésif	–	1
h6	Mètre ruban	3 m de longueur	1
h7	Vièlles chambres d'air	Pas important	3
h8	Colle pour les tampons des fûts	À base de silicone	1 tube
h9	Pelles	Appropriées pour mélanger le ciment	2

* La longueur est fonction de la profondeur du fond – elle doit être de 3 à 5 fois la profondeur.

4.1 MODÈLE DE CAGE

Cette cage est constituée par un double hexagone en bois de 3 mètres de côté extérieur et d'environ 1,8 mètre de côté intérieur, sur laquelle il faut installer un filet hexagonal. Le système d'amarrage est constitué par 4 corps-morts en béton d'environ 100 kg chacun. La Figure 5 montre une vue de dessus et vue de face de la cage.



Dans le but d'offrir une description bien détaillée de la cage, on peut considérer séparément les quatre principales parties structurelles.

La charpente

La charpente de la cage est constituée d'une structure robuste assemblée à partir de 12 madriers en bois d'eucalyptus joints par 24 boulons en fer galvanisé (voir Tableau 5 pour les dimensions de tous les éléments).

Chaque côté de l'hexagone est constitué par deux madriers parallèles et distants de 35 cm, de sorte qu'en y clouant des planches au-dessus, on obtient une passerelle de 50 cm de large (la passerelle doit permettre au personnel chargé de la gestion de se déplacer aisément sur la cage). Cette distance permet également de loger de façon plus stable les fûts en plastique au-dessous des madriers en assurant ainsi une meilleure cohésion de l'ensemble (Figure 5, Planche 9 et voir Chapitre 5 «Assemblage du matériel»).



Cette ossature a le rôle de:

- fournir un support au filet (qui en reprend la forme);
- avoir des caractéristiques hydrodynamiques appropriées à l'environnement;
- avoir des points appropriés où lier efficacement les aussières d'amarrage;
- permettre l'amarrage de l'embarcation de service;
- permettre aux opérateurs chargés de la gestion de travailler aisément au-dessus d'elle.

Quatre de six angles de l'hexagone constituent des points sûrs, robustes et équidistants où lier les aussières (voir Figure 5).

Note: Les dimensions des éléments en bois et par conséquent de la boulonnerie relative, peuvent varier, dans certaines limites, selon les matériaux disponibles sur place. Le bois doit assurer une robustesse adéquate, le type de bois utilisé peut changer selon la disponibilité et le coût. La longueur du côté de l'hexagone peut varier légèrement selon la disponibilité des madriers trouvés. Cette affirmation s'applique à tous les

composants de la cage, tout en prenant soin que l'ensemble soit conformes aux standards déterminés sur la base des critères exposés dans ce manuel, ainsi que dans d'autres publications sur ce sujet.

Le poids total de la charpente est d'environ 200 kg (il est nécessaire de connaître cette donnée pour dimensionner correctement le système flottant et le système d'amarrage, voir les prochains paragraphes).

Alternatives envisageables

La même structure hexagonale peut être construite en fer. Ce matériau présente une robustesse et une résistance à la casse plus élevées mais il subit la corrosion quand il est exposé pendant longtemps à l'eau (notamment salée ou saumâtre). Par ailleurs, il nécessite une main d'œuvre spécialisée (forgeron) et d'appareillage (soudeuse) pour sa réalisation et son entretien. De plus, il est impossible d'exécuter des petites réparations sans remorquer la cage à terre.

Les cages en acier ou en polyéthylène présentent une résistance très supérieure, mais les coûts du matériau aussi bien que l'assemblage, exigent un investissement très élevé, ce qui les rendent non envisageables pour une aquaculture artisanale à petite échelle.

Le système flottant

La flottabilité de la cage est assurée par six fûts en plastique vides de 220 litres, ayant un diamètre de 60 cm et une hauteur de 80 cm. Chaque fût présente une flottabilité d'environ 200 kg. La flottabilité totale du système est de 1 200 kg (voir Annexe 1 pour le calcul du volume et de la flottabilité d'un corps).

En respectant la géométrie de la cage et le schéma d'assemblage (voir Chapitre 5 «Assemblage de la cage»), les 6 fûts sont installés sous les trois côtés inférieurs de l'hexagone, deux à chaque côté. Cela garantit la flottabilité nécessaire, une bonne stabilité dans l'eau et une ligne de flottaison uniforme.

Pour lier les fûts aux madriers on utilise une corde polyester de 5 mm de diamètre (pour la longueur de la corde voir Chapitre 5 «Assemblage des composants», tous les nœuds prévus dans ce manuel sont illustrés en Annexe 2). On peut également utiliser des ficelles plus grandes selon l'exposition du site. Une ligne en nylon peut être envisagée à condition qu'elle soit au moins de 2 mm de diamètre.

Le système flottant a le rôle de:

- maintenir la structure en bois hors de l'eau pour empêcher qu'elle se mouille (augmentation du poids, réduction de la flottabilité, diminution de la durabilité) et qu'elle soit colonisée par les tarets (qui affaibliraient le bois en réduisant la durabilité);
- maintenir la partie supérieure du filet (le toit) à un niveau suffisamment élevé au-dessus de l'eau pour empêcher la colonisation par le fouling qui en obstruant les mailles rendrait l'administration de l'aliment plus difficile, voire impossible;

- assurer la flottabilité et la stabilité de la structure afin de permettre d'y travailler aisément pendant les opérations de gestion.

La flottabilité totale nécessaire dépend principalement du poids de la cage. En règle générale, il faut assurer une flottabilité d'environ le double du poids total, tout en considérant la structure en bois, le filet, les lests au-dessous du filet, le poids des opérateurs, le poids des poissons (au moment de la pêche) et le fouling qui, en augmentant progressivement, arrive à doubler le poids du filet et des autres composants.

En évaluant la flottabilité totale nécessaire, il faut considérer qu' :

- une flottabilité insuffisante peut baisser la résistance de la structure face aux forces hydrodynamiques en jeu, elle rend l'amarrage et le travail sur la structure plus difficile ou impossible. Enfin, en cas de perte accidentelle d'un seul flotteur la cage peut couler à pic, entraînant la perte du lot de poissons.
- une flottabilité excessive est désavantageuse parce qu'une cage trop flottante suit plus facilement la déformation de la surface de l'eau. Par conséquent, ses mouvements verticaux sont plus amples et brusques en augmentant ainsi les risques d'endommagement de la cage et de déchirure de filet. La stabilité des opérateurs qui travaillent sur la cage est également réduite.

Les fûts en plastique présentent les avantages suivants :

- ils assurent une flottabilité optimale;
- ils sont légers et très maniables, ce qui facilite les opérations d'installation et leur remplacement, dans le cas échéant;
- contrairement aux bidons en fer, ils ne subissent pas la corrosion et nécessitent moins d'entretien;
- ils sont généralement disponibles sur place à un prix abordable; et
- leur souplesse permet des ligatures plus efficaces à la structure.

Alternatives envisageables

- Les bidons en fer, mais ils ont l'inconvénient d'être plus lourds, de flotter moins à parité de volume, de subir la corrosion due au courant galvanique (durabilité moindre).
- Le polystyrène en blocs, mais il est moins résistant, des morceaux peuvent se détacher, il absorbe l'eau progressivement, par conséquent le poids augmente et la flottabilité diminue.

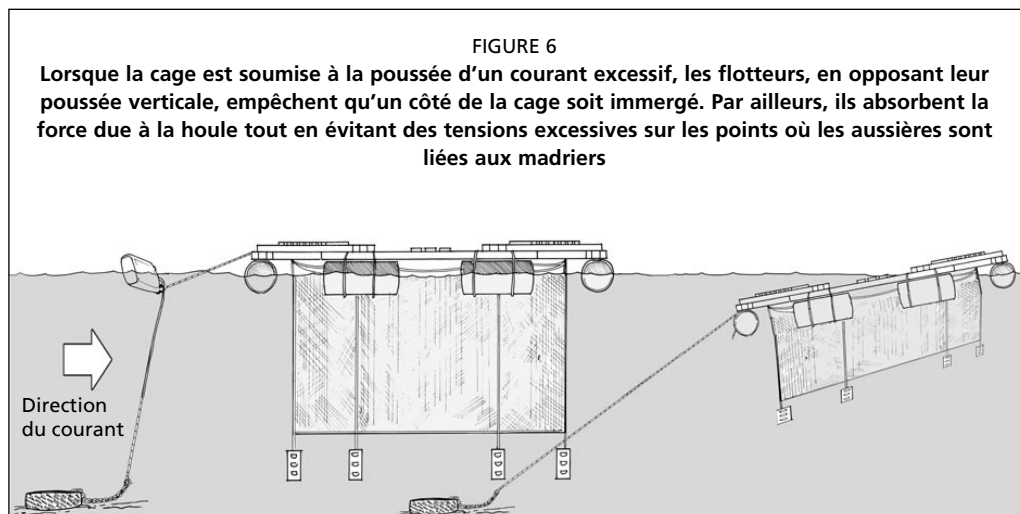
Le système d'amarrage

Le système d'amarrage prévu pour cette cage est composé de :

- 1) Quatre corps-morts en béton de 100 kg chacun (voir Annexe 3 pour la composition exacte du béton et les caractéristiques des corps-morts).
- 2) Quatre morceaux de chaîne de diamètre de 18 mm et de 1,5 mètres de long (à chaque corps-mort; voir Chapitre 5 «Assemblage de la cage»). En règle générale, les chaînes d'un système d'amarrage jouent le rôle d'amortisseur (étant composée de plusieurs mailles, la propagation de la force due aux

coups de mer est amortie tout au long de la chaîne). Par ailleurs, la chaîne empêche le frottement de l'aussière sur le béton ou le bord du pneu (lorsqu'elle n'est pas tendue par les forces hydrodynamiques) en réduisant le risque de rupture de la corde (voir Figure 1 et Figure 5b).

- 3) Quatre cordes, de diamètre de 24 mm et 25 mètres de long qui constituent les aussières. Les aussières relient la cage aux corps-morts. Le diamètre et la longueur appropriés sont fonction de la force du vent, du courant, de la houle, de la dimension de la cage et de la profondeur du fond. La charge de rupture d'une corde dépend de la fibre dont elle est composée et de son diamètre. L'Annexe 4 présente les charges de rupture des différents types de cordes par rapport à leur diamètre.
- 4) Huit flotteurs de 20 litres. Le rôle des flotteurs est d'amortir les coups de mer (la propagation des forces dues à la houle). De plus, ils empêchent que, sous la poussée d'un courant excessif, le côté de la cage exposé au courant soit immergé (Figure 6).



Un système d'amarrage remplit la fonction de retenir la structure et l'empêcher de dériver avec le courant, le vent ou la houle. Pour garantir son efficacité, il faut évaluer le dimensionnement approprié en considérant trois aspects principaux:

- a) Le poids total des lests nécessaires. Dans le cas de corps-morts en ciment, le poids total des lests doit correspondre au moins à une fois et demie le poids de la structure (cage et filet). Sur des fonds mous (sableux, vaseux) l'enfoncement des corps-morts est majeur et le système plus efficace.

Attention: Il faut tenir compte des moyens techniques disponibles. Par exemple, en l'absence d'une grue, les corps-morts ne doivent pas dépasser un certain poids afin d'être déplacés à la main. Dans ce cas, si le poids total de quatre corps-morts s'avère insuffisant à garantir l'efficacité du système, leur quantité peut être augmentée (par exemple on peut utiliser 2 corps-morts pour chaque ligne d'amarrage, soit huit en total).

- b) La longueur de chaque ligne d'amarrage. Les aussières doivent être trois à cinq fois supérieures à la profondeur pour garantir un amortissement élastique des coups de mer plus efficace.

Note: La longueur des aussières détermine les points où doivent être installés les corps-morts, soit la surface occupée du système d'amarrage sur le fond de la mer. L'Annexe 5 explique comment calculer l'emplacement des corps-morts.

- c) L'étude des principaux paramètres hydrodynamiques locaux suggère le diamètre des éléments tels que les aussières et les chaînes. En cas de conditions extrêmes, tous les éléments doivent être surdimensionnés (poids des corps-morts, diamètre des aussières, volume et/ou nombre des flotteurs).

Alternatives envisageables

Une alternative très valable est d'utiliser des ancres au lieu des corps-morts, le choix entre les deux est déterminé par la disponibilité et surtout par le prix.

En général, les ancres sont plus onéreuses et il faut choisir le modèle le plus approprié à la nature du fond marin. Toutefois, le poids d'un système d'amarrage par ancrage peut être considérablement inférieur à celui qui utilise des corps-morts.

En guise de lests, on peut utiliser de gros cailloux, mais à poids égal, leur encombrement est plus élevé et ils présentent une adhérence inférieure. De plus, leur forme irrégulière n'offre pas de points aptes à une ligature sûre.

Le filet

Le filet, en délimitant l'espace où les poissons vivent, détermine le volume d'élevage. Le volume dépend des dimensions du filet (surface $\times$ hauteur), la hauteur du filet étant conditionnée par la hauteur de la colonne d'eau. Il est souhaitable de laisser au moins 2 mètres entre le fond du filet et le fond de la mer (d'un lac ou d'une rivière, etc.), afin que le courant marin puisse disperser les déchets tout en évitant que les poissons soient trop près de la faune bactérienne qui colonise ces déchets.

Renseignements plus détaillés à l'égard des filets d'élevage habituellement utilisés et de leurs caractéristiques techniques sont fournis dans le Cadre 1. Voir aussi Figure 7.

Le filet prévu pour la cage décrite en ce manuel est un filet hexagonal de 1,7 m de côté et 5 m de hauteur (variable selon la profondeur). Il détermine un volume d'élevage de 37,5 m³ (voir Annexe 1 pour le calcul de la surface et du volume d'une cage hexagonale). La densité d'élevage, soit la biomasse produite par mètre cube, dépend de l'espèce élevée. En évaluant une moyenne de 30 kg/m³ en milieu tropical (pour moyens et grands volumes), une cage ainsi conçue peut permettre une production d'environ 1 125 kg de poissons par cycle d'élevage.

CADRE 1

Principales caractéristiques du filet d'élevage

Les filets utilisés en aquaculture sont généralement disponibles chez des fournisseurs spécialisés en raison du savoir-faire nécessaire à leur production. Les principales caractéristiques techniques d'un filet d'élevage sont:

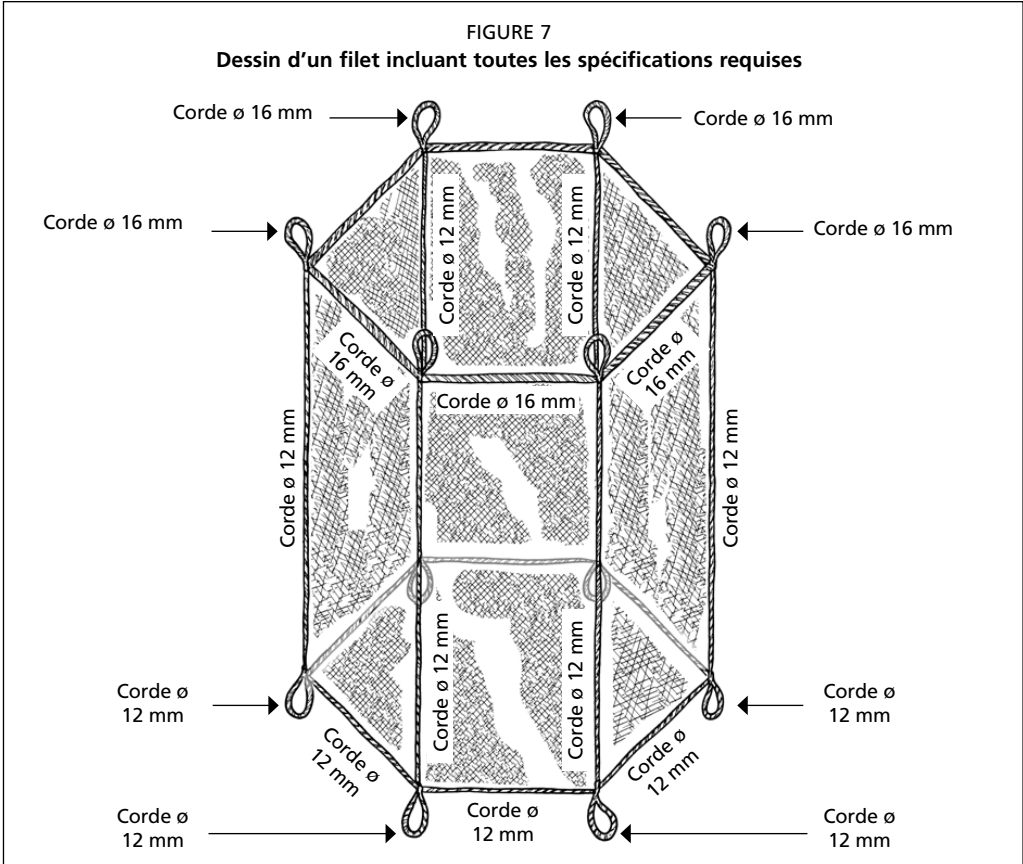
- La forme – le filet reprend toujours la forme de la cage sur laquelle est installée. Le périmètre est légèrement inférieur pour empêcher le frottement sur la charpente, qui inévitablement causerait des déchirures. La hauteur, qui détermine le volume d'élevage, est un paramètre plus variable et dépend principalement de la profondeur marine mais aussi du choix technique.
- Le matériau – le filet peut être réalisé avec différentes fibres synthétiques, tels que le nylon, le polyester, le polypropylène. Le nylon de haute ténacité est le plus largement utilisé en raison de sa charge de rupture et de sa durabilité supérieures. Par contre il a un prix plus élevé et une résistance moindre à l'exposition aux rayons U.V.
- Le titre – le titre du filet représente l'épaisseur du fil qui constitue la maille. Il est défini par deux chiffres, par exemple 210/70. Le premier indique le poids linéaire de la fibre primaire qui constitue le fil alors que le second correspond au nombre de fibres qui constituent le fil du filet. Un titre supérieur (par exemple 210/86) signifie une charge de rupture accrue et un poids (soit un coût du filet) plus élevé.
- La présence ou pas de nœuds – la technique par laquelle le filet est fait, donne lieu à ces deux différents types. Le deuxième est à préférer afin d'éviter que les poissons se blessent en se frottant sur les parois de la cage. Par ailleurs, les nœuds offrent une surface supérieure à la colonisation du fouling.
- La forme et la dimension de la maille – la forme peut être carrée ou hexagonale, ce facteur ne conditionne pas de manière significative ni le coût ni le comportement du filet dans l'eau. Par contre, la dimension des mailles est très importante. Elle est fonction de la taille des poissons en élevage et elle conditionne la circulation de l'eau dans la cage et la résistance dynamique au courant marin. Il est à noter que, à volume égal, un filet de mailles plus petites est plus lourd et donc plus cher (étant donné que le poids est un des facteurs qui déterminent le prix du filet).

D'autres éléments sont nécessaires pour la préparation d'un filet. Il s'agit:

- Des cordes horizontales de renfort – Elles sont généralement au nombre de deux ou trois (3 si la cage présente une rambarde), une sur le fond du filet et une à l'extrémité supérieure. Le diamètre est fonction de la taille et de la maille du filet.
- Des cordes verticales de renfort – Leur nombre dépend de la forme du filet. Elles servent à augmenter la résistance aux forces générées par la houle. Par ailleurs, elles soutiennent le poids des lests liés au fond du filet, qui favorisent le maintien de la forme appropriée.
- Des prolongements et/ou anneaux de fixation – Il s'agit des prolongements issus des cordes verticales, à la fois à l'extrémité supérieure et inférieure, qui servent à fixer le filet à la cage et à lier les lests sur le fond. Ils peuvent être remplacés par des anneaux en cordes afin de faciliter ces fixations.

La Figure 7 montre un exemple de filet approprié pour cette cage comprenant toutes les caractéristiques requises.

Un dessin comme celui-ci peut être utilisé comme schéma à envoyer au fournisseur lors de la commande.



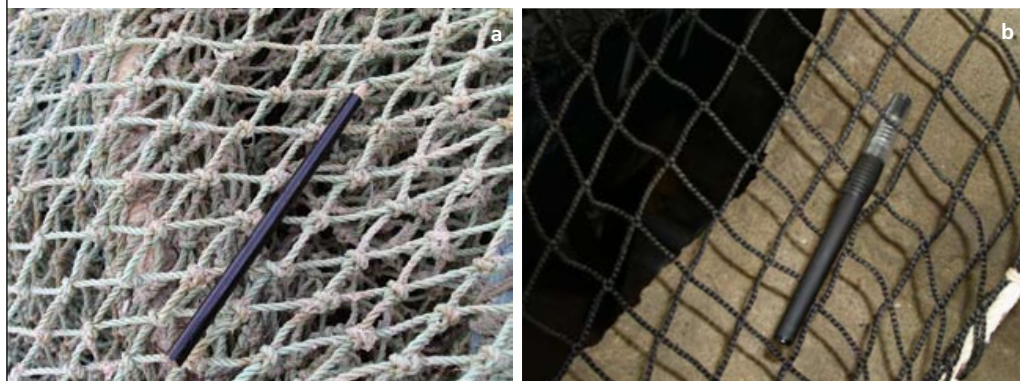
Dans la Planche 10, la différence entre un filet avec les nœuds et un filet sans nœuds est illustrée.

Compte tenu du coût du filet et l'importance du choix de la maille la plus appropriée (voir Cadre 1), le Tableau 6 présente un exemple du rapport entre dimension de maille et poids des poissons. Ce rapport dépend de l'espèce élevée, notamment de ses caractéristiques morphologiques. Le tableau se réfère au cas des mérours.

TABEAU 6
Relation entre taille et poids des poissons et largeur des mailles du filet

Phase	Taille (cm)	Poids (gr)	Maille du filet (mm)
1	3-7	7	8
2	15-20	100	20/22
3	25-30	300	25
4	35-40	700	30

PLANCHE 10
Filet avec les nœuds (a); Filet sans nœuds (b)



Des lests de 7 kg sont prévus aux six angles du fond du filet (voir Figure 1 et Figure 5b), et ce, afin d'en maintenir la même forme sous la poussée du courant. En effet la poussée du courant peut entraîner une déformation du filet qui en réduisant dangereusement le volume disponible peut engendrer du stress et des blessures, voire la mort, des poissons).

Alternatives envisageables

Des filets rigides en métal ou en plastique peuvent être utilisés, mais ils ne sont pas appropriés à un milieu de fort hydrodynamisme et pour des moyens et grands volumes d'élevage.

Des filets peuvent être cousus grâce à la présence de main d'œuvre ayant le nécessaire savoir-faire (par exemple des pêcheurs), en coupant et en cousant des filets qu'on achète éventuellement sur place (par exemple des chaluts) et ayant les caractéristiques appropriées (dimensions, largeur de maille, titre, etc.).

Attention: Étant donnée la fonction cruciale du filet, il est préférable de le choisir de bonne qualité même si le coût est plus élevé. D'autant plus qu'un filet de bonne qualité peut être utilisé pour plusieurs cycles de production (après nettoyage et entretien), tout en amortissant l'investissement initial.

5. Assemblage de la cage

Le processus d'assemblage de la cage doit être précédé d'un contrôle soigneux de tout le matériel (composants et outils nécessaires, voir Chapitre 4 «Éléments d'une cage hexagonale en bois»; Tableau 5) pour en vérifier la conformité avec les caractéristiques techniques requises. Cette vérification doit être effectuée chez les fournisseurs. En effet, il arrive souvent que certains composants ne soient pas disponibles sur l'heure et qu'ils soient commandés par les fournisseurs sur la base des spécifications reçues (par exemple, dimensions, poids, nombre, etc.).

Attention: La base logistique où se déroule le travail d'assemblage est souvent loin des maisons des fournisseurs. Un élément non conforme qui ne peut pas être utilisé, risque de causer l'arrêt du travail pour longtemps.

La deuxième étape consiste en le transfert du matériel à la base logistique pour être assemblé dans le site choisi. Les caractéristiques souhaitées de cette base sont:

- la présence d'un dépôt où garder les composants, les outils et les appareillages à l'abri du vol et des intempéries;

Attention: Certains composants (notamment le filet) pourrait être endommagés par les rats et/ou les insectes.

- la présence d'un réseau électrique où brancher les appareillages nécessaires (tels que scie, perceuse, etc.). En cas d'absence de réseau électrique, il faut envisager d'utiliser un groupe électrogène comme solution alternative;
- l'espace disponible à l'extérieur; il doit y avoir suffisamment d'espace pour permettre l'assemblage de la cage. De plus, le terrain doit être plat et assez lisse pour permettre de déplacer les éléments et d'y travailler aisément. La zone d'assemblage doit être le plus près possible du lieu du lancement de la cage (les dimensions de cette dernière pouvant empêcher le transport), à l'abri du soleil, du vent ou de la pluie (Planche 11).

L'organisation du déroulement des travaux et l'identification des espaces les plus appropriés à chaque opération représentent l'étape suivante. Par exemple, pour préparer les corps-morts il faut prévoir un espace où amalgamer le ciment, une source d'eau douce et un espace où disposer les pneus pour y couler le béton et les chevalets soutenant les morceaux de chaînes (voir la section suivante «Préparation des corps-morts»). Voir Planches 12-17.

La procédure à suivre pour réaliser une cage hexagonale en bois et son système d'amarrage, divisée en trois étapes essentielles, est décrite dans les paragraphes suivants. Pour les détails techniques des matériaux (les éléments, les cordes, la

boulonnerie, les outils, etc.) à utiliser (voir Chapitre 4 «Éléments d'une cage hexagonale en bois»; Tableau 5).

PLANCHE 11

Espace ayant les caractéristiques nécessaires pour l'assemblage de la cage



5.1 PRÉPARATION DES CORPS-MORTS

- 1) Mettre les vieux pneus alignés sur des sacs ou des cartons comme décrit dans la Planche 12.
- 2) Installer deux chevalets (on peut utiliser des bidons, des souches, etc., le cas échéant) aux deux extrémités des pneus alignés. Disposer une barre de fer ($\varnothing = 18 \text{ mm}$) sur les deux chevalets et assurer pour l'empêcher de bouger (Planche 13).

PLANCHE 12

Vieux pneus alignés placés sur des sacs en plastique usés



PLANCHE 13

Les fûts du système flottant sont d'abord utilisés pour la préparation des corps-morts



- 3) En utilisant la barre de fer, suspendre les morceaux des chaînes au-dessus de chaque pneu en prenant soin que les dernières 3/4 mailles des chaînes tombent au centre des pneus (on peut lier la chaîne à la barre de fer avec une ficelle provisoire dans le cas échéant) (Planche 14).

PLANCHE 14
Disposition des chaînes



- 4) Passer trois barres de fer (50 cm) dans les trois mailles de la chaîne qui se trouvent au centre de chaque pneu, comme montré dans la Planche 15.

PLANCHE 15
Barres de fer croisées dans les pneus



- 5) Mélanger le ciment, le sable et l'eau dans les proportions expliquées en Annexe 3 et y remplir les pneus. (Planche 16).
- 6) Laisser sécher le béton, en prenant soin de l'arroser durant les jours nécessaires à l'endurcissement (l'arrosage trois ou quatre fois par jour est conseillé si la température est élevée) (Planche 17).

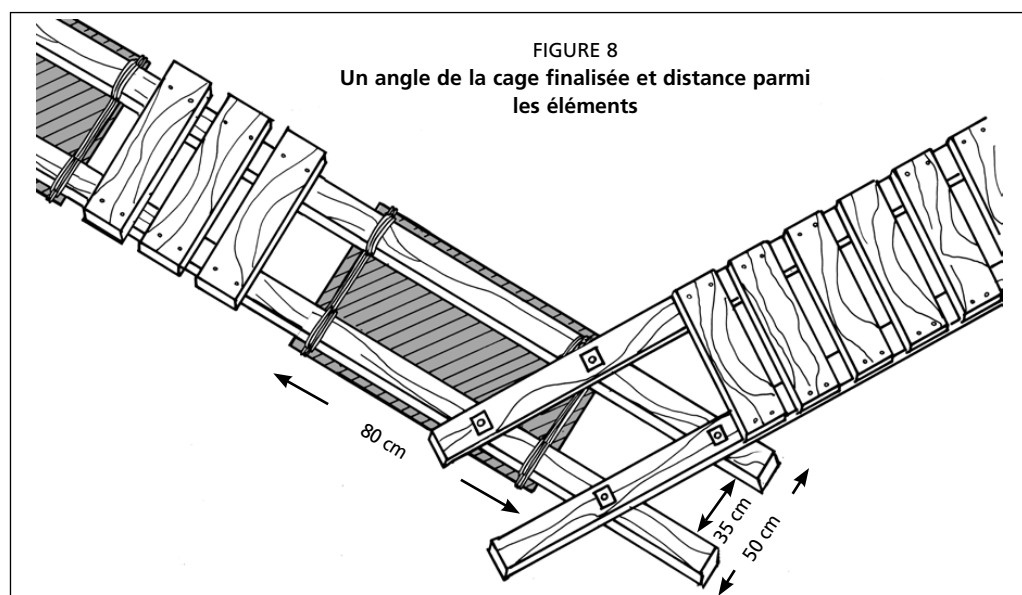


Note: En utilisant ce système, on évite d'utiliser des manilles pour relier les chaînes à l'organeau en épargnant sur les coûts. D'autant plus que les manilles ont la tendance à se dévisser dans l'eau et représentent un point faible du système d'amarrage.

Les corps-morts ainsi préparés, constituent la première partie du système d'amarrage. Les éléments à ajouter sont les aussières. La procédure pour lier les aussières aux chaînes, cette opération étant menée pendant la phase d'installation en mer (lac, fleuve, etc.), est traitée dans le Chapitre 6 (Installation sur le site d'élevage).

5.2 FIXAGE DE LA STRUCTURE EN BOIS

Un détail de la cage finalisée avec les dimensions spécifiées est illustrée dans le dessin en Figure 8.



Tous les outils nécessaires à cette opération sont montrés dans la Planche 18.

- 7) Disposer sur le terrain les six madriers qui représentent les trois côtés inférieurs du double hexagone en prenant soin que les deux madriers parallèles de chaque côté soient distants de 35 cm (Planche 19).

PLANCHE 18
Outils



PLANCHE 19
Disposition des premiers madriers (a); Vérification de la distance entre les madriers parallèles (b)



- 8) Disposer les six madriers qui représentent les trois côtés supérieurs sur ceux des trois côtés inférieurs. Afin d'obtenir un hexagone régulier (Planche 20).

PLANCHE 20
Disposition des madriers supérieurs



- 9) Vérifier que les six côtés intérieurs du double hexagone sont de longueur égale (environ 1,8 m). Faire glisser les madriers jusqu'à obtenir l'hexagone régulier, le cas échéant (Planche 21).

PLANCHE 21
Vérification de la longueur des côtés



- 10) Perforer avec une perceuse (pointe $\varnothing = 16$ mm, les trous devant correspondre au diamètre des boulons) les 24 points (4 à chaque angle) où les madriers se superposent. Ces trous constituent les 24 points d'insertion des boulons (Planche 22).
- 11) Insérer les 24 boulons avec leurs rondelles et les plaques en fer dans les 24 trous (Planche 23 et Figure 9).

Note: Les points 10 et 11 peuvent se superposer. En effet, afin d'éviter qu'après le perçage des 24 points marqués les trous des madriers supérieurs ne correspondent plus avec ceux des madriers inférieurs (en raison de coups accidentels, vibrations pendant la perforation, etc.) il est possible d'insérer les boulons (avec leur plaque en fer et leur rondelle) à chaque fois qu'on termine le perçage d'un point.

PLANCHE 22

Perçage des madriers (a); Les trous pour l'insertion des boulons sont prêts (b)



Attention: Lorsque on insère les boulons, prendre soin de ne pas abimer leur filetage (surtout si on l'insère avec un marteau et si la surface d'appui est dure), ce qui empêcherait après de visser l'écrou au-dessous.

PLANCHE 23

Insertion des boulons (a); Tous les quatre boulons ont été insérés dans le premier angle (b)



- 12) Soulever un angle de l'hexagone en y posant une épaisseur au-dessous (vieux pneu, souche, caillou, etc.) et visser les quatre écrous (avec leurs rondelles) aux quatre boulons correspondants. Il faut serrer les boulons et les écrous avec deux clés à molette. Répéter cette opération pour tous les six angles (Planche 24).
- 13) Enlever les épaisseurs et clouer les planches de 50 cm de long, entre les madriers parallèles de chaque côté supérieur (il faut attendre l'assemblage des flotteurs avant de clouer les planches sur les côtés inférieurs) afin d'obtenir la passerelle (voir Figure 8).

FIGURE 9
Schéma d'insertion des boulons avec leurs plaques et rondelles

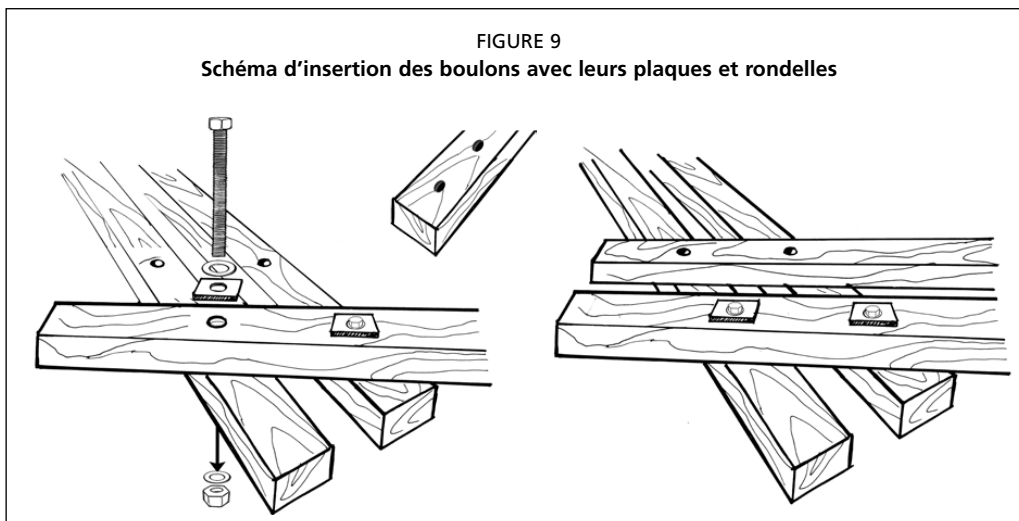


PLANCHE 24
Serrage des écrous



5.3 APPRÊT DU SYSTÈME FLOTTANT

- 14) Étaler de la colle sur les tampons des 6 fûts en plastique et les resserrer à l'aide d'un outil approprié (par exemple un marteau), afin de les rendre complètement étanches (Planche 25).
- 15) Lier 2 morceaux de corde $\varnothing = 5$ mm de 8 mètres de long à chaque extrémité (inférieure et supérieure) des 6 fûts, de façon à voir quatre extrémités libres (utiliser le nœud (i) illustré dans l'Annexe 2) (Planche 26).
- 16) Poser les six fûts au-dessous de la structure hexagonale en bois, en raison de deux chaque côté inférieur (Planche 27).
- 17) Lier les fûts aux madriers avec les quatre cordes de $\varnothing = 5$ mm (voir Point 15) en utilisant les nœuds (ii) montrés en Annexe 2 (Planche 28).
- 18) Clouer les planches sur les côtés inférieurs de l'hexagone faisant en sorte de remplir les espaces entre les deux fûts (voir Figure 8).

PLANCHE 25
Étalement de la colle (a); Serrage du tampon (b)

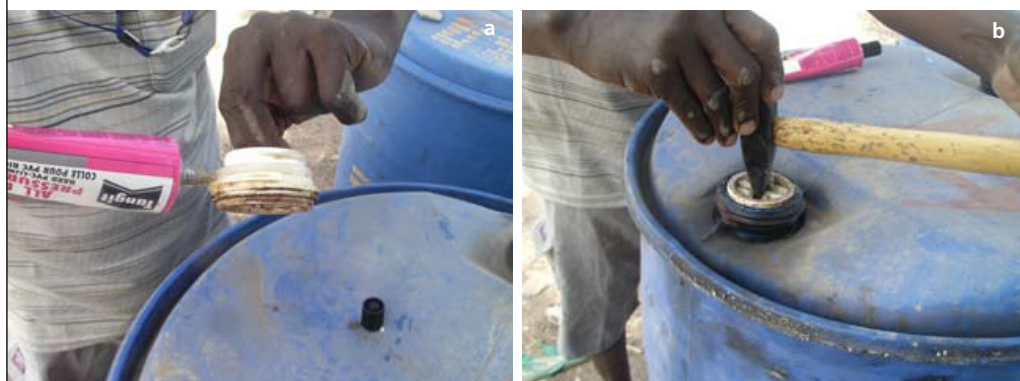


PLANCHE 26
Ligature à effectuer sur les fûts (a); On a trois extrémités libres, la quatrième corde vient d'être ajoutée dans le côté inférieur droit (b)



PLANCHE 27
Mise en place des fûts au-dessous de la cage



PLANCHE 28

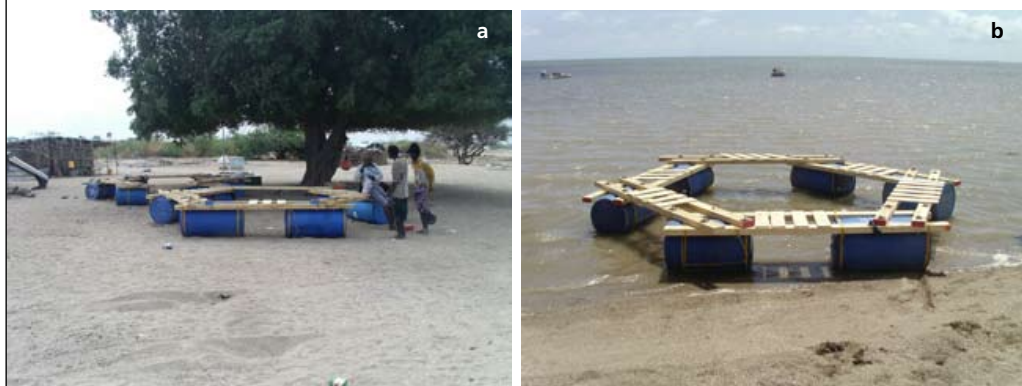
Ligature du fût au madrier (a); Fût bien joint par les quatre cordes à la cage (b)



A l'issue de ces étapes, la cage est finalisée et prête à être lancée. Elle peut être placée au bord de la mer (fleuve, lac, etc.) ou sur le quai du port pour être ensuite remorquée sur le lieu d'installation (voir Chapitre 6 «Installation sur le site d'élevage») (Planche 29).

PLANCHE 29

Cage finalisée prête au lancement (a); Cage prête au remorquage sur le lieu d'installation (b)



La cage peut être aisément soulevée par quatre ou cinq personnes (Planche 30).

PLANCHE 30
Cage finalisée, soulevée pour la mise à l'eau



6. Installation des cages dans le site d'élevage

Les paragraphes suivants illustrent la procédure pour installer en mer (lac, fleuve, etc.) une cage d'élevage, telle que celle décrite dans le chapitre précédent.

En règle générale, l'installation des cages est précédée par le bornage du périmètre de la concession. D'ailleurs dans la zone exploitée le trafic (pêche artisanale et industrielle, transport de marchandises et de passagers, etc.) devrait être interdit (ce qui cause souvent des conflits d'usage avec ces autres activités) pour limiter les risques de collisions accidentelles. La législation en vigueur dans chaque pays peut prévoir les spécifications techniques des baliseurs requis (par exemple, hauteur, forme, type de signaux lumineux et leur période et portée).

Une concession est jalonnée par quatre bouées, ancrées au fond par des corps-morts de taille adéquate, positionnées aux quatre angles de son périmètre. En suivant le même schéma utilisé pour illustrer l'assemblage de la cage, l'installation en mer est aussi divisée en quatre étapes différentes.

Le Cadre 2 décrit les caractéristiques d'un site (ainsi que les moyens utilisés) en République de Djibouti où une ferme composée de cinq cages hexagonales (réalisées en suivant les procédures décrites dans ce manuel) a été installée.

CADRE 2

Principales caractéristiques du site de Loyada, Djibouti

Le site choisi pour l'installation d'une ferme marine, composée de cinq cages hexagonales en bois, est situé dans le sud de la République de Djibouti à côté de la frontière avec la Somalie.

Une étude de faisabilité basée sur les aspects environnementaux (météorologie, hydrodynamisme, faune locale, etc.), logistiques et sociaux a été menée avant de mettre en place les cages en mer.

La localité de Loyada comprend une petite base de la Marine militaire de Djibouti où se relayent les soldats, équipés d'une petite embarcation, pour le contrôle du trafic maritime, ce qui constitue un avantage puisque la ferme marine est contrôlée de façon permanente grâce à leur présence.

Une communauté de pêcheurs, qui habitent à Amerdjog (un village voisin), utilise la mer en pratiquant une pêche exclusivement artisanale avec des filets maillants et le système de pêche à la ligne en employant une dizaine de petites embarcations de 5 à 6 mètres de longueur, dotées de moteurs hors-bord de 25/40 HP. La pêcherie de Loyada, bâtie à côté de la plage, garantit la production de la glace nécessaire pour les sorties de pêche qui peuvent durer 2 à 3 jours et représente un point d'agrégation des pêcheurs et de débarquements des poissons (destinés dans la plupart du temps au marché de Djibouti ville).

Bien qu'il n'y ait pas d'abris visibles et que le fetch soit considérable, l'analyse des données historiques et les enquêtes auprès de la communauté locale ont permis d'établir que grâce à

CADRE 2 (suite)

la présence du récif corallien au large, les vagues ne sont jamais supérieures à 1/1,5 mètres de hauteur. Les vents dominants au cours de l'année viennent de l'est/nord-est, mais leur vitesse n'est jamais excessive (maximum 5/6 nœuds). Pendant les mois de juillet et d'août un vent «brulant», appelé Kahmsin, sifflant de nord-ouest, soit d'une zone désertique et avec une vitesse qui peut arriver à 40/50 nœuds, gêne la population du pays. Heureusement venant de côté terre, ce vent, bien que pouvant empêcher de sortir en mer, n'engendre pas des grandes vagues qui pourraient endommager les cages.

Pour avoir la profondeur convenable nécessaire à l'installation de la ferme, on s'est éloigné d'environ un mille marin (1 mille = 1 852 m) de la côte, où on a trouvé une profondeur de 7 m (à marée basse, le marnage étant à peu près 80 cm) et un fond marin vaseux.

Ces deux conditions sont favorables pour installer des cages avec des filets de 5 m de longueur et un système d'amarrage composé de corps-morts en béton. Par ailleurs, ce point ne représente pas une zone de pêche donc aucun conflit avec l'activité des pêcheurs n'a été provoqué. Tout de suite après cette ligne bathymétrique, la présence du récif représente un abri qui empêche le déferlement des vagues venant du large sur les cages.

À l'égard des courants marins, aucune donnée historique n'est disponible, les évaluations à ce sujet ont été basées à la fois sur les témoignages des pêcheurs locaux et sur les observations directes. La vitesse du courant semble être parfaitement compatible avec l'activité d'élevage à mettre en place (élevage artisanale à petite échelle), n'étant jamais inférieure à 10 cm/sec, ce qui permet un renouvellement de l'eau suffisant dans les cages et assure la dispersion des déjections et des catabolites des poissons en élevage. La vitesse maximale ne dépasse pas 1 m/sec, ce qui empêche la déformation des filets des cages (soit une réduction marquée du volume d'élevage) et la perte de nourriture pendant les phases d'alimentation du cheptel aquacole.

La température de l'eau est comprise approximativement entre 25 °C en hiver et 30 °C en été, la salinité varie entre 36‰ et 38‰ et le taux d'oxygène dissous qui est de 6 mg/l déterminent la composition de la faune locale, très riche, qui est représentée surtout par des espèces démersales, mérours, vivaneaux, rougets, etc., mulets (très appréciés sur le marché local) et grands et petits pélagiques (notamment thazards, carangues, thons, barracudas, sardines), ainsi que de dauphins et certaines espèces de requins (qui peuvent constituer un danger pour l'activité d'élevage en tant que potentiels prédateurs).

Les espèces cibles d'élevage sont à rechercher parmi celles démersales, notamment les mérours. L'ensemencement des cages a démarré avec environ 200 spécimens de mérour de 180 gr (avec les systèmes actuellement utilisés, il s'avère difficile de capturer des spécimens de taille inférieure), capturés dans les eaux alentour. Les essais d'alimentation ont été menés avec succès en administrant aux juvéniles du mérour dans les cages des poissons de rejet non commercialisables, coupés en petits morceaux.

Le travail d'assemblage des cinq cages a été effectué avec le support de trois techniciens de la Direction des pêches (DP) du Ministère de l'agriculture de Djibouti et de quelques pêcheurs qui a été sélectionné parmi la communauté locale en tant que main d'œuvre. Les cages ont été installées en mer par la même équipe en utilisant un bateau de propriété de la DP, équipé d'un moteur hors-bord de 40 HP.

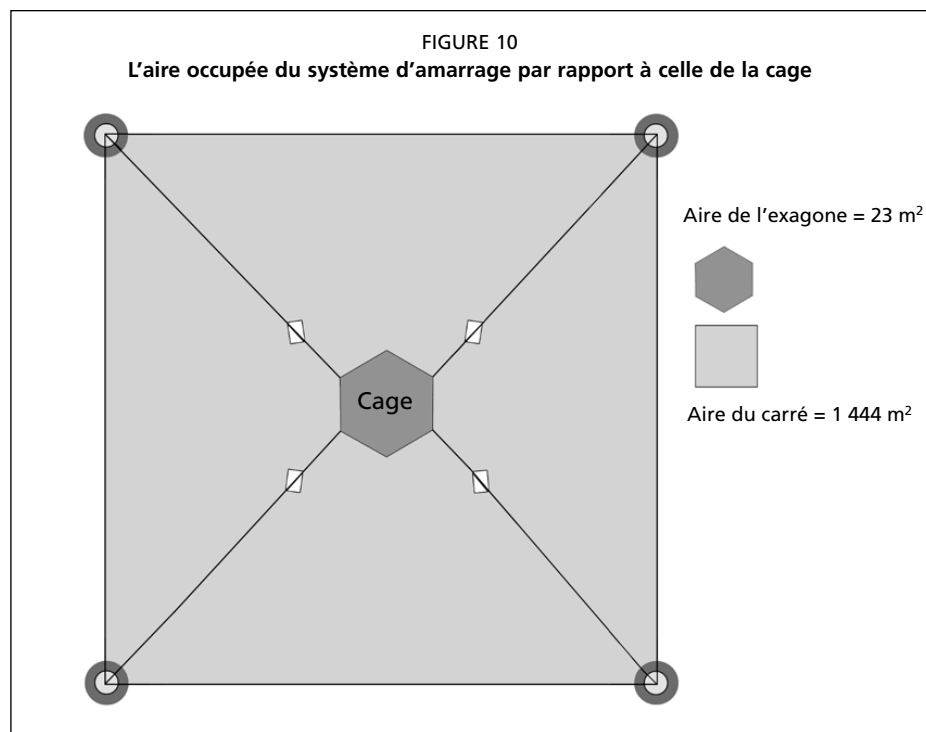
La gestion de ces premiers essais d'élevage a été confiée à deux pêcheurs, sélectionnés au sein de la communauté locale, sous la supervision des techniciens de la DP, qui prendront en charge surtout la collecte des principales données et paramètres techniques d'élevage (par exemple, aliment administré, indice de conversion, taux de croissance, taux de mortalité, etc.) afin de compléter l'étude de faisabilité avec les évaluations techniques et économiques nécessaires.

Toutes les étapes décrites ci-dessous nécessitent un bateau de dimensions modestes (de 5 à 6 m) et doté d'un moteur hors-bord (25/40 HP), vu les dimensions réduites des cages dans le cas d'une aquaculture artisanale.

6.1 BALISAGE DES POINTS

L'installation d'une cage est toujours précédée de la mise à l'eau du système d'amarrage. Comme a été anticipé dans le Chapitre 4 «Éléments d'une cage hexagonale en bois», le système d'amarrage occupe sur le fond de la mer une aire plus ample de celle occupée par la cage flottante (cette aire n'étant pas visible de la surface) et respecter cette géométrie est très important pour en garantir l'efficacité.

La cage correctement installée se trouve au centre d'un carré dont les quatre angles sont représentés par les corps-morts (Figure 10). L'Annexe 5 explique comment calculer l'emplacement des corps-morts et la longueur du côté du carré.

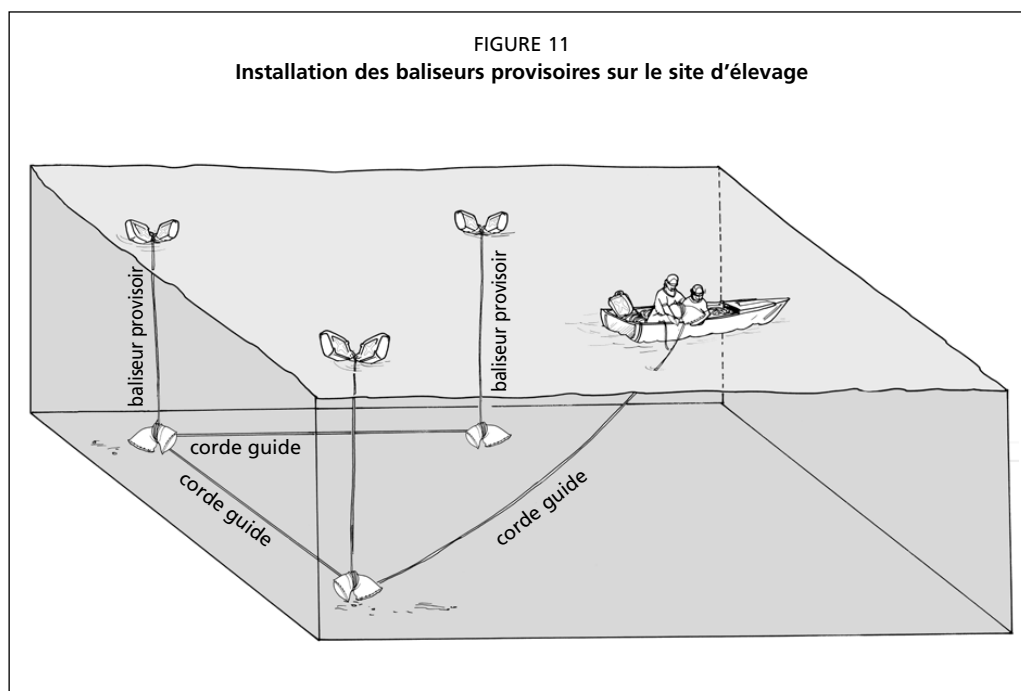


Afin d'être en mesure de positionner correctement les corps-morts, il faut d'abord jalonner les points où ils seront installés. La procédure pour jalonner les quatre angles du carré est la suivante:

- 1) Confectionner quatre baliseurs provisoires en utilisant quatre cordes ($\varnothing = 8$ mm) avec les extrémités reliées d'un côté à une gueuse d'une dizaine/quinzaine de kilos et de l'autre à un flotteur (par exemple un vieux fût vide 20 litres). La longueur des quatre cordes utilisées doit être légèrement

supérieure (environ 1 m) à la profondeur qu'on a sur le site d'installation. Préparer aussi quatre cordes guide ayant la même longueur du côté du carré représenté en Figure 10 (ces cordes donneront la distance qui doit séparer les corps-morts, soit le côté du carré) (Figure 11).

- 2) Relier les deux gueuses par la première corde guide (Figure 11).
- 3) Lorsqu'on arrive sur le point qui représente le premier angle du carré (déterminé à l'œil à l'intérieur de la concession) on pose en mer le premier baliseur. Procéder avec le bateau jusqu'à détendre la corde guide et mettre à l'eau le second baliseur en prenant soin d'y lier d'abord la deuxième corde guide.



- 4) Procéder avec le bateau, en faisant en sorte de former un angle de 90° avec le premier côté du carré, jusqu'à détendre la deuxième corde guide et mettre à l'eau le troisième baliseur après y avoir lié la troisième corde guide.
- 5) Répéter cette procédure pour le dernier baliseur à mettre à l'eau.

Note: Dans cette phase les opérateurs utilisent les premiers baliseurs installés comme repères visuels pour obtenir le carré voulu. Il est possible de faire bouger les baliseurs à l'aide d'une corde auxiliaire liée sur les gueuses et tirée par le bateau dans la direction voulue, afin de rectifier leur position, le cas échéant.

À l'issue de ces cinq étapes, les quatre angles sont jalonnés. Le balisage des points peut être mené un ou quelques jours avant la mise à l'eau des corps-morts. Cependant il serait mieux de ne pas trop attendre parce que les baliseurs pourraient

se déplacer ou se perdre à cause du courant, la houle ou à cause des curieux ou voleurs (Planche 31).



6.2 PRÉPARATION DES AUSSIÈRES D'AMARRAGE

Les éléments qui relient la cage aux corps-morts sont les aussières d'amarrage. Chaque aussière est constituée d'une corde dont les caractéristiques (telles que matériau, diamètre et longueur) dépendent des conditions hydrodynamiques et de la bathymétrie du site.

Pour préparer les aussières il faut:

- 6) Délover la bobine de corde. Les cordes sont souvent délivrées en grandes bobines (100 mètres ou plus), pour les délover correctement prendre le bout qui se trouve à l'intérieur (jamais celui à l'extérieur!) et dans la partie inférieure de la bobine et s'éloigner, bout à la main (en prenant soin de tourner la corde sur son axe), jusqu'à détendre toute la longueur (Planche 32).

Attention: Une bobine mal délovée formera des boucles, ces boucles empêchent le déroulement complet de la corde en formant un écheveau embrouillé. Pour délover correctement une bobine on peut aussi rouler la bobine sur elle-même en prenant soin d'éviter que la bobine s'ouvre.

PLANCHE 32

Bobine lors de livraison (a); Prendre le bout qui se trouve à l'intérieur (b); S'éloigner bout à la main (c); Détendre toute sa longueur (d)



- 7) Mesurer la corde et la couper afin d'obtenir la longueur requise pour chaque aussière, en prenant soin d'enrouler du ruban adhésif sur le point visé, avant de couper, pour empêcher que les bouts s'ouvrent (Planche 33).

PLANCHE 33

Protection de la corde avec du ruban adhésif



Attention: Laisser aux extrémités la longueur nécessaire pour faire les nœuds sur la cage et sur la maille de chaîne du corps-mort (plusieurs mètres peuvent être nécessaires, faire des essais avant de couper).

- 8) Lorsque la corde est étalée sur terre, il faut aussi signaler les points où l'aussière sera liée à la cage. Utiliser la première aussière préparée comme modèle pour marquer les mêmes points sur les autres trois aussières. Cette procédure garantie d'avoir quatre aussières identiques et un système d'amarrage parfaitement balancé. Par ailleurs amarrer la cage sera plus simple (Planche 34).

- 9) Lier une extrémité de l'aussière à la dernière maille du morceau de la chaîne du corps-mort en utilisant le nœud (ii) illustré en Annexe 2. Protéger les nœuds pour en empêcher le frottement sur la maille successive (on peut utiliser des bandelettes qui peuvent être obtenues en coupant des vieilles chambres d'air), comme montré dans la Planche 35. Répéter cette opération pour les autres trois aussières d'amarrage (la ligature des aussières aux chaînes peut être accomplie avant ou après le chargement des corps-morts sur le bateau selon l'espace et les moyens à disposition).

PLANCHE 34
Préparation de quatre aussières identiques



PLANCHE 35
Séquence pour lier correctement l'aussière à la maille de la chaîne et la protéger des frottements



- 10) Enrouler les aussières en faisant un cercle dans le sens horaire (Planche 36). Cette opération est importante parce que pendant le mouillage la corde doit se dérouler sans s'emmêler (voir prochaine paragraphe). Le système d'amarrage est ainsi prêt à l'installation sur le site.

PLANCHE 36

Enroulement de l'aussière (a); Aussière enroulée, prête à être mise à l'eau (b)



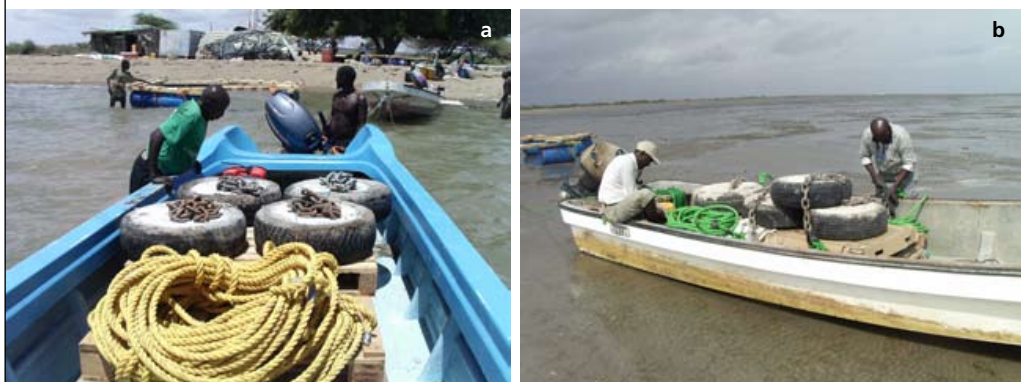
6.3 INSTALLATION DE CORPS-MORTS ET AMARRAGE DE LA CAGE

Avant de procéder à la mise à l'eau des corps-morts et au remorquage de la cage sur le site d'élevage il est conseillé de bien organiser l'espace sur le bateau. Il est souvent utile de disposer des pellets sur la coque afin de protéger le bateau des dommages éventuels et de mouiller les corps-morts tout simplement en les poussant dans l'eau sans les soulever. L'opération sera plus rapide (majeur garantie d'un emplacement correct sur le point voulu) et il y aura moins de risques d'accidents pour les opérateurs.

- 11) Mettre les quatre corps-morts sur le bateau de manière à garantir un équilibre de la charge (Planche 37).
 12) Lorsqu'on arrive sur les points précédemment balisés (voir Point 3), il faut mettre à l'eau l'ensemble des corps-mort/aussières d'amarrage à leur emplacement (Planche 38).

PLANCHE 37

Corps-morts correctement disposés sur le bateau (a); Ligature des aussières à la chaîne (b)



Attention: Au cours de cette opération les corps-morts descendront très vite sur le fond de la mer, en traînant la chaîne et l'aussière de façon violente. Il faut faire très attention à ne pas rester emmêler à la chaîne ou aux boucles de la corde.

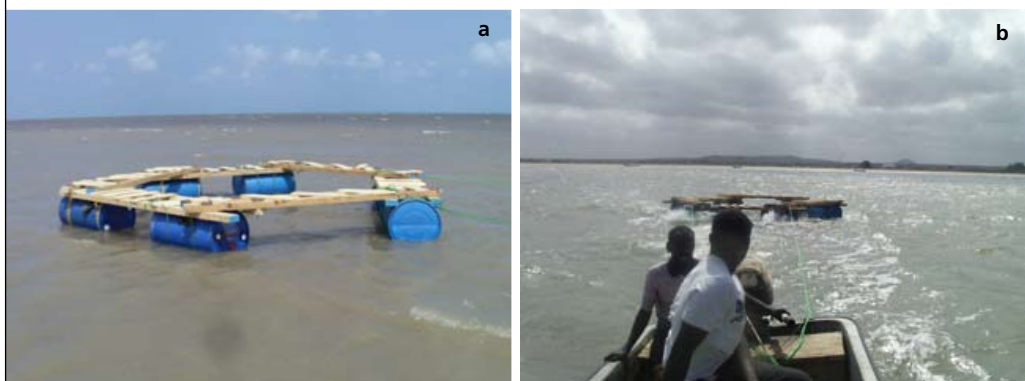
PLANCHE 38
La mise à l'eau des corps-morts



Note: Les aussières étant flottantes (le polyester est moins dense que l'eau) sont bien visibles et récupérables au moment où la cage doit être amarrée.

- 13) Remorquer la cage en utilisant deux cordes comme décrit dans la Planche 39. Lier les cordes sur deux angles adjacents de l'hexagone, en prenant soin qu'elles aient la même longueur, afin de répartir la force du remorquage sur au moins deux points. Une longueur adéquate (au moins 15/20 mètres) des cordes de remorquage et une vitesse modérée du bateau permet d'amortir les coups dus aux mouvements de la mer.
- 14) Procéder avec le bateau jusqu'au moment où la cage se trouve au centre du carré jalonné par les corps-morts. Survenir sur ce point en direction opposée à celle du courant et du vent, cela rend plus facile le travail des opérateurs qui doivent lier les aussières à la cage.

PLANCHE 39
Ligature de deux cordes de remorquage sur deux angles adjacents (a); Remorquage de la cage (b)



- 15) Récupérer les aussières (plonger dans l'eau dans le cas échéant) et lier la cage sur quatre angles opposés en respectant les indications précédemment marqués pour ce but (voir Point 8). Utiliser les nœuds (ii) décrits en Annexe 2 (Planche 40).



- 16) Fixer sur les aussières, à environ trois mètres de la cage, les flotteurs de 20 litres (deux sur chaque aussière) à l'aide de morceaux de corde de diamètre de 8 mm. Utiliser à ce but le nœud (v) illustré en Annexe 2 (voir Chapitre 4, Tableau 5 et Section «Le système d'amarrage»)

La cage est ainsi correctement amarrée et prête pour l'installation du filet (Planche 41).



6.4 INSTALLATION DU FILET

Avant de l'installation du filet, il faut ouvrir le colis et étaler le filet sur une surface plate afin d'en vérifier la conformité à la géométrie, à la taille, au titre (voir glossaire) et à la grandeur de la maille requise. Vérifier aussi l'absence des trous, des déchirures et des défauts de fabrication éventuels (Planche 42).

Note: En règle générale une étiquette est pointée sur les filets délivrés par les fournisseurs, avec les spécifications techniques et un numéro de matricule (Planche 42d). Garder cette étiquette pour des raisons de gestion (archive des composants de la ferme) et éventuels contentieux à l'avenir (certains défauts pourraient se manifester après l'installation du filet sur la cage).

PLANCHE 42

Filet délivré par le fournisseur avec son étiquette d'identification (a); Contrôle du filet avant l'installation (b); Toit du filet (c); Étiquette avec les spécifications et le numéro de matricule (d)



Une fois vérifiée la conformité et l'intégrité du filet, il faut procéder à:

- 17) Couper six morceaux de la corde de diamètre de 10 mm, de trois mètres de long et les nouer aux six angles supérieurs du filet en utilisant les anneaux placés à cet effet, comme illustré dans la Planche 43 et dans l'Annexe 2 (nœud iv). Ces cordes sont utilisées pour l'accrochage de la partie supérieure du filet aux madriers de la cage (voir Point 22).
- 18) Apprêter six lests d'environ 7 kg et les lier à six morceaux d'une corde de diamètre de 10 mm d'environ 50 cm de long (Planche 44).
- 19) Plier et enrouler le filet en commençant par le fond afin d'avoir la partie supérieure et les six cordes à portée de main au moment de l'installation sur la cage, charger le sur le bateau (Planche 45).

PLANCHE 43
Nœuds utilisés pour lier les cordes sur les anneaux du filet



20) Positionner le filet plié sur la passerelle de la cage et placer trois ou quatre personnes tout autour de l'hexagone (voir Figure 12).

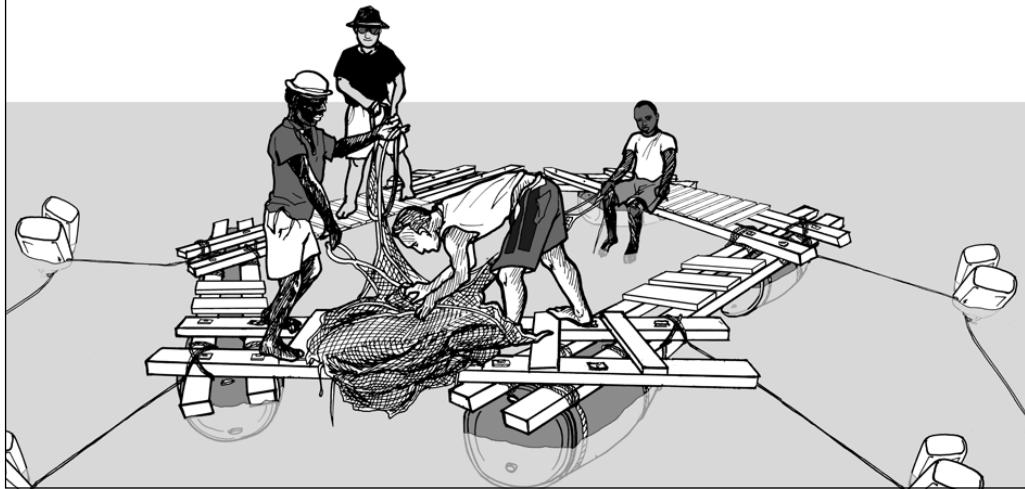
PLANCHE 44
Lests (environ 7 kg) à lier sur le fond du filet après son installation



PLANCHE 45
Trois filets prêts à l'installation chargés sur le bateau

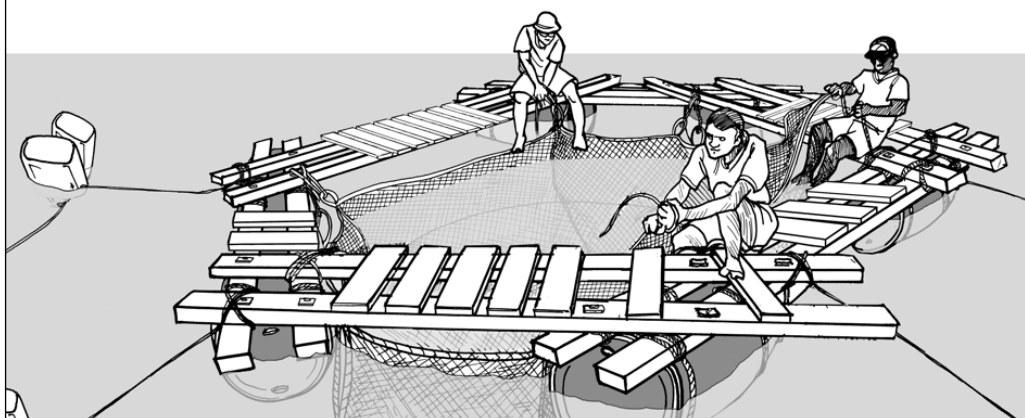


FIGURE 12
Première phase de l'installation du filet



- 21) Mettre à l'eau le filet en tenant dans les mains les six cordes et les tirer de façon que chaque corde soit proche à un angle de la cage (Figure 13).

FIGURE 13
Deuxième phase de l'installation du filet



- 22) Lier les six cordes aux angles de l'hexagone (voir Annexe 2 pour les nœuds à utiliser). Régler la distance entre le filet et la cage de façon à ce que la partie supérieure du filet sorte de l'eau d'une trentaine de centimètres (Planche 46).
- 23) Soulever les parois du filet jusqu'à avoir les six angles inférieurs à la surface et lier les six cordes avec les lests de 7 kg (voir Point 18) dans les anneaux placées à cet effet. Jeter tous les six lests en mer afin que le filet, en raison du poids, prenne sa forme hexagonale bien tendue (Planche 47).
- 24) Coudre le toit sur le filet.

FIGURE 46

Première phase de l'installation du filet (a); Deuxième phase de l'installation du filet (b)



PLANCHE 47

Angle du filet bien tendu par le lest (a); Plaque en fer utilisée comme lest (b); Paroi de la cage bien tendue après l'installation des lests (c); Installation du filet complétée (d)



À l'issue de ces étapes, la cage est prête pour l'ensemencement avec les juvéniles cibles.

Références bibliographiques et lectures recommandées

- Arthur, J.R., Bondad-Reantaso, M.G. & Subasinghe, R.P.** 2012. *Procédures pour la mise en quarantaine d'animaux aquatiques vivants. Un manuel*. FAO Document technique sur les pêches et l'aquaculture No. 502. Rome, FAO. 79 pp. (également disponible sur www.fao.org/docrep/015/i0095f/i0095f00.htm).
- Halwart, M., Soto, D. & Arthur, J.R., eds.** *Aquaculture en cage – Études régionales et aperçu mondial*. FAO Document technique sur les pêches No. 498. Rome, FAO. 259 pp. (également disponible sur www.fao.org/docrep/012/a1290f/a1290f00.htm).
- Beveridge, M.C.M.** 2004. *Cage aquaculture*. 3rd Edition. Blackwell Publishing Ltd. Oxford, UK. 368 pp.
- Campbell, D.** 1978. *La technologie de construction des cages d'élevage de Tilapia nilotica (L.) dans le lac de Kossou, Cote d'Ivoire*. Rapport technique 45, IVC/71/526. UNDP/FAO Développement de la Pêche du Lac de Kossou, Cote d'Ivoire. 32 pp. (également disponible sur www.fao.org/docrep/field/003/AC423F/AC423F00.htm).
- FAO.** 1988. *Training manual on marine finfish netcage culture in Singapore*. UNDP/FAO Regional Seafarming Development and Demonstration Project (RAS/86/024). 295 pp. (également disponible sur www.fao.org/docrep/field/003/AB705E/AB705E00.htm).
- FAO.** 2011. *Aquaculture development. 5. Use of wild fish as feed in aquaculture*. FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries No. 5, Supplement 5. Rome, FAO. 2011. 79 pp. (également disponible sur www.fao.org/docrep/015/i1917e/i1917e00.htm).
- Lovatelli, A. & Holthus, P.F., eds.** 2008. *Capture-based aquaculture. Global overview*. FAO Fisheries Technical Paper No. 508. Rome, FAO. 298 pp. (également disponible sur www.fao.org/docrep/011/i0254e/i0254e00.htm).
- Nardone, G.** 2001. *Manuale di maricoltura Off-Shore*. Sicily Fish Farm Ltd. 1st Edition. Stampart '95, Menfi (AG). 246 pp.
- Prado, J.** 1988. *Guide pratique du marin pêcheur*. FAO non-serial publication. 192 pp. (également disponible sur www.fao.org/docrep/010/ah827f/ah827f00.htm).

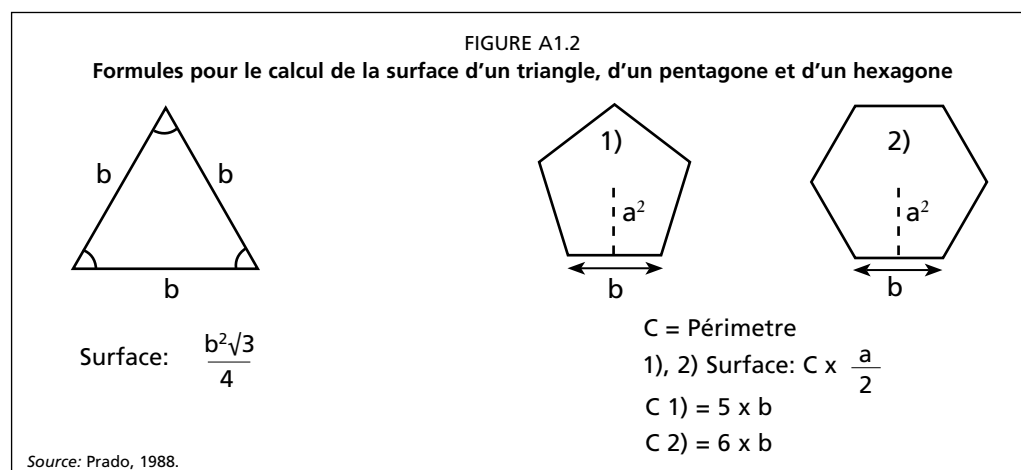
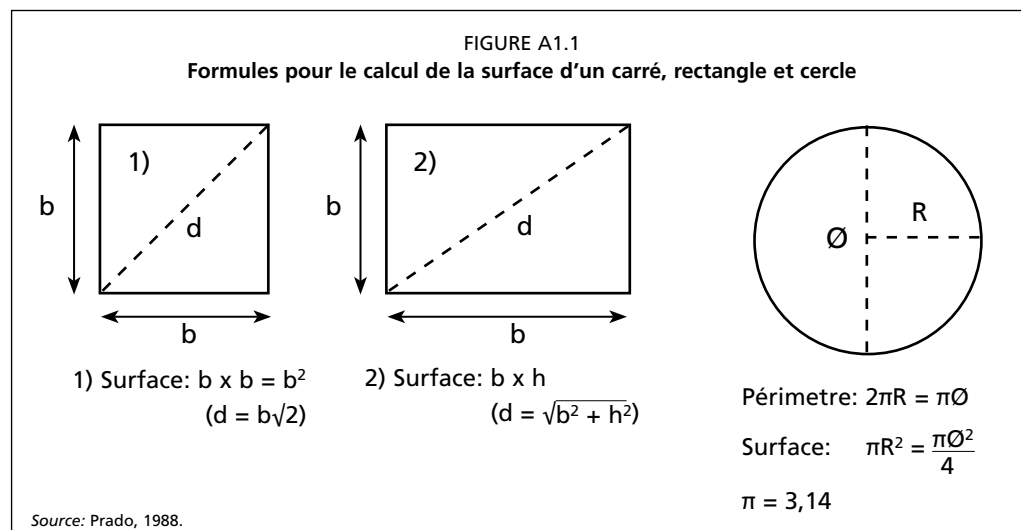
Annexe 1

CALCUL DE LA SURFACE, DU VOLUME ET DE LA FLOTTABILITÉ D'UN CORPS

Il est important de savoir déterminer la surface et le volume d'une figure géométrique telle que le carré, le rectangle, le cercle et l'hexagone, parce que la plupart des cages existantes ont ces formes.

Par conséquent il faut connaître le volume du filet, strictement lié à la biomasse qu'on peut élever et donc à la production qu'on peut atteindre.

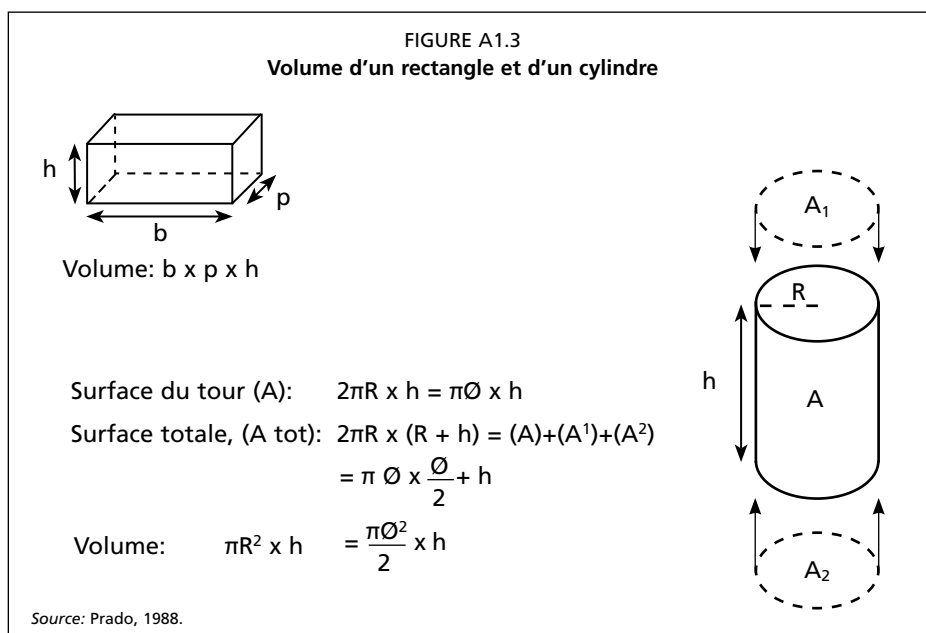
Les Figures A1.1, A1.2, qui suivent illustrent les formules pour le calcul de la surface d'un carré, d'un rectangle d'un cercle, d'un triangle et de deux polygones (pentagone et hexagone¹).



¹ un hexagone est constitué de six triangles isocèles.

² $a = (\sqrt{3} \times b)/2$

Lorsqu'on a calculé la surface, le volume est lié à la hauteur, tel qu'illustré dans la Figure A1.3.



Pour un hexagone, pareillement aux autres figures géométriques, le volume est obtenu en multipliant la surface pour la hauteur, selon la règle générale:

Volume = surface x hauteur

Attention: il faut tenir en compte les unités de mesure, si on calcule la surface et la hauteur en **mètres**, le volume correspondant est exprimé en **litres**.

La relation d'équivalence entre ces paramètres est la suivante:

1 mètre cube (m^3) = 1 000 décimètres cubes (dm^3) = 1 000 000 centimètres cubes (cm^3)

1 litre (l) = 1 000 centimètres cubes (cm^3) = 1 décimètre cube (dm^3)

1 mètre cube (m^3) = 1 000 litres (l)

Déterminer le volume d'un corps est aussi indispensable pour le calcul de la flottabilité et pour établir ainsi si un corps flotte ou coule et dans le premier cas, quelle est sa poussée verticale.

La Figure A1.4 illustre les calculs à faire.

FIGURE A1.4
Force de gravité et poussée verticale

G_a (kgf) = Poids du corps dans l'air

G (kgf) = Volume du corps (m^3) $\times$ d (masse spécifique du corps en kgf/m^3)

F (kgf) = Poussée verticale vers le haut

F (kgf) = Volume du corps (m^3) $\times$ d_w (masse spécifique de l'eau en kgf/m^3)

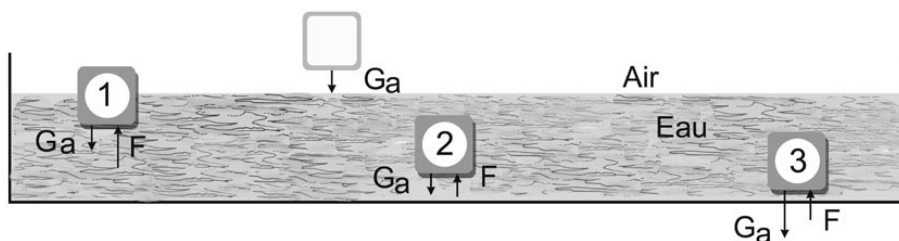
G_w (kgf) = Poids du corps dans l'eau

G_w (kgf) = Poids du corps dans l'air (kgf) – Poussée verticale (kgf)

G_w (kgf) = $G_a - F$

G_w (kgf) = $G_a \left(1 - \frac{1^*}{d}\right)$

* 1 pour l'eau douce, 1,02 pour l'eau de mer



①

Poussée verticale supérieure au poids du corps dans l'air.

La différence «poids du corps dans l'air -poussée verticale» est négative.

Le corps (1) **flotte**.

②

Poussée verticale égale au poids du corps dans l'air.

La différence «poids du corps dans l'air -poussée verticale» est nulle.

Le corps (2) est en **équilibre** dans l'eau.

③

Poussée verticale inférieure au poids du corps dans l'air.

La différence «poids du corps dans l'air -poussée verticale» est positive.

Le corps (3) **coule**.

Source: Prado, 1988.

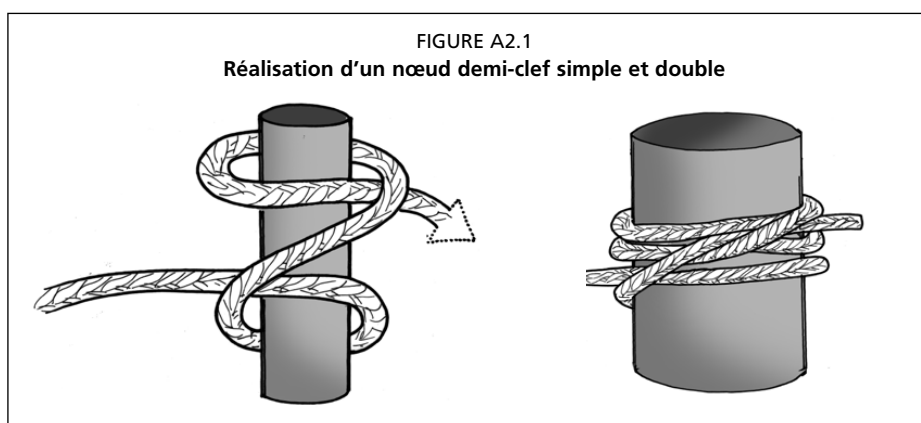
Annexe 2

LES NŒUDS

Les nœuds utilisés pour l'assemblage et l'installation de la cage décrite dans ce manuel sont illustrés dans les figures qui suivent.

I. Nœud de cabestan

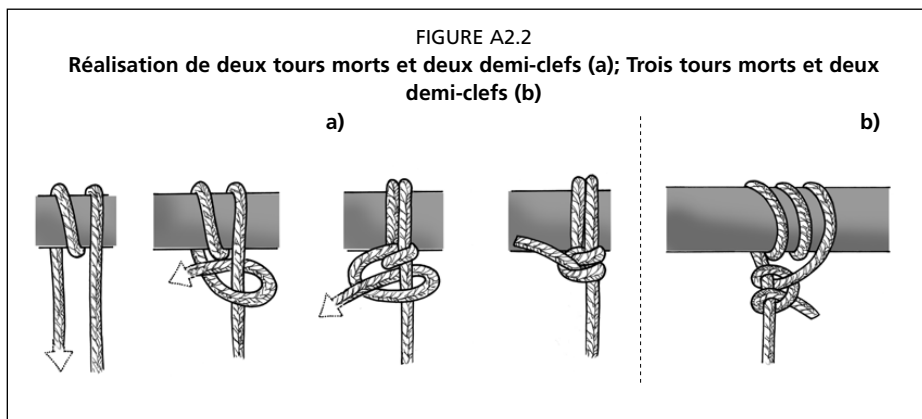
Il appartient à la catégorie des nœuds de serrage (voir Figures A2.1 et Planche A2.1).



On utilise ce nœud pour lier les cordes de diamètre de 5 mm aux fûts du système flottant. Ce nœud peut être fait en triple.

II. Tour mort et demi-clefs à capeler

Il est le plus communément utilisé et le plus sûr pour amarrer un cordage sous forte tension à un point fixe. La Figure A2.2 illustre la réalisation de ce nœud.



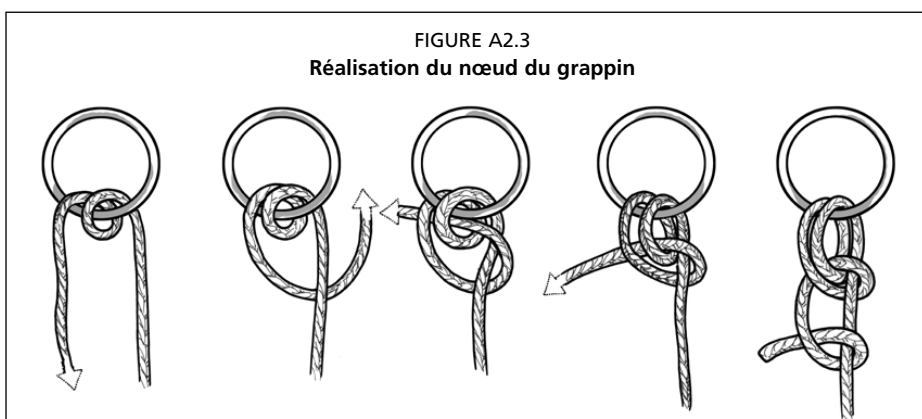
On utilise ce nœud pour:

- lier les fûts du système flottant aux madriers. Dans ce cas on fait plusieurs tours morts et deux demi-clefs;
- lier les aussières d'amarrage aux madriers de la cage lorsqu'on installe la cage en mer;
- il peut être utilisé aussi pour lier les aussières d'amarrage à la chaîne des corps-morts.

Une alternative très valable pour le point c) est représentée par le nœud suivant.

III. Nœud du grappin

Il représente la meilleure façon de lier l'anneau d'une ancre à la ligne de mouillage et il a l'avantage d'empêcher le frottement de la corde avec le fer. La Figure A2.3 illustre l'exécution de ce nœud.



L'inconvénient est qu'il peut être utilisé seulement si la maille de la chaîne est suffisamment large pour accueillir deux tours de la corde sans avoir de superpositions.

IV. Nœud coulant

Il est utile lorsqu'on utilise des cordes de petit diamètre. Sa caractéristique est qu'il se serre au fur et à mesure que la tension appliquée augmente. La Figure A2.4 illustre la réalisation de ce nœud.

On utilise ce nœud pour:

- a) lier les cordes aux anneaux du filet;
- b) lier les lests qui sont ajoutés au-dessous après leur installation sur la cage.

V. Nœud de patte d'oie

Il est utilisé pour lier une corde sur une autre corde tendue. La Figure A2.5 illustre sa réalisation.

On utilise ce nœud pour lier les flotteurs de 20 litres sur les aussières d'amarrage.

FIGURE A2.4
Réalisation du nœud coulant

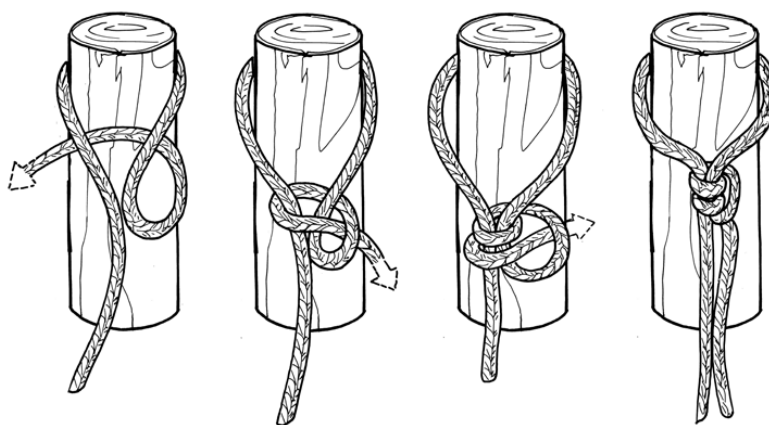
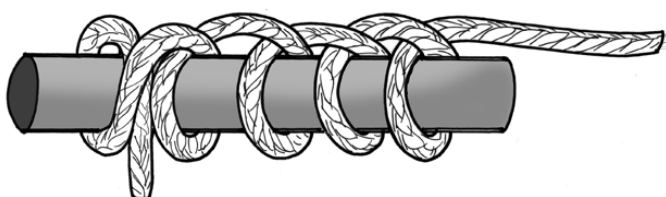


FIGURE A2.5
Réalisation du nœud de patte d'oie



Annexe 3

COMPOSITION DU BÉTON

Le béton dont sont composés les corps-morts d'amarrage, est préparé à partir du ciment, sable, gravier et eau douce. Pour préparer du béton de bonne qualité il faut mélanger ces composants en respectant les justes proportions et il faut que le durcissement se fasse de manière adéquate. Lorsque le mélange et le durcissement sont faits correctement on obtient des corps-morts imperméables à l'eau et avec une résistance maximale.

En général, quelle que soit la quantité de béton voulue, les proportions à respecter sont les suivantes:

- 1 partie de ciment
- 1,5 partie de sable (granulométrie 0,5 mm)
- 2 parties de gravier (granulométrie 15 mm)
- 0,5 parties d'eau douce

Tout en considérant qu'un sac de ciment pèse habituellement 50 kg, dans l'exemple suivant, les instructions pour obtenir 450 kg de béton, nécessaires pour réaliser quatre corps-morts d'environ 110 kg chacun, sont fournies.

Attention: La poussée d'Archimède diminue le poids des corps-morts dans l'eau. Pour une densité de 2.2, ce poids dans l'eau représente 53% de celui dans l'air.

Les quantités des composants pour obtenir 450 kg de béton sont les suivantes:

- 100 kg de ciment
- 150 kg de sable (granulométrie 0,5 mm)
- 200 kg de gravier (granulométrie 15 mm)
- 50 litres d'eau douce (25 litres pour sac de ciment)

La procédure pour amalgamer ces composants est la suivante:

- 1) étaler la sable sur une surface plate en lui donnant une forme circulaire;
- 2) jeter les deux sacs de ciment au-dessus de sable;
- 3) casser les sacs avec une pelle pour en sortir le ciment;
- 4) mélanger le sable et ciment et ajouter le gravier;
- 5) donner à ce mélange une forme circulaire et en creuser la sommité comme montré dans la Planche A3.1;
- 6) ajouter l'eau au fur et à mesure que les composants sont mélangés jusqu'à obtenir une pate homogène;
- 7) couler cette pate dans quatre vieux pneus alignés au-dessus de quatre sacs vides (ou des cartons); et
- 8) ajouter un organeau et laisser sécher le béton en prenant soin de l'arroser de temps en temps (trois/quatre fois par jour si la température est élevée).

PLANCHE A3.1
Mélange du béton



Pour assurer la résistance maximale, le durcissement doit durer plusieurs jours et pour empêcher que le béton se fende il faut le maintenir humide en permanence. Une des méthodes utilisées pour ce processus consiste à couvrir les corps-morts avec une toile de jute maintenue humide durant tout le temps de séchage.

Calcul du volume du béton

Il est nécessaire de connaître le volume du béton par rapport à son poids pour calculer la taille adéquate des pneus (ou, plus en général, des récipients) à remplir.

Pour le calcul on utilise la formule $d = m/V$

d = densité mesurée en kg/litre

m = masse mesurée en kg

V = volume mesuré en litre

Étant donnée la densité du béton de 2,2 kg/litre et la masse de chaque corps-mort 110 kg.

Le volume correspondant est:

2,2 kg/litre = 110 kg/V (litre) soit $V = 50$ litres

Un pneu de 55 cm de diamètre ayant une chape de 20 cm garantit un volume d'environ 50 litres.

Lorsqu'on se trouve à fabriquer des corps-morts, il faut tenir compte que la forme joue un rôle crucial pour en augmenter la stabilité (pour une masse donnée). Les corps-morts plats ont une surface d'adhésion supérieure par rapport au volume de ceux qui sont cubiques, ce qui assure une stabilité bien supérieure.

Annexe 4

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DES CORDAGES

Le tableau qui suit illustre la résistance à la traction de types de cordes différentes, par rapport à leur diamètre.

Cordages en fibres synthétiques									
Cordages	Diamètre mm	Polyamide (PA)		Polyéthylène (PE)		Polyester (PES)		Polypropylène (PP)	
		kg/100m	A ¹ kgf²	kg/100m	A ¹ kgf²	kg/100m	A ¹ kgf²	kg/100m	A ¹ kgf²
	4	1,1	320	–	–	1,4	295	–	–
	6	2,4	750	1,7	400	3,0	565	1,7	550
	8	4,2	1 350	3,0	685	5,1	1 020	3,0	960
	10	6,5	2 080	4,7	1 010	8,1	1 590	4,5	1 425
	12	9,4	3 000	6,7	1 450	11,6	2 270	6,5	2 030
	14	12,8	4 100	9,1	1 950	15,7	3 180	9,0	2 790
	16	16,6	5 300	12,0	2 520	20,5	4 060	11,5	3 500
	18	21,0	6 700	15,0	3 020	26,0	5 080	14,8	4 450
	20	26,0	8 300	18,6	3 720	32,0	6 350	18,0	5 370
	22	31,5	10 000	22,5	4 500	38,4	7 620	22,0	6 500
	24	37,5	12 000	27,0	5 250	46,0	9 140	26,0	7 600
	26	44,0	14 000	31,5	6 130	53,7	10 700	30,5	8 900
	28	51,0	15 800	36,5	7 080	63,0	12 200	35,5	10 100
	30	58,5	17 800	42,0	8 050	71,9	13 700	40,5	11 500
	32	66,5	20 000	47,6	9 150	82,0	15 700	46,0	12 800
	36	84,0	24 800	60,0	11 400	104,0	19 300	58,5	16 100
	40	104,0	30 000	74,5	14 000	128,0	23 900	72,0	19 400

¹ A = Résistance à la rupture (corde sèche).

² kgf = Kilogramme-force.

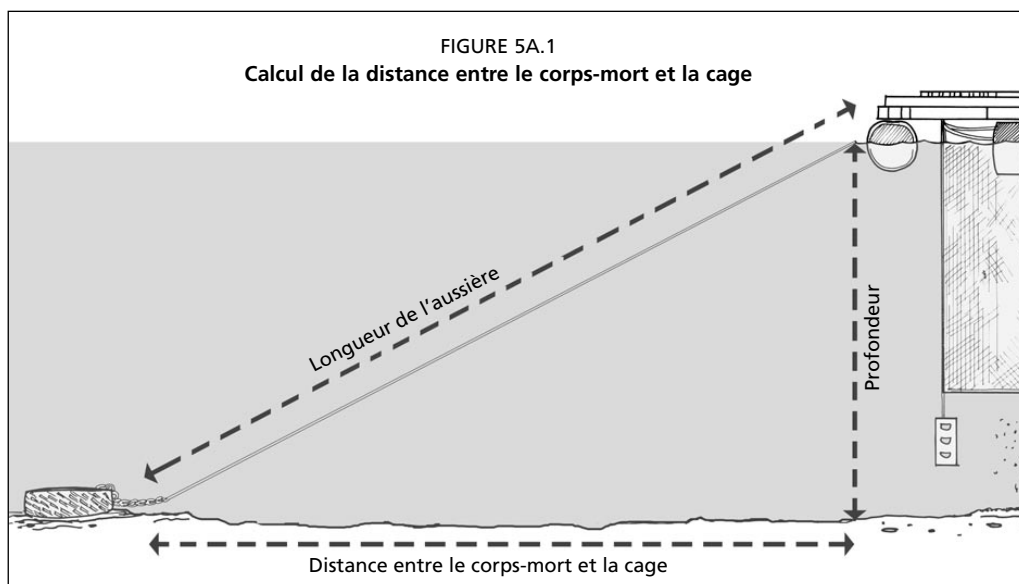
Source: Prado, 1988.

Annexe 5

CALCUL DE L'EMPLACEMENT DES CORPS-MORTS

La longueur des aussières d'amarrage doit être trois à cinq fois supérieure à la profondeur de l'eau.

Cela veut dire que l'exacte distance des corps-morts de la cage est représentée par le côté formant l'angle droit (une cathète) d'un triangle rectangle dont l'hypoténuse est constituée par l'aussière et l'autre cathète est représentée par la profondeur. Voir Figure 5A.1.



Si l'on considère que la profondeur du site est 7 mètres (à marée haute), une aussière adéquate doit mesurer entre les 21 mètres (7×3) et les 35 mètres (7×5). Le dimensionnement choisi, compris entre ces deux extrêmes, dépend aussi de l'exposition du site, soit des caractéristiques hydrodynamiques (la longueur sera plus grande en cas de conditions extrêmes).

Dans l'exemple fourni dans ce manuel on a choisi une longueur de 25 mètres. Cela veut dire que, à l'aide du théorème de Pythagore («Dans un triangle rectangle, le carré de l'hypoténuse est égal à la somme des carrés des deux cathètes») il est possible de calculer la distance entre le corps-mort et la cage par la formule:

$$\text{Cathète}^2 + \text{Cathète}^2 = \text{Hypoténuse}^2$$

$$\text{soit} \quad 7^2 + x^2 = 25^2 \rightarrow x^2 = 625 - 49 \rightarrow x = 24$$

Les corps-morts doivent être placés à 24 mètres de la cage, de plus ils représentent les angles d'un carré au milieu duquel la cage est amarrée (voir Chapitre 6, Figure 10).

Il est possible de connaître la longueur des diagonales de ce carré tout en considérant qu'elles équivalent à deux fois la distance entre le corps-mort et la cage (24 m) et deux fois le côté de l'hexagone (3 m) (voir Figure 10).

Cela veut dire que la diagonale cherchée mesure $24 + 3 + 3 + 24 = 54$

En connaissant la diagonale d'un carré, on est en mesure de calculer son côté par la formule:

$$\text{Côté} = \text{diagonale} / \sqrt{2}$$

$$\text{soit } \text{côté} = 54 / 1.4 = 38$$

La cage se trouve au centre d'un carré de 38 mètres de côté.

Ce document est un guide pratique qui fournit la liste et les détails techniques des matériaux à utiliser pour assembler une cage hexagonale en bois pour l'élevage de poissons, ainsi que son système d'amarrage, dans le cadre d'une aquaculture artisanale. Les instructions pour l'assemblage des différents composants sont illustrées en détail et les directives techniques pour l'installation sur le site d'élevage sont aussi décrites. Les connaissances de base et les instructions fournies dans ce manuel s'adressent aux acteurs actuels et futurs, du développement aquacole.

ISBN 978-92-5-207380-2 ISSN 2070-7029



9 789252 073802

I3091F/1/10.12