Organisation des Nations Unies
pour l'alimentation
et l'agriculture

Économiser le carburant sur les petits bateaux de pêche

Un manuel

Photo de couverture :

Bateau échouable, conçu par la FAO pour la côte orientale de l'Inde, équipé d'un moteur diesel de 10 cv avec hélice relevable (le « BOB-Drive »). FAO/O.Gulbrandsen.

Économiser le carburant sur les petits bateaux de pêche

Un manuel

Oyvind Gulbrandsen
Consultant
Grimstad, Norvège

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE
Rome, 2015

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 les vues ou les politiques de la FAO.

ISBN 978-92-5-207060-3

© FAO, 2015

La FAO encourage l'utilisation, la reproduction et la diffusion des informations figurant dans ce produit d'information. Sauf indication contraire, le contenu peut être copié, téléchargé et imprimé aux fins d'étude privée, de recherches ou d'enseignement, ainsi que pour utilisation dans des produits ou services non commerciaux, sous réserve que la FAO soit correctement mentionnée comme source et comme titulaire du droit d'auteur et à condition qu'il ne soit sous-entendu en aucune manière que la FAO approuverait les opinions, produits ou services des utilisateurs.

Toute demande relative aux droits de traduction ou d'adaptation, à la revente ou à d'autres droits d'utilisation commerciale doit être présentée au moyen du formulaire en ligne disponible à www.fao.org/contact-us/licence-request ou adressée par courriel à copyright@fao.org.

Les produits d'information de la FAO sont disponibles sur le site web de la FAO (www.fao.org/publications) et peuvent être achetés par courriel adressé à publications-sales@fao.org.

Préparation de ce document

Ce manuel se fonde sur le Document technique de la FAO sur les pêches 383, *Économies financières et de carburant dans la pêche artisanale*, publié en 2009, ainsi que sur une étude du Programme de la baie du Bengale, intitulée *Reducing the fuel costs of small fishing boats* (Document BOBP/WP/27), publiée conjointement par la FAO et l'Agence suédoise de développement international (SIDA) en 1986. La récente crise énergétique a remis au premier plan partout dans le monde la question de la conservation de l'énergie et les programmes de recherche visant à économiser l'énergie dans le secteur de la pêche. Diverses sources d'information sont citées dans les sections Références et Ouvrages supplémentaires de cette publication.

Ce manuel a pour objet d'aider les propriétaires et les exploitants de petits bateaux de pêche, ainsi que les concepteurs et les constructeurs de bateaux à réduire leur consommation de carburant. Il sert aussi de guide à ceux qui cherchent à économiser le carburant sur les petites embarcations utilisées dans la filière aquacole.

L'élaboration de ce manuel a été financée par le Gouvernement norvégien et par le Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO et menée à bien sous la supervision d'Ari Gudmundsson, Spécialiste des industries de la pêche (Navires), Service des opérations et technologies de pêche (FIRO).

Les photographies ont été fournies par l'auteur, sauf si précisé différemment.

Résumé

La récente flambée des prix du carburant a eu un impact majeur sur la rentabilité de l'exploitation des bateaux de pêche. Ceux qui les possèdent ou qui les exploitent sont confrontés à de graves difficultés et demandent que l'on trouve des solutions pour atténuer l'impact de la hausse des coûts. La consommation, en litres, par tonne de poisson débarqué varie considérablement selon les espèces de poisson et la méthode de pêche utilisée. Les solutions doivent donc être conçues en fonction de la méthode et du type de pêche.

Ce manuel a pour objet de donner aux propriétaires de bateaux de pêche, aux équipages, aux constructeurs et aux concepteurs de bateaux, ainsi qu'aux administrateurs des pêches des conseils pratiques pour réduire la consommation de carburant. Il est centré sur les petits bateaux de pêche qui ne dépassent pas 16 m de long et qui sont exploités à des vitesses inférieures à 10 nœuds, car ce sont les plus utilisés dans le monde pour la pêche artisanale. Le manuel sert aussi de guide à ceux qui cherchent à économiser le carburant sur les petites embarcations utilisées dans la filière aquacole. Il fournit des informations aux concepteurs et aux constructeurs de bateaux sur la forme à donner à la coque pour réduire la résistance ainsi que sur le choix d'hélices efficaces.

Les premiers chapitres donnent des conseils sur les mesures à prendre pour économiser le carburant sur des bateaux existants, sans engager d'investissement important. Les mesures les plus efficaces consistent à réduire la vitesse de service du bateau, à veiller à ce qu'il n'y ait pas de salissures sur la partie immergée de la coque et sur l'hélice et à entretenir le moteur. On peut aussi économiser du carburant en changeant de méthode de pêche.

Les derniers chapitres portent sur les économies de carburant qui peuvent être réalisées en passant d'un moteur hors-bord deux-temps à un moteur diesel, en installant un moteur diesel, et en navigant à la voile. On y trouve des indications sur le choix d'une puissance de moteur économique sur la base de la longueur à la flottaison et du poids du bateau, ainsi que des conseils sur le choix d'un rapport de réduction et d'une hélice en fonction de la vitesse, de la puissance de service et de la vitesse de rotation de l'hélice. Des données sont fournies pour faciliter la conception d'un nouveau bateau économe en carburant et le choix d'une hélice optimale.

Les renseignements fournis dans ce manuel sont accompagnés de nombreuses illustrations qui devraient faciliter la compréhension des principaux points. Les annexes contiennent des bibliographies détaillées, ainsi que des tableaux, dont certaines cases sont laissées en blanc, afin qu'ils puissent être utilisés pour calculer les économies potentielles de carburant, le coût d'exploitation du moteur, le poids d'un bateau et le diamètre et le pas d'une hélice.

FAO. 2015. *Économiser le carburant sur les petits bateaux de pêche – un manuel*, par Oyvind Gulbrandsen. Rome, Italie.

Table des matières

	Pages
INTRODUCTION	1
CONSOMMATION DE CARBURANT DANS LE SECTEUR DE LA PÊCHE	
Coût du carburant	2
La consommation d'énergie dans le secteur de la pêche	3
La ressource halieutique	4
Efficacité énergétique	5
Consommation de carburant – engins de pêche passifs	6
Consommation de carburant - méthodes de pêche actives	7
ÉCONOMISER LE CARBURANT SUR LES BATEAUX DE PÊCHE	
La vitesse – facteur déterminant de la consommation de carburant	8
Exemple : économiser le carburant en réduisant la vitesse	9
Exemple : économiser le carburant en réduisant la vitesse	10
Longueur du bateau à la flottaison et vitesse économe en carburant	11
Garder le fond de la coque propre	12
Entretien et ventilation du moteur	13
Économies de carburant des chalutiers	14
ÉCONOMIES DE CARBURANT DES CHALUTIERS	15
CHANGER DE MÉTHODE DE PÊCHE POUR CONSOMMER MOINS DE CARBURANT	
Sortie de pêche de plusieurs jours et opérations du navire-mère	16
CHOISIR UN MOTEUR ÉCONOME EN CARBURANT	
Comparaison entre un moteur hors-bord et un moteur diesel	17
Exemple : essais de pirogues équipées de moteurs hors-bord et diesel au Ghana	18
Est-il rentable d'investir dans un moteur diesel ?	19
Différentes installations possibles pour les moteurs diesel	20
Installations avec hélice relevable	21

Pages

UTILISER UNE VOILE POUR CONSOMMER MOINS DE CARBURANT

Types de gréements 22
Utilisation d'une voile 23
Voile à bourcet – contrôle de la stabilité du bateau 24
Détails de la voile à bourcet et pirogues à balancier 25

CHOISIR UN NOUVEAU MOTEUR PLUS ÉCONOME EN CARBURANT

Choix d'un nouveau moteur 26
Exemple: choix de la puissance du moteur 27
Puissance et vitesse économes en carburant 28
Lire le livret du constructeur du moteur 29

CHOISIR UNE HÉLICE POUR CONSOMMER MOINS DE CARBURANT

Comparaison d'hélices et de la consommation de carburant 30
Mesurer le diamètre et le pas de l'hélice 31
Choix d'une hélice 32
Dégagements de l'hélice et profil du talon d'étambot 33
Rotation lente de l'hélice = grande hélice = économie de carburant 34

CONSEILS POUR CONSTRUIRE UN NOUVEAU BATEAU

Puissance et principales dimensions d'un bateau économe en carburant 35
Lignes du bateau pour une faible résistance 36
Forme de l'étrave 37
Aménagement général 38
Économies de carburant avec les pirogues à balancier et les multicoques 39

QUE PEUVENT FAIRE LES GOUVERNEMENTS POUR INCITER À ÉCONOMISER LE CARBURANT ? 40

RÉFÉRENCES 41

OUVRAGES SUPPLÉMENTAIRES 42

ANNEXES

1 – Analyse de la consommation d'énergie sur le cycle de vie 43
2 – Mesure de la consommation de carburant 44
3 – Calcul des économies de carburant 45
4 – Analyse du coût de fonctionnement d'un moteur 47
5 – Calcul du poids d'un bateau – lège et en charge 49
6 – Calcul de l'hélice 51
7 – Choix de l'hélice 54

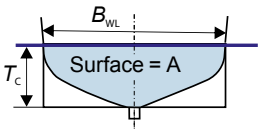
Remerciements

L'auteur tient à remercier Arnt Amble, architecte naval, spécialiste des pêches (Norvège); Agnar Erlingsson, architecte naval, spécialiste des pêches (Islande); Ari Gudmundsson, spécialiste des industries de la pêche (Navires), Service des opérations et technologies de pêche (FIRO) ; et Tom Lantau, architecte naval (Royaume-Uni), pour leurs précieuses observations durant l'élaboration de ce manuel.

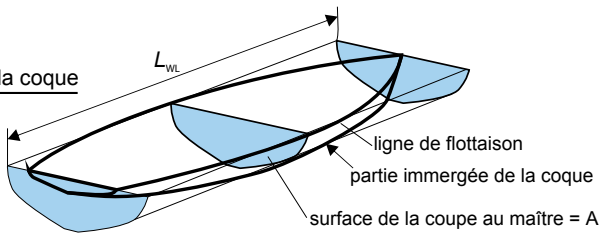
ABRÉVIATIONS ET SIGLES

ACV	Analyse du cycle de vie
ASDI	Agence suédoise de coopération pour le développement international
BOBP	Programme de la Baie du Bengale
cm	centimètre
CUNO	Indice volumétrique = longueur hors tout x largeur x creux (voir l'Annexe 5)
cv	Chevaux : 1cv = 75 kgm/s= 0,735 kW = 1,36 cv
DANIDA	Ministère des affaires étrangères du Danemark
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FRP	Fibre de verre renforcée de polyester
GPS	Système mondial de localisation
lb	Livre
ISO	Organisation internationale de normalisation
kg	Kilogramme
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt heure
m	mètre
mm	millimètre
mn	mille nautique = 1852 m
Nœud	1 mille nautique/heure
RM	Moment de redressement
tr/min	Tours/minutes
TBT	Tribultylétain
VAN	Valeur actuelle nette

$$\text{Coefficient de remplissage du coupe au maître} = \frac{\text{Surface A}}{B_{WL} \times T_c}$$



$$\text{Coefficient prismatique} = \frac{\text{volume de la partie immergée de la coque}}{\text{Surface A} \times L_{WL}}$$



L_H = Longueur hors tout

L_{WL} = Longueur à la flottaison

B_{WL} = Largeur à la flottaison

T_c = Tirant d'eau sur quille

Déplacement lège	Poids d'un bateau sans charge
Déplacement de service	Poids du bateau avec une charge de service (équipage, engins de pêche, eau, carburant, poisson et glace). On considère généralement que la charge de service est égale à la moitié de la charge maximale
Puissance déclarée à l'arbre d'hélice	Puissance continue, indiquée par le fabricant du moteur, selon la norme ISO 8665 à l'accouplement de l'arbre d'hélice, avec réducteur
Puissance déclarée au vilebrequin	Puissance continue à l'arbre de sortie du moteur, sans réducteur
Puissance réelle de l'hélice	Puissance de l'arbre d'hélice x rendement de l'hélice
Vitesse de service	Vitesse moyenne, en nœuds, du bateau en mer avec des conditions moyennes de vent et de houle
Tonne	Tonne = 1000 kg ; proche de 1 tonne forte = 1016 kgs

INTRODUCTION

Le secteur de la pêche dépend aujourd'hui étroitement du carburant nécessaire à la propulsion des bateaux et au fonctionnement des engins de pêche. La récente hausse des prix du carburant a créé des problèmes aux pêcheurs des pays développés comme des pays en développement car l'augmentation de leurs coûts d'exploitation ne peut pas être compensée par un relèvement des prix du poisson. De plus, l'impact des moteurs à combustion sur le climat est un phénomène aujourd'hui largement reconnu.

Le présent manuel a pour objet de récapituler, à l'intention des pêcheurs, des armateurs, des concepteurs de bateaux et des administrateurs des pêches, les moyens qui, à l'heure actuelle, permettent d'économiser le carburant, sous une forme simple et accessible. On a choisi d'utiliser le cheval vapeur (CV) plutôt que le kilowatt (kW) comme unité de mesure de la puissance des moteurs, car c'est l'unité la plus couramment employée.

Le présent manuel traite des petits bateaux de pêche dont la longueur n'excède pas 16 m. Ce choix est délibéré car leurs propriétaires et leurs exploitants peuvent moins aisément consulter des architectes navals, des fabricants de moteurs et autres spécialistes que ceux qui possèdent et exploitent des bateaux plus gros. Cela étant, les grands principes d'économie de carburant tels que la réduction de la vitesse et l'utilisation de moteurs tournant à faible régime et d'hélices de grand diamètre sont les mêmes pour les bateaux de toutes les tailles.

Le présent manuel se veut aussi pratique que possible en fournissant des conseils précis sur le choix de la puissance du moteur, de la forme de la coque et de la vitesse de service. Une hélice inadaptée entraîne souvent un gaspillage de carburant, et les tableaux fournis ont pour but de faciliter le choix du diamètre et du pas de l'hélice pour des moteurs pouvant atteindre une puissance de 50 cv et une vitesse de 8 nœuds.

La quantité de carburant nécessaire pour capturer et débarquer une tonne de poisson varie cosidérablement en fonction de la méthode de pêche utilisée et de la ressource ciblée. L'état de la ressource a une forte incidence. Si la ressource est peu abondante, on utilisera plus de carburant par tonne de poisson débarquée. La première priorité d'un gouvernement, en concertation avec les pêcheurs, doit être de gérer la pêche de manière durable.

Le coût d'acquisition relativement faible d'un moteur hors-bord deux-temps a contribué à la popularité de ce moteur auprès des petits pêcheurs des pays en développement. Mais du fait de la hausse du prix des carburants, les coûts d'exploitation de ces moteurs sont aujourd'hui très élevés. Plutôt que de subventionner le carburant, des dispositifs d'aide financière visant à faciliter l'investissement dans des moteurs diesel fixes (aussi appelés in-board) seraient plus adaptés.

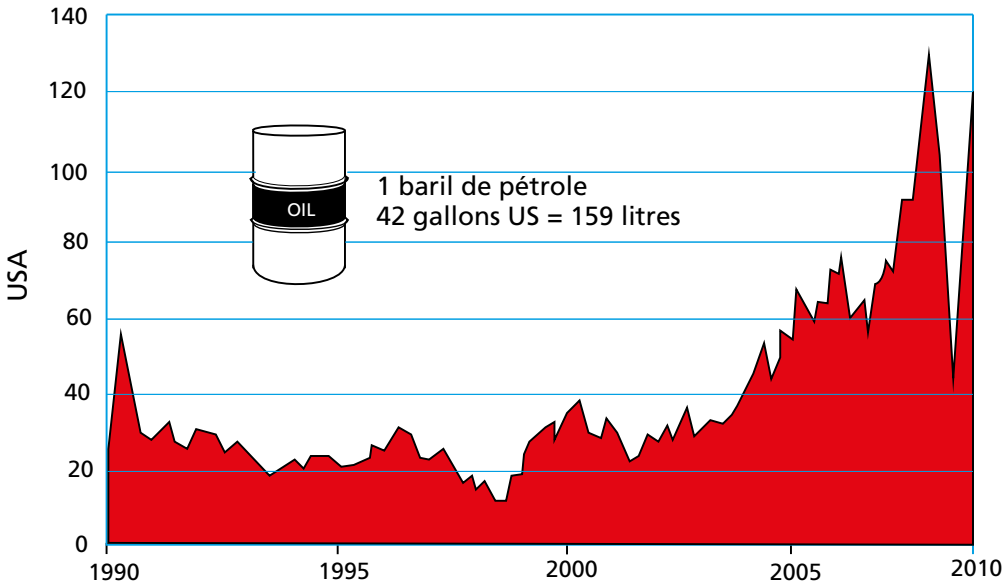
Jusqu'à une date récente, le faible prix du carburant a favorisé une tendance à augmenter la puissance des moteurs des bateaux de pêche partout dans le monde, mais surtout dans les pays développés où, du fait du niveau élevé des salaires, le carburant ne représentait qu'une faible part du coût total d'exploitation. Le choix de la puissance du moteur est souvent déterminé par des facteurs irrationnels comme le prestige et le statut conférés par le fait d'avoir un bateau légèrement plus rapide que les autres pêcheurs. La "soif de vitesse" est omniprésente.

Pour la plupart des bateaux de pêche utilisant des engins passifs tels que les filets maillants et les palangres, la meilleure manière d'économiser le carburant est de réduire la vitesse du bateau. Les chalutiers peuvent aussi réduire leur vitesse lorsqu'ils rejoignent la zone de pêche ou qu'ils en reviennent, même s'ils ont besoin de moteurs très puissants pour tracter le chalut. Leur consommation de carburant peut également être réduite en apportant des modifications à l'hélice et à la tuyère, aux panneaux du chalut et au filet, ou encore en optant pour le chalutage en bœuf ou la senne danoise.

Le présent manuel traite principalement des bateaux dont la vitesse de déplacement ne dépasse pas 10 nœuds. Une vitesse supérieure n'est justifiée que si elle permet d'augmenter les captures. Par exemple, les thoniers qui pêchent à la traîne ont besoin d'aller à grande vitesse pour ne pas se laisser distancer par les bancs de thons très véloces.

Les possibilités d'économie de carburant sont plus grandes lorsque l'on conçoit un bateau neuf: à ce stade, il est possible d'adapter le moteur à la taille et au poids du bateau, de sélectionner une hélice de grand diamètre tournant à bas régime, et de dessiner la coque de façon à ce qu'elle offre une résistance minimum.

2	COÛT DU CARBURANT



Évolution du cours mondial du baril de pétrole brut

Le diesel, l'essence et le kérosène sont obtenus par raffinage du pétrole brut. Le prix de ces carburants pour les pêcheurs suit donc le cours du pétrole brut corrigé des taxes ou des subventions.

Le prix du diesel appliqué aux pêcheurs subit de fortes variations à travers le monde, entre des pays qui le subventionnent largement comme l'Arabie saoudite (0,15 USD par litre) et d'autres qui le taxent lourdement comme la Norvège (1,50 USD par litre en novembre 2010).

Durant 15 ans, de 1990 à 2005, les prix du carburant étaient bas, encourageant l'utilisation de moteurs très puissants, le chalutage comme méthode de pêche et l'exploitation de flottes de pêche hauturière pour des espèces à haute valeur marchande comme le thon.

Le prix du carburant est monté en flèche en 2008. Il a baissé depuis mais repart actuellement à la hausse. Etant donné l'augmentation de la demande des pays en développement et l'absence de nouveaux gisements pétroliers, une hausse des prix des carburants est à prévoir.

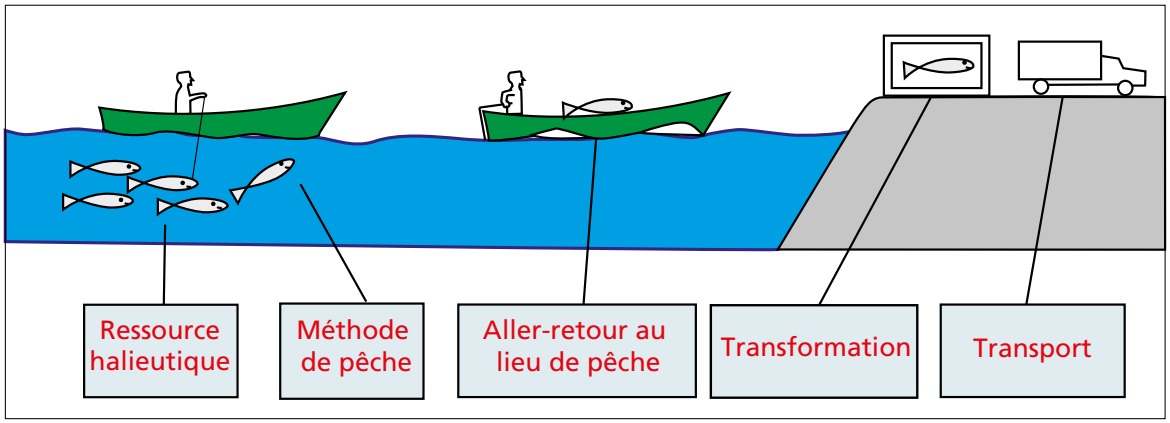
La hausse des prix du carburant ne peut pas toujours être compensée par un relèvement des prix du poisson
Le moment est venu de réfléchir aux moyens d'économiser le carburant

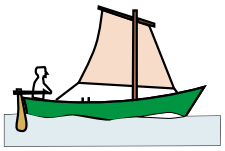
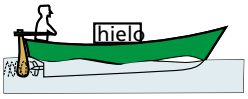
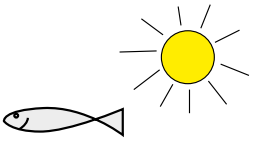
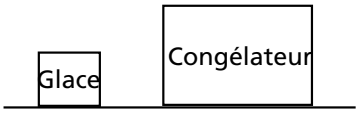
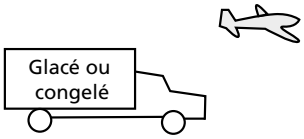
- Les économies de carburant seront bénéfiques pour le pêcheur
- Les économies de carburant seront bénéfiques pour le consommateur
- Les économies de carburant seront bénéfiques pour le climat

Le changement climatique

Les gaz émis par les centrales électriques alimentées au charbon ou au pétrole et les gaz d'échappement des moteurs des voitures, des camions et des bateaux de pêche comprennent des gaz à effet de serre comme le Co_2 et NO_x. Ces gaz ont déjà causé une élévation alarmante des températures. La hausse des températures affectera la vie marine et entraînera l'élévation du niveau des mers. Les pêcheurs qui vivent le long des côtes seront parmi les premiers touchés.

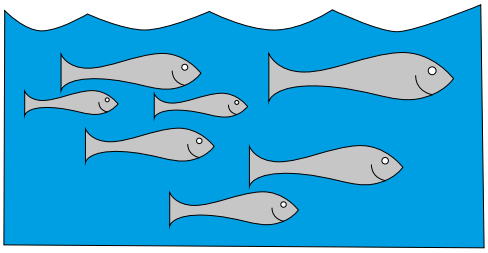
La quantité d'énergie nécessaire pour capturer le poisson et le transporter jusqu'au consommateur dépend de plusieurs facteurs



	Méthodes pré-industrielles Énergie humaine et solaire	Méthodes industrielles Combustibles fossiles 100 – 3 000 litres de diesel par tonne
Aller-retour au lieu de pêche	 Force humaine ou vent	 Puissance du moteur
Remontée des engins de pêche	 Force humaine	 Treuil mécanique
Transformation	 Séchage au soleil, fumage et salage	 Mise sous glace ou congélation
Transport jusqu'au consommateur	 Force humaine, traction animale ou bateau	 Camion, train, bateau ou avion

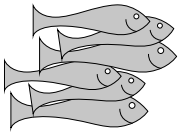
Étant donné que dans le secteur de la pêche, l'énergie est principalement utilisée sous forme de carburant liquide, la consommation d'énergie sera exprimée en litres de carburant diesel dans ce manuel.

La pêche durable suppose d'éviter la surpêche afin que la ressource halieutique puisse supporter des niveaux de capture élevés pendant des générations

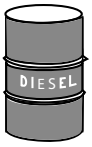


Ressource abondante

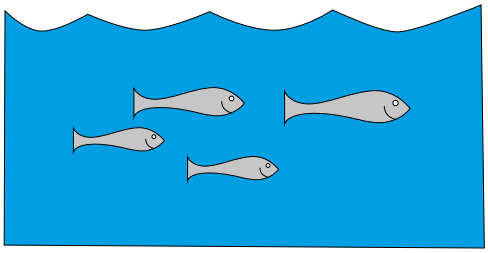
Le volume de capture par sortie est élevé, sans gaspillage de temps ou de carburant en quête du poisson.



1 tonne de poisson

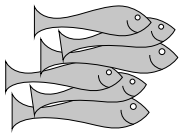


200 litres de diesel

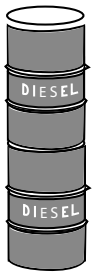


Ressource pauvre

Le volume de capture par sortie est faible, avec gaspillage de temps et de carburant en quête du poisson.



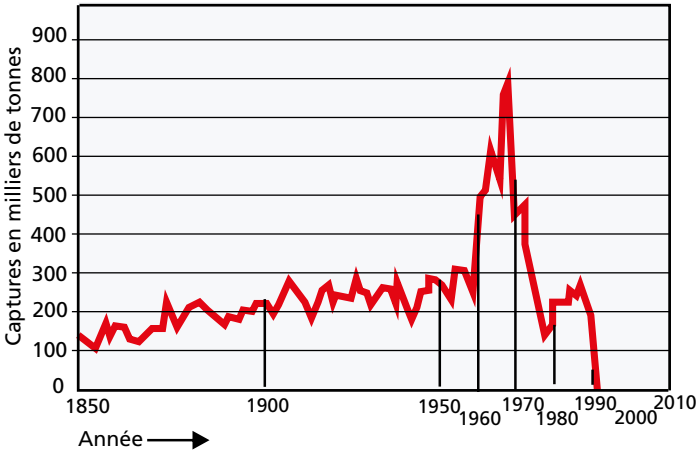
1 tonne de poisson



400 litres de diesel

Un exemple de surpêche et de mauvaise gestion

Les zones de pêche situées au large de Terre-Neuve figuraient parmi les plus riches en cabillaud du monde. Le cabillaud était à l'origine pêché avec des lignes à main et des palangres à partir de petits bateaux à rames, qui livraient leurs prises à un navire-mère à voile. Dans les années 60, de grands chalutiers-usines dotés d'équipements modernes de détection du poisson ont été introduits, et les captures ont atteint près de 800 000 tonnes. Il est apparu trop tard que la ressource ne pouvait supporter une telle évolution, et la pêche à la morue a dû être totalement interdite. 20 ans plus tard, les stocks ne sont toujours pas reconstitués (Hannesson, 2008).



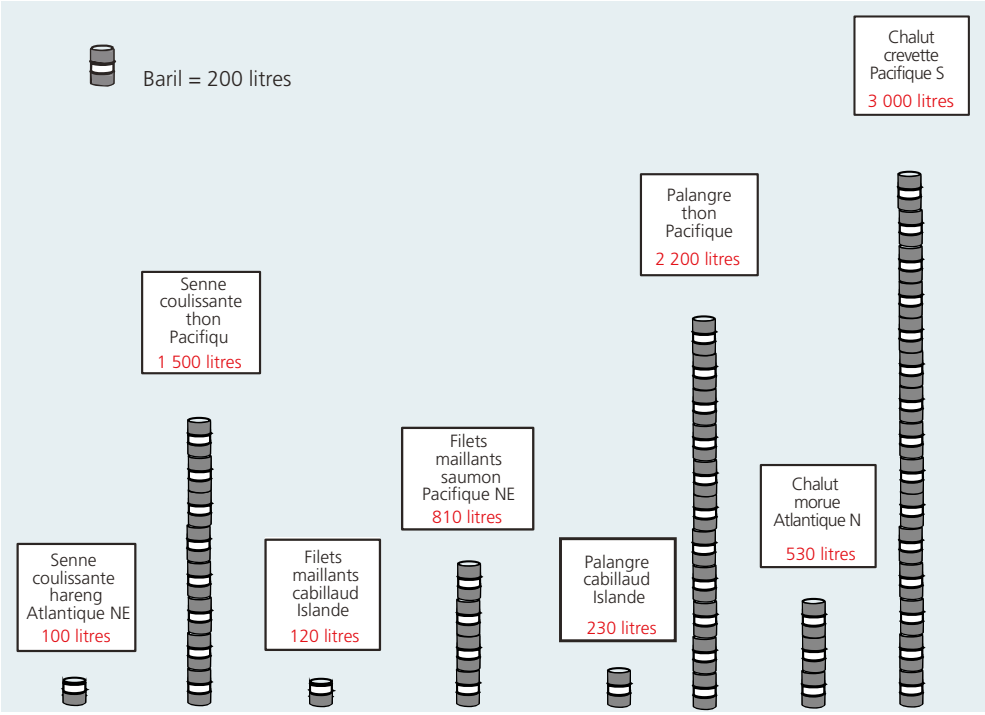
Éviter la surpêche est dans l'intérêt même des pêcheurs

Il est possible d'éviter la surpêche par différents moyens grâce à la réglementation:

- Fixer une période de l'année durant laquelle la pêche n'est pas autorisée afin de protéger la ressource pendant la période de reproduction.
- Réglementer le type d'engin de pêche autorisé. Fixer des limites à la taille des mailles des filets maillants et des chaluts.
- Réglementer le volume de captures autorisé par bateau de pêche.
- Limiter la pêche dans certaines zones aux bateaux d'une taille déterminée ou naviguant sans moteur.

Efficacité énergétique = quantité de carburant utilisée pour débarquer 1 tonne de poisson

Nombre de litres de diesel nécessaires pour débarquer 1 tonne = 1 000 kg de poisson (en poids).



Source: Tyedemers, 2004; Arason, 2002.

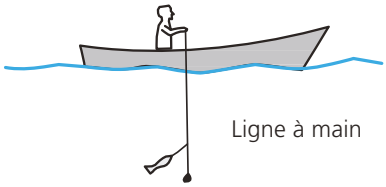
- La consommation de carburant varie considérablement en fonction du prix auquel l'espèce ciblée pourra se vendre sur le marché. La pêche d'espèces commercialement prisées comme la crevette et le thon, encourage une forte consommation de carburant. Dans le cas, par exemple, du chalutage à la crevette et au thon, qui atteignent des prix élevés, les palangriers et les senneurs parcourent de longues distances entre leur base et la zone de pêche et consomment beaucoup de carburant.
- La pêche à la senne coulissante d'espèces comme le hareng, qui sont peu valorisées sur le marché, consomme peu de carburant.
- La pêche d'espèces comme le cabillaud, qui atteignent des prix moyens sur le marché, consomme moins de carburant si elle est pratiquée avec des engins fixes, comme des filets maillants ou des palangres, plutôt qu'au chalut.

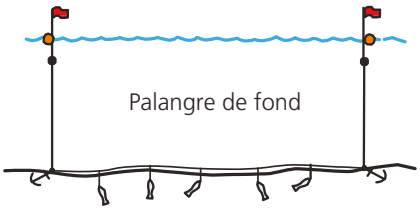
Carburant utilisé pour les opérations de pêche = essentiel de l'énergie utilisée dans la filière pêche

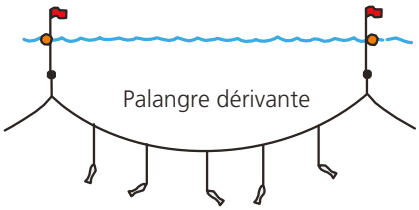
L'analyse du cycle de vie (LCA) montre que la quantité d'énergie utilisée pour construire un bateau est négligeable par rapport à celle utilisée pour l'exploiter. L'utilisation de matériaux légers comme l'aluminium, la fib e de verre renforcée de polyester (FRP) et le contre-plaqué dans la construction du bateau peut entraîner une légère économie de carburant durant son exploitation du fait que la coque sera plus légère que les coques construites en matériaux traditionnels comme le bois et l'acier (voir l'Annexe 1).

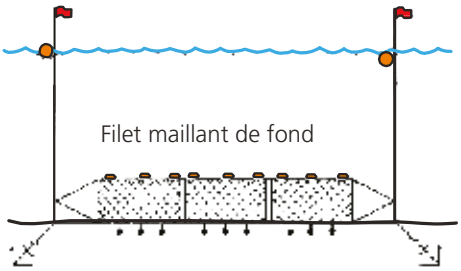
Le transport aérien augmente considérablement la consommation d'énergie

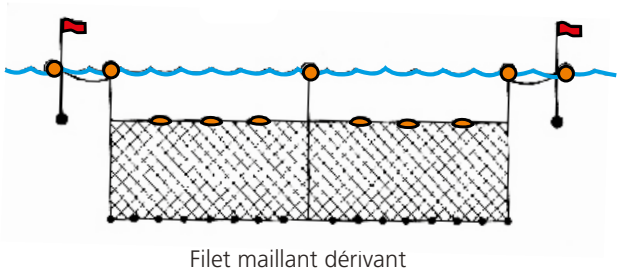
Le transport aérien augmente fortement la consommation totale d'énergie. L'expédition par avion de saumon sous glace, de la Norvège au Japon, représente une consommation d'énergie équivalente à 3 600 litres de diesel par tonne de poisson, alors que le transport de saumon congelé, par bateau container, entre les deux pays consomme 390 litres par tonnes de poisson (Winter et al., 2009).

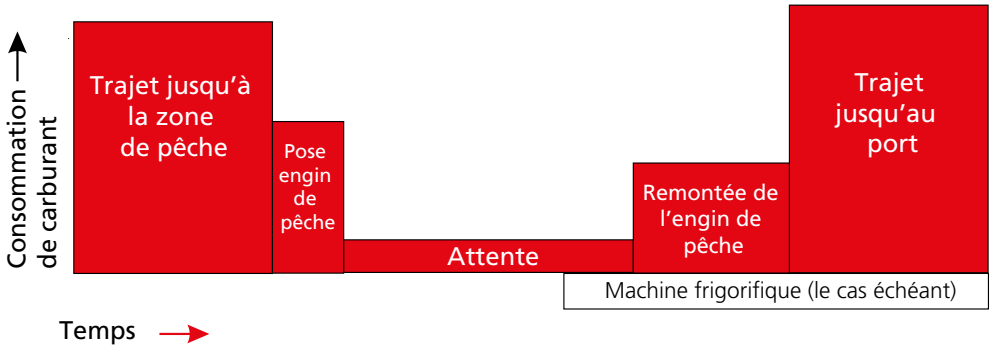










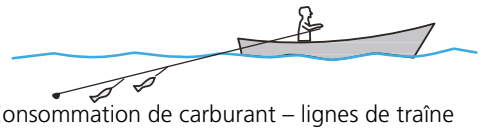


Consommation de carburant – fileyeur ou palangrier

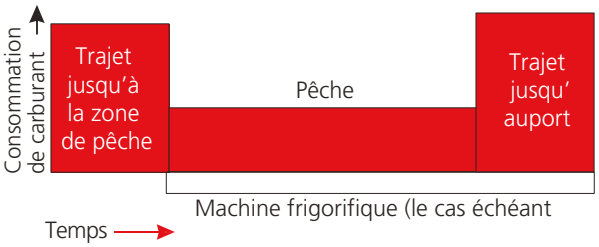
L'essentiel du carburant sert à se rendre sur le lieu de pêche et à en revenir. Les engins de pêche passifs peuvent être calés et remontés par des hommes ou par un moteur de faible puissance, avec des engins de levage mécaniques ou hydrauliques.

Pour économiser le carburant

1. Réduire la vitesse de service.
2. Garder la coque propre.
3. Utiliser un réducteur et une hélice efficace.
4. Remplacer le moteur hors-bord à essence par un moteur diesel.



Consommation de carburant – lignes de traîne

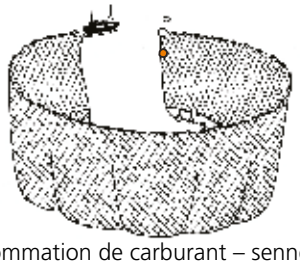


Pêche à la traîne

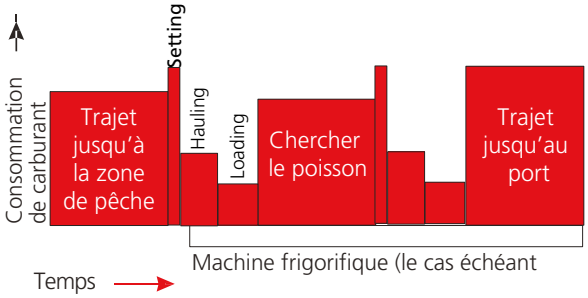
Le carburant sert à la fois pour les trajets et pour les opérations de pêche.

Pour économiser le carburant

1. Passer à un moteur diesel.
2. Réduire la vitesse de service (sauf pour la pêche au thon qui exige une vitesse élevée).
3. Garder la coque propre.
4. Installer un réducteur et une hélice de grand diamètre.



Consommation de carburant – senne tournante



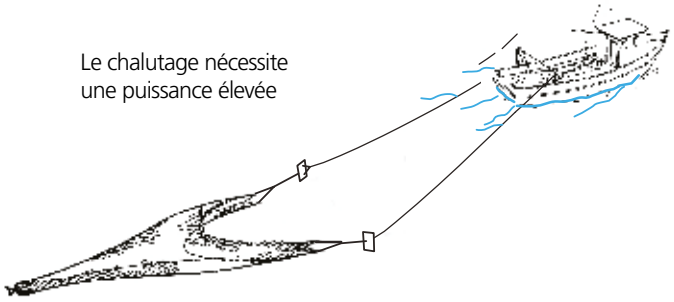
Pêche à la senne tournante

Le carburant est principalement utilisé pour gagner la zone de pêche et en revenir, et pour chercher le poisson.

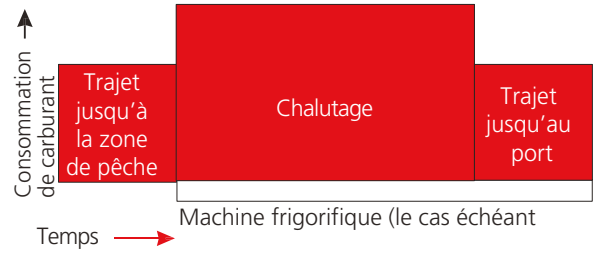
Pour économiser le carburant

Réduire la vitesse de service.

2. Installer un équipement de détection du poisson moderne.
3. Garder la coque propre.
4. Installer un réducteur et une hélice de grand diamètre.



Consommation de carburant – chalutage



Pêche au chalut

Le carburant est principalement utilisé pour tracter le chalut sur le fond (chalutage de fond) ou entre deux eaux (chalutage pélagique). En réduisant la puissance pour gagner la zone de pêche et en revenir, on peut économiser le carburant.

Pour économiser le carburant

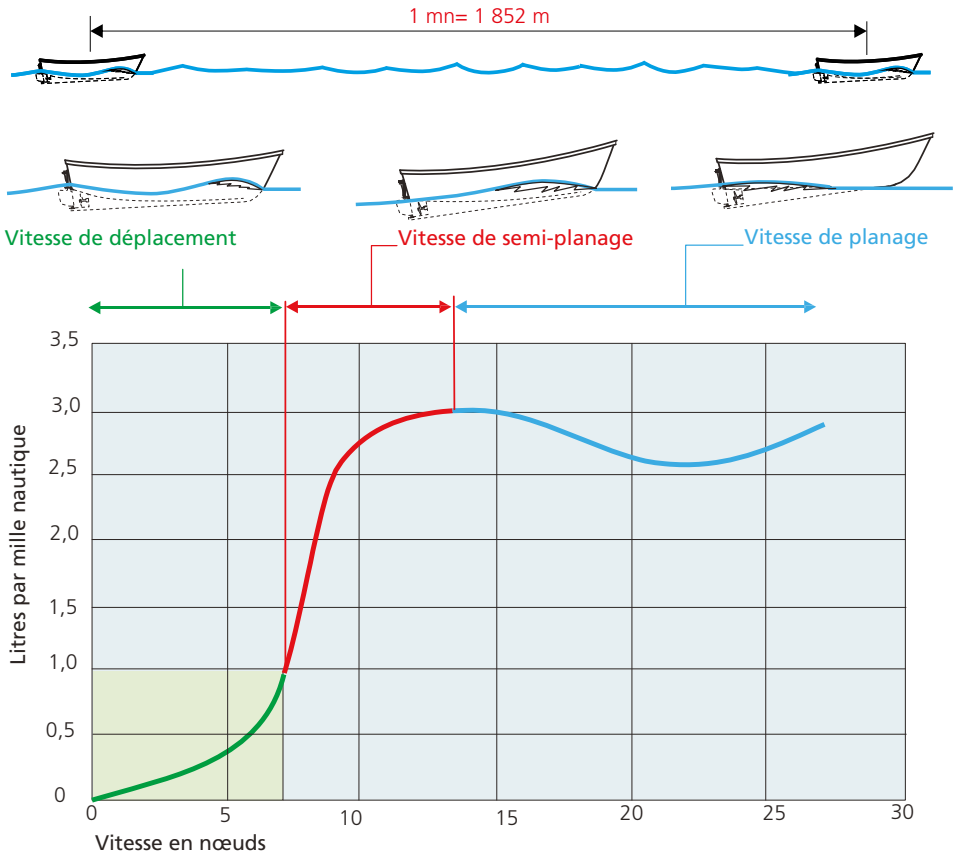
1. Modifier le chalut et les panneaux.
2. Installer un réducteur à rapport de réduction élevé, une hélice de grand diamètre avec tuyère (adaptée à la cage d'hélice).
3. Installer un équipement de détection du poisson moderne.
4. Envisager un changement de technique de pêche au profit du chalutage en bœufs ou de la pêche à la senne danoise.

8	LA VITESSE – FACTEUR DÉTERMINANT DE LA CONSOMMATION DE CARBURANT

Avec la plupart des méthodes de pêche, le carburant utilisé pour gagner la zone de pêche et en revenir représente la majeure partie de la consommation totale de carburant

Exception: Dans le cas des chalutiers, une grande partie du carburant utilisé sert à tracter le chalut. La vitesse en mer est mesurée en nœuds: 1 nd = 1 mille nautique (mn)/heure = 1852 m par heure

> L'efficacité énergétique est mesurée par le nombre de litres de carburant nécessaire pour couvrir une distance de 1 mn.



La courbe montre la consommation de carburant par mn d'un bateau ayant les caractéristiques suivantes:

Longueur hors-tout = 10,35 m
Déplacement = 6,3 tonnes
Puissance installée = 370 cv

La zone verte de la courbe correspond à la «vitesse de déplacement», à laquelle le bateau consomme peu de carburant par mn. À la vitesse de semi-planage, la consommation de carburant augmente rapidement. A la vitesse de planage, elle commence par baisser, le temps pour le bateau de déjauger et d'atteindre le plein régime, puis elle se remet à augmenter. Dans le cas présent, la vitesse de planage optimale est de 23 nœuds. La vitesse de planage se justifie uniquement lorsque le temps passé a un coût élevé et que le temps gagné permet d'allonger le temps de pêche ou dans le cas de la pêche à la traîne de bancs de poissons très véloces comme le thon.

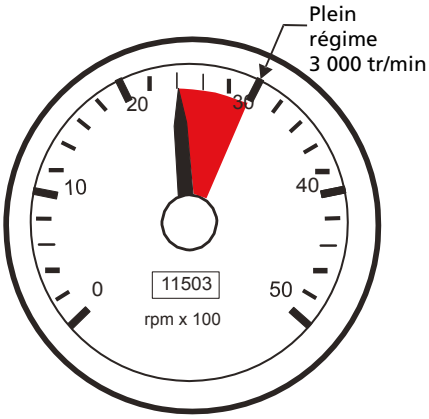
Le présent manuel traite uniquement de la vitesse de déplacement des bateaux dont la longueur n'excède pas 16 m.

Instrument de mesure du débit de carburant

Réduire la vitesse est le moyen le plus simple et le plus efficace d'économiser le carburant

La consommation par mille nautique (mn) est le meilleur indicateur de l'efficacité énergétique lors des allers et retours sur le lieu de pêche.

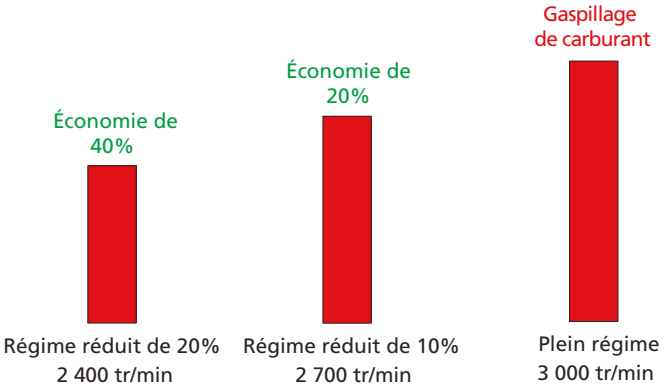
Un compteur mesure la consommation de carburant en litres/heure ou en gallons/heure. Associé à un GPS, il peut indiquer le nombre de litres ou de gallons par mn. Sur un moteur diesel, il faut mesurer le débit d'alimentation en carburant du moteur et le débit de retour, des injecteurs au réservoir.



Un instrument de mesure de la consommation de carburant est un excellent investissement

Pour un bateau donné, il est possible d'utiliser un compteur "fait maison" comme celui présenté à l'Annexe 2 et de calculer la consommation de carburant par mn à différentes vitesses, en utilisant un GPS. Un tableau montrant la consommation à différents régimes du moteur, en tours minutes, peut ensuite être établi.

Le tachymètre est le moins cher des instruments d'économie de carburant



Toutefois, si l'on réduit le régime du moteur, on ralentit le bateau. Pour déterminer l'économie réelle de carburant, il convient de mesurer la vitesse du bateau et de calculer la consommation de carburant par mn:

$$\text{Litres/mn} = \frac{\text{consommation de carburant par heure (litres/heure)}}{\text{vitesse du bateau en nœuds}}$$

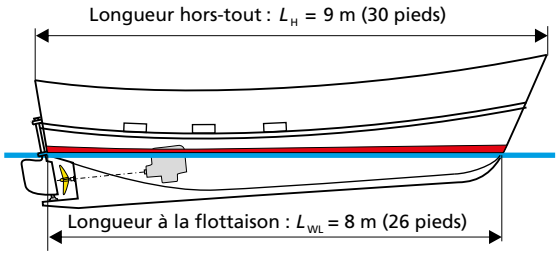
Le GPS indique la vitesse du bateau à différents régimes (tr/min).

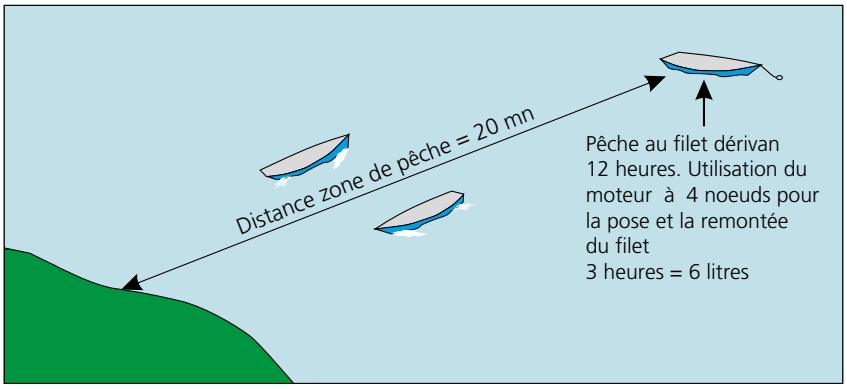
L'économie de carburant sera fonction de la taille et du type de bateau, et de la puissance du moteur. En utilisant le tachymètre et un GPS, il est possible de déterminer la quantité de carburant économisée en réduisant le régime du moteur. Voir à l'Annexe 3 le tableau vierge à utiliser pour le calcul des économies de carburant.

Un exemple est donné à la page suivante.

SILVER FISH

Bateau ponté, longueur hors-tout = 9 m
Déplacement de service: 5 000 kg = 5 t (½ charge)
Moteur: puissance déclarée de l'arbre = 33 cv (25 kW), en service continu à 3 000 tr/min (ISO 8665)





Distance zone de pêche = 40 mn

1. Puissance de l'arbre d'hélice

La puissance déclarée est de 31 cv, à 3 000 tours minute. Elle a été mesurée pour une température de 20° Celsius et une humidité de 60%. Or le bateau est exploité en région tropicale, où l'humidité et la température sont élevées, ce qui donne lieu à une perte de puissance estimée à 6%. La puissance effective maximale du moteur est donc égale à: 0,94 x 31 = 29 cv, à 3 000 tr/mn.

Comme le régime du moteur est réduit, sa puissance suit la courbe de la puissance de l'hélice. La puissance de l'hélice varie approximativement comme le nombre de tours minutes élevé à la puissance^3. À 3 000 tr/min, la puissance du moteur = puissance de l'hélice = 29 cv. Si l'on réduit de 10% le régime du moteur à 2 700 tr/min, la puissance du moteur = puissance de l'hélice = 0,73 x 29 cv = 21 cv. Si l'on réduit encore le régime de 20% à 2 400 tr/min, la puissance du moteur = puissance de l'hélice = 0,51 x 29 = 15 cv.

Si l'on réduit le régime du moteur de 20%, la puissance du moteur diminue de près de 50% ce qui entraîne une réduction de la consommation de carburant de l'ordre de 50%.

2. Mesures

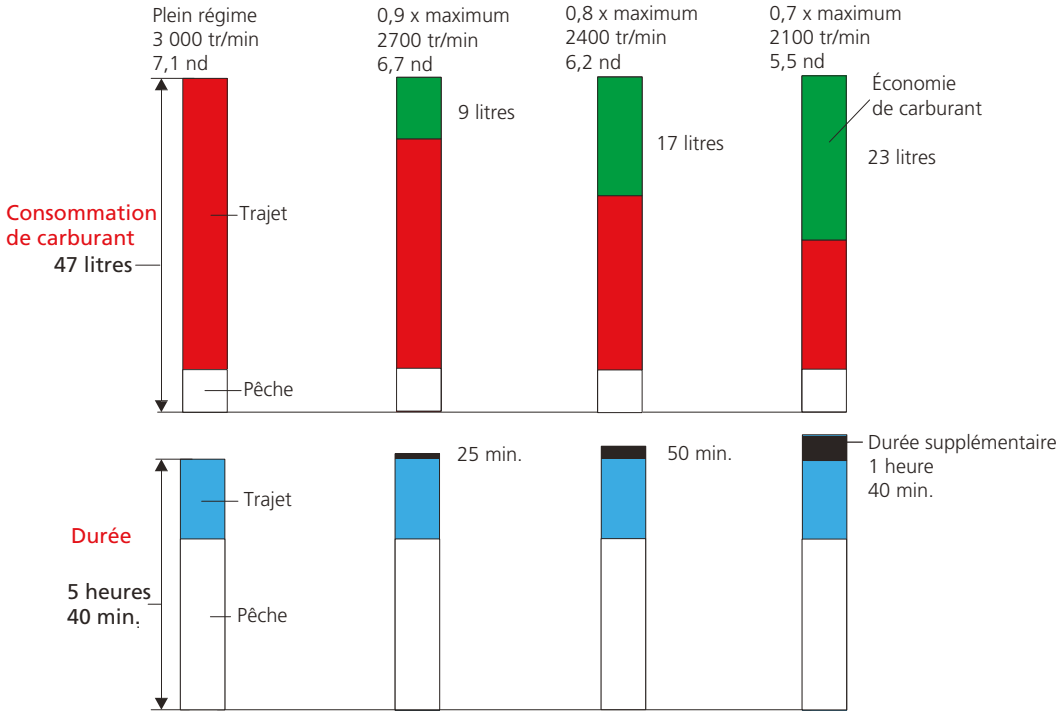
Les mesures sont relevées dans des conditions de service normales: conditions normales de vent et de houle et partie immergée de la coque relativement encrassée. Le bateau transporte une charge de service moyenne.

Le régime du moteur en tr/min est enregistré par le tachymètre. La vitesse du bateau est mesurée à l'aide d'un GPS.

3. Calcul de l'économie de carburant

Les calculs sont réalisés à l'aide d'une calculatrice de poche, et facilités par l'utilisation du tableau figurant à l'Annexe 3. Bien que la consommation effective de carburant par cv varie selon le type de moteur et sa vitesse de rotation en tours minutes, on s'est basé dans cet exemple sur une valeur fixe de de 0,25 l par cv.

La méthode de calcul des économies de carburant est présentée à l'Annexe 3



(Voir l'Annexe 3, pour le calcul des économies de carburant par sortie de pêche).

La principale question qui se pose est la suivante:

L'économie de carburant est-elle rentable compte tenu de la durée supplémentaire par sortie de pêche?

La réponse à cette question dépend de nombreux facteurs:

- L'importance du coût du carburant dans le coût total d'un bateau de pêche, équipage inclus. Lorsque le carburant représente une fraction importante de ce coût, l'économie de carburant se justifie largement et la réponse à la question serait affirmative. C'est souvent le cas dans les pays en développement où les salaires et les prix du poisson sont peu élevés.
- L'allongement du temps de pêche, à une vitesse de 7,1 nœuds, permet-il d'obtenir des captures supplémentaires et de les vendre à un prix suffisant pour absorber le coût des 17 litres de carburant supplémentaires qui auront été consommés?
- Le fait de rentrer au port une heure plus tôt permet-il de vendre le poisson à un prix meilleur et d'obtenir des recettes supérieures à celles que l'on obtiendrait en consommant plus de carburant?

S'équiper d'un moteur plus petit

Comme beaucoup de bateaux de pêche, le SILVER FISH est équipé d'un moteur trop puissant pour permettre une faible consommation de carburant. Un bateau d'une longueur à la flottaison de 8 m et d'un déplacement de 5 tonnes, devrait avoir un moteur d'une puissance déclarée d'environ 18 Cv en service continu, et être exploité à une puissance de service 13 cv et à une vitesse de service de 6 nœuds (voir Tableau 2, page 28). Lorsque le moment est venu de remplacer le moteur, il convient d'en choisir un d'environ 18 cv, avec le rapport de réduction le plus élevé possible et une hélice conçue pour se loger dans l'espace disponible. Les coûts d'investissement et de carburant s'en trouveront diminués.

12 LONGUEUR DU BATEAU À LA FLOTTAISON ET VITESSE ÉCONOME EN CARBURANT

La consommation de carburant a pratiquement doublé lorsque la vitesse du Silver Fish est passée de 6 à 7 nœuds. En d'autres termes, le bateau utilise autant de carburant en passant de 6 à 7 nœuds que de 0 à 6 nœuds. Pourquoi? Le bateau a besoin de puissance pour surmonter la résistance de l'eau lorsqu'il avance. La résistance est due principalement à deux facteurs:

Le frottement

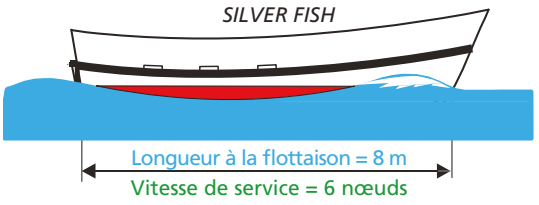
Le bateau avance mais l'eau est calme, ce qui entraîne un phénomène de frottement entre la surface de la coque et l'eau, comme lorsque l'on passe la main sur la surface d'une table. La surface de la partie immergée de la coque doit être aussi lisse que possible pour réduire la friction. Si elle présente autant d'aspérités que du papier de verre, ou si elle est trop encrassée, comme sur la photo de la page 13, elle offrira une forte résistance de frottement. Lorsque la vitesse du bateau passe de 6 à 7 nœuds, la résistance de frottement augmente de près de 35%.

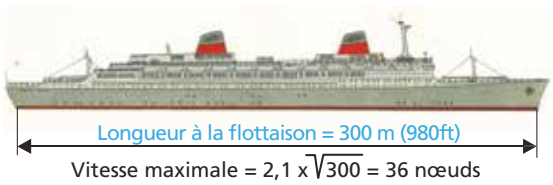
La formation de vagues

Un bateau qui avance dans l'eau crée des vagues. Pour créer des vagues, il faut de l'énergie. Si vous aviez été à bord du *SILVER FISH*, vous auriez vu l'augmentation considérable de la hauteur des vagues qu'il formait lorsque sa vitesse est passée de 6 à 7 nœuds. La résistance due à la formation de vagues a été pratiquement multipliée par deux (180%) lorsque la vitesse est passée de 6 à 7 nœuds. C'est la principale explication de l'importante augmentation de la consommation de carburant lorsque la vitesse passe de 6 à 7 nœuds.

Un savant anglais, William Froude, a constaté que la résistance de vague était liée à la vitesse du bateau et à sa longueur à la flottaison. La loi scientifique qu'il a formulée pour exprimer cette relation est appelée nombre de Froude ou rapport vitesse/longueur:

$$\text{Résistance de l'eau = rapport vitesse/longueur} = \frac{\text{vitesse (noeuds)}}{\sqrt{\text{longueur à la flottaison}}}$$





Longueur à la flottaison du *Silver Fish* = 8 m

$$\sqrt{8} = 2{,}8$$

A 6 noeuds, vitesse économe en carburant = 6/2,8 = 2,1
A 7 noeuds, vitesse économe en carburant = 7/2,8 = 2,5

Rapport vitesse/longueur pour une faible consommation de carburant:

Longueur à la flottaison mesurée en mètres :
Vitesse (nœuds) = 2,1 x √ longueur à la flottaison (m)
Longueur à la flottaison mesurée en pieds (ft) :
Vitesse (nœuds) = 1,2 x √ longueur à la flottaison (ft)

Même les paquebots les plus gros et les plus rapides ne pourront avancer à une vitesse supérieure à celle obtenue en utilisant le rapport vitesse/longueur = 2,1.

Longueur à la flottaison		Vitesse de service noeuds
m	ft	
5	16	4,7
6	20	5,1
7	23	5,6
8	26	6,0
9	30	6,3
10	33	6,6
11	36	7,0
12	39	7,3
13	43	7,6
14	46	7,9
15	49	8,1
16	52	8,4

TABLEAU 1:
Longueur à la flottaison et vitesse de service économes en carburant
Trouvez la vitesse de service économe en carburant de votre bateau

Note:
La vitesse de service correspond à des conditions moyennes de vent et de houle et à une coque relativement encrassée. Par temps calme et avec une coque propre, le bateau avancera à une vitesse supérieure.

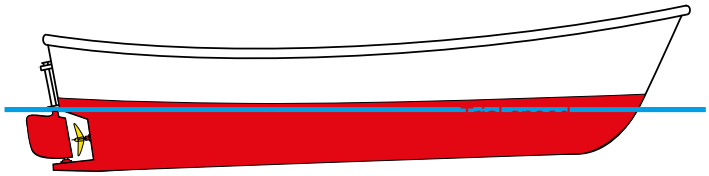
L'encrassement de la coque par du calcaire, des algues et des bernacles ralentit le bateau

Sous les tropiques, l'augmentation de la consommation de carburant due à l'encrassement de la coque peut atteindre 7% au bout d'un mois à peine, et 44% au bout de six mois si la coque n'est pas traitée avec de la peinture antisalissures. Pour économiser le carburant, le fond du bateau doit être protégé des salissures.

Les petits bateaux peuvent être hissés hors de l'eau pour en gratter et en nettoyer le fond à l'aide d'une brosse. Les bateaux de plus grande taille, qui restent à l'eau plus longtemps, doivent faire l'objet d'un traitement antisalissures, à intervalles réguliers. Outre les économies de carburant, cette procédure est particulièrement importante dans le cas des bateaux en bois susceptibles d'être attaqués par des xylophages marins comme les tarets.

Le cuivre est un poison pour la plupart des organismes marins et il entre dans la composition des peintures antifouling traditionnelles. Il est à noter que ce type de peinture ne doit pas être utilisé sur les bateaux en aluminium. Les peintures contenant du tributylétain (TBT) sont aussi déconseillées parce qu'elles sont nuisibles pour les organismes marins. Leur utilisation est interdite dans de nombreux pays.

Il existe depuis peu des peintures antisalissures autolissantes, qui deviennent plus lisses avec le temps et assurent une protection raisonnable pendant deux ans. Elles coûtent plus cher que les peintures antifouling traditionnelles, mais la dépense supplémentaire peut être justifiée compte tenu des économies de carburant qui résultent d'un fond plus lisse et de la durée de vie supérieure de ces peintures.

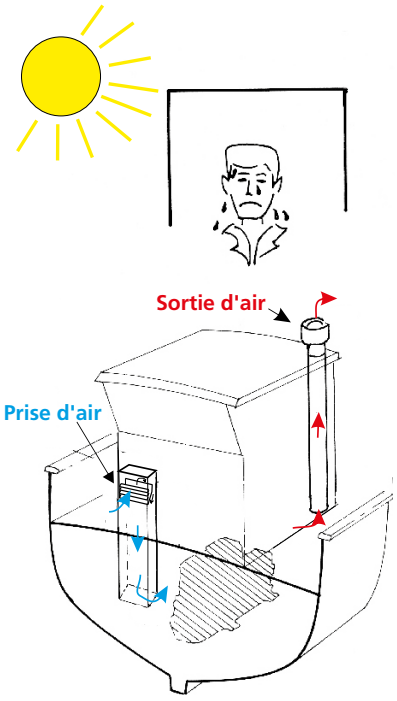


Garder l'hélice propre!

Une hélice envahie par des organismes marins réduit considérablement la vitesse du bateau et augmente la consommation de carburant.

Entretenir régulièrement le moteur

Huile:	Suivre les instructions du constructeur concernant la vidange et le remplacement des filtres.
Carburant:	Un carburant propre est indispensable pour maintenir les pompes et injecteurs en bon état. Changer régulièrement les filtres et utiliser un séparateur d'eau.
Soupapes:	Pour le réglage des soupapes, suivre les recommandations du constructeur.



Assurer une bonne ventilation du moteur

Aimeriez-vous travailler dur dans une pièce non ventilée par une chaude journée?

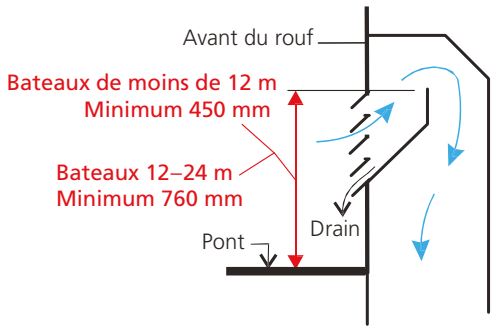
Votre moteur n'aimerait pas davantage. Il a besoin de beaucoup d'air frais pour la combustion. Si l'air dans la salle des machines ou le compartiment moteur devient trop chaud, le moteur fournit moins de puissance et le carburant est gaspillé.

Dans les maisons, la cuisinière est souvent surmontée d'une hotte qui aspire l'air chaud de la cuisine. Lorsque l'air chaud est évacué, de l'air frais le remplace automatiquement s'il y a des ouvertures sur l'extérieur. Le principe est le même pour un bateau. Il faut d'abord trouver le moyen de se débarrasser de l'air chaud, puis de faire entrer de l'air frais de l'extérieur.

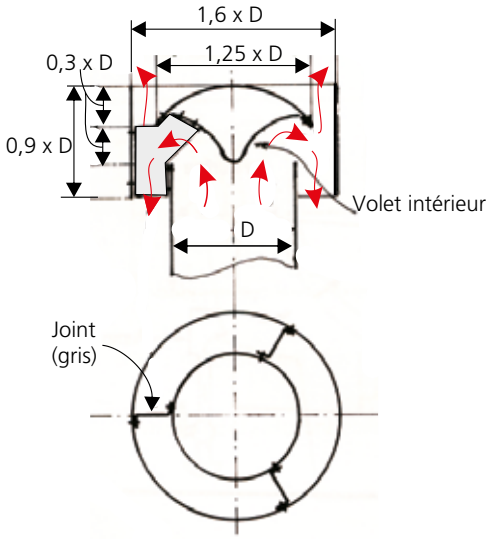
Dans la salle des machines ou le compartiment moteur la prise d'air de la gaine d'air chaud doit être placée en hauteur et loin de la prise d'air frais.

Pour les plus gros moteurs, un ventilateur électrique est nécessaire pour évacuer l'air chaud. Suivre les recommandations du constructeur du moteur.

Dans les pays tropicaux, les conduits de ventilation doivent avoir une section transversale de 8 cm² par cv (10 cm² par kW) de puissance moteur. Ces conduits peuvent avoir des formes différentes à condition que leur section transversale soit la même:

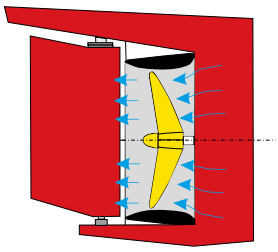


PRISE D'AIR TYPE AVEC GRILLES



SORTIE D'AIR EFFICACE

Une hélice à faible vitesse de rotation et une tuyère représentent la combinaison optimale à la vitesse de chalutage

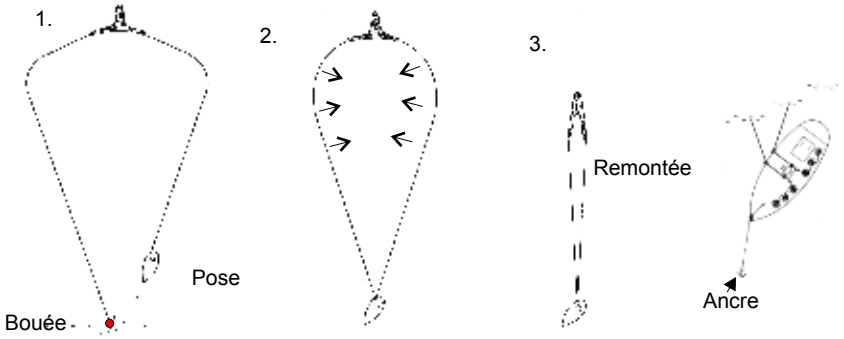


A une vitesse de chalutage de 3-4 nœuds, l'efficacité énergétique sera à son maximum avec une hélice qui tourne lentement (par conséquent équipée d'un réducteur puissant) et une combinaison hélice-tuyère optimale pour la vitesse de chalutage. Une tuyère et une hélice adaptées peuvent permettre une économie de carburant de 20% à la vitesse de chalutage normale qui est de 3-4 nœuds. La vitesse de service sera normalement légèrement plus faible lors du trajet en direction et au retour de la zone de pêche.

Des panneaux et un filet de chalut de conception moderne réduisent la résistance

Une part importante de la résistance d'un chalut tracté sur le fond est due à la résistance des panneaux nécessaires pour déployer le filet. Les panneaux de chalut de conception moderne offrent une moindre résistance. Un chalut d'un type nouveau, avec une nappe de filet plus fine et plus solide et des mailles plus grandes peut permettre une réduction substantielle de la consommation de carburant.

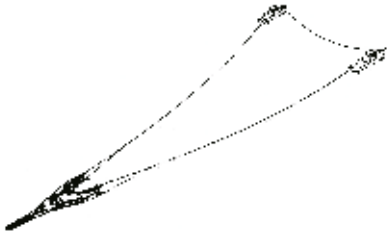
La pêche à la senne danoise est une méthode économe en carburant



La pêche à la senne de fond, également appelée senne danoise, est une autre technique économe en carburant. Une bouée est jetée par-dessus bord et le premier câble est filé tandis que le bateau s'éloigne de la bouée. La senne est calée au fond et le deuxième câble est filé. L'opérateur du bateau jette une ancre, et les cordages sont remontés à l'aide d'un treuil de pont mécanique. Cette technique de pêche utilise beaucoup moins de puissance moteur que le chalutage.

Le chalutage en bœufs consomme moins de carburant

Le chalutage en bœufs se fait avec deux bateaux de taille et de puissance à peu près identiques. Il permet d'économiser le carburant car deux bateaux peuvent remorquer un chalut plus grand et la résistance des panneaux de chalut est éliminée. À quantités débarquées égales, on a signalé une économie de carburant allant jusqu'à 40%.



Une sortie de pêche de plusieurs jours épargne du carburant et augmente les captures

Le fait de rester plusieurs jours sur le lieu de pêche au lieu de faire des allers et retours quotidiens permet d'économiser le carburant et d'accroître les captures, mais cela suppose d'avoir un bateau adapté avec une cale à poisson isolée où conserver le poisson dans la glace et des installations pour l'équipage.

Le Sri Lanka est un des pays qui ont développé cette méthode de pêche: il y a 50 ans, les pêcheurs ne sortaient que pour la journée. La FAO a introduit les filets dérivants à grosses mailles pour la pêche au thon, et les bateaux ont commencé à prolonger leurs sorties d'un jour, puis de deux ou trois. Aujourd'hui les bateaux sri-lankais exploitent une vaste zone de l'océan Indien et ils font des sorties de plusieurs semaines. Le poisson capturé est conservé dans la glace.

Goélette portugaise, chargée de sel, de nourriture et d'équipements de pêche, en route pour les fonds de pêche de Terre-neuve en 1958. Des doris à fond plat sont empilés sur le pont.

La pêche organisée autour d'un navire-mère épargne du carburant

La pêche organisée autour d'un navire-mère permet d'augmenter les captures, de conserver des emplois et d'économiser du carburant. Un navire-mère est suffisamment grand pour transporter à son bord plusieurs petites embarcations de pêche et il est doté de cales à poisson et d'espaces de repos pour les équipages.

Un exemple de ce mode d'exploitation est fourni par les anciennes pêcheries qui exploitaient des fonds de pêche riches en cabillaud et en flétan au large des côtes de Terre-neuve, du Canada et du Groenland.

Les navires-mères à voile du Portugal, d'Espagne et des Etats-Unis emportaient à leur bord jusqu'à 60 hommes et un grand nombre de petites embarcations à fond plat appelées doris. Les doris étaient mis à la mer le matin, et leurs équipages pêchaient à la palangre de fond et aux lignes à main durant la journée. Le soir venu, les marins des doris regagnaient le navire-mère pour y décharger leurs prises, et les doris étaient hissés à bord du navire. Le poisson était nettoyé et salé pour être conservé. Ces navires-mères restaient jusqu'à six mois sur les lieux de pêche.

Ce type de pêche avec navire-mère était encore pratiqué par les Portugais il y a 50 ans, jusqu'à ce que la hausse des salaires des équipages et la concurrence des chalutiers le privent de rentabilité.

S'il faisait mauvais temps dans la zone de pêche, les doris ne pouvaient pas être mis à l'eau. Les marins enlevaient les bancs de nage des doris pour pouvoir en empiler jusqu'à 8 les uns sur les autres.

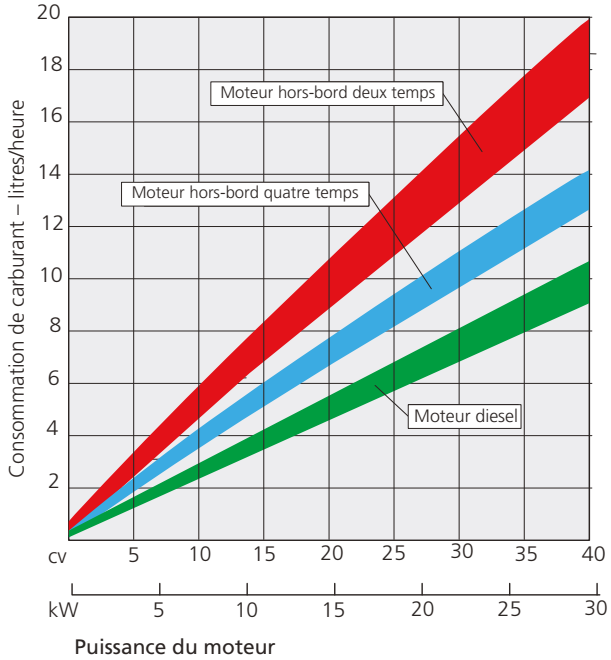
Les doris étaient manœuvrés par un ou deux marins, et ils étaient propulsés à la rame et à la voile. La pêche était pratiquée avec des palangres garnies de 600 hameçons et des lignes à main. Sur le dessin de gauche, le marin à l'avant remonte la palangre et celui à l'arrière tue un grand flétan avant de le hisser à bord. Les rames, le mât et les voiles sont rangés dans le bateau. La goélette visible à l'arrière-plan est le navire-mère. (Villiers, 1962).

Source: A. Villiers, *Of Ships and Men,* 1962

Consommation de carburant des moteurs hors-bord et des moteurs diesel

La consommation d'un moteur 2-temps à essence ou kérosène est deux fois plus élevée environ que celle d'un moteur diesel de même puissance. Les moteurs hors-bord puissants utilisés sur des bateaux à fort déplacement consomment énormément de carburant.

Les avantages d'un moteur hors-bord 2-temps tiennent à son faible coût, à sa simplicité, à son poids réduit et à sa portabilité, qui facilite l'entretien et les réparations. De plus, il est facile à installer sur un bateau, et il peut être incliné, ce qui est pratique lorsqu'il faut remonter le bateau sur le sable.



Le moteur hors-bord 4-temps consomme moins de carburant qu'un 2-temps mais il est plus onéreux et plus complexe.

Le moteur hors-bord tourne à 5 000 tr/min, et avec un rapport de réduction d'environ 2:1, l'hélice tourne à 2 500 tr/min. Comme le moteur tourne vite, sa durée de vie utile sera courte, en particulier s'il fonctionne au kérosène. La vitesse de rotation de l'hélice est élevée, de sorte qu'elle est peu efficace dans le cas de bateaux qui se déplacent à des vitesses inférieures à 10 nœuds. Ces moteurs sont principalement destinés à équiper des bateaux de plaisance, notamment des **bateaux légers utilisés à des vitesses supérieures à 20 nœuds**, pendant un nombre d'heures relativement limité par an.

Les autres moteurs diesel et leurs caractéristiques

Le moteur diesel horizontal, monocylindre, refroidi par eau, est le plus populaire pour l'équipement des bateaux de pêche en Asie.

Il s'agit d'un moteur polyvalent, utilisé pour les pompes, les motoculteurs, les tracteurs et les générateurs. Il est relativement bon marché, et les pièces détachées sont normalement disponibles. Sa puissance varie de 5 à 20 cv jusqu'à 2 200 tours minute. Pour une bonne propulsion, le rapport de réduction à l'arbre d'hélice doit être de 2:1 au minimum.

Le moteur diesel monocylindre refroidi par air est un moteur polyvalent similaire au précédent et, comme lui, relativement peu onéreux. Les pièces détachées sont normalement disponibles. Sa puissance s'échelonne entre 5 et 10 cv, jusqu'à 3000 tr/min. Un taux de réduction minimum de 2:1 doit être appliqué à l'arbre d'hélice. Un réducteur avec ce rapport est parfois fixé au moteur.

Le moteur diesel marin multicylindres s'apparente à un moteur d'automobile ou de camion, avec un système de refroidissement par eau et un échangeur thermique. Les rapports de réduction s'échelonnent entre 2:1 et 5:1, et la puissance va de 10 à 500 cv. Il peut être difficile de trouver des pièces détachées si ces moteurs sont peu utilisés. Ce type particulier de moteur marin coûte plus cher à l'achat que les autres types de moteurs qui viennent d'être décrits.

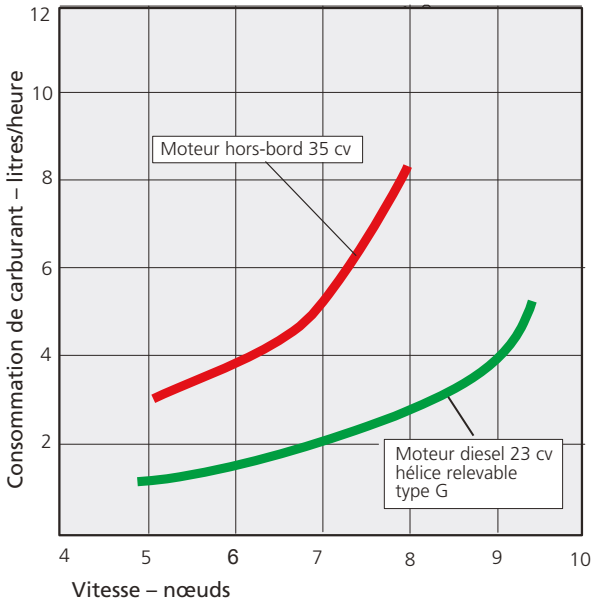
EXEMPLE: ESSAIS DE PIROGUES ÉQUIPÉES DE MOTEURS HORS-BORD ET DIESEL AU GHANA

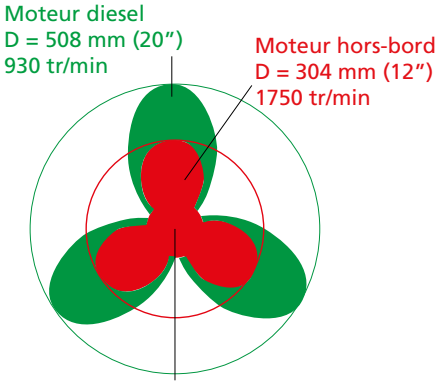
Les pirogues ghanéennes sont le plus souvent manœuvrées à partir du rivage en fendant les vagues. Le moteur hors-bord de 25 à 40 cv est monté latéralement. La pirogue est gouvernée avec un aviron de godille.

Les pirogues ghanéennes mesurent jusqu'à 19 m de longueur. Le fond est fait d'un seul tronc d'arbre creusé. Des planches sont fixées sur les côtés.

Un moteur diesel a été monté sur une pirogue initialement équipée d'un moteur hors-bord

En 1985, le projet pour un développement intégré des pêches artisanales en Afrique de l'Ouest (FAO/DANIDA/NORVÈGE) a procédé à un essai d'efficacité énergétique avec une pirogue ghanéenne d'une longueur de 14 m et d'un déplacement de 3,1 tonnes. La pirogue a été équipée d'un moteur hors-bord de 35 cv, et dans un deuxième temps convertie à une installation pour moteur diesel similaire au BOB-drive présenté aux pages 20 et 21 mais avec un moteur fixe et une hélice et un gouvernail relevables. Le moteur diesel développait une puissance maximale de 23 cv à 3 000 tr/min avec un rapport de réduction de 3:1 à l'arbre d'hélice. Les résultats des essais sont présentés dans le diagramme ci-après.





Comparaison de la taille des hélices

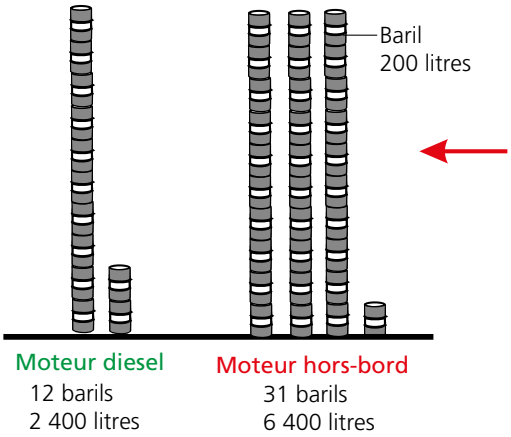
Le moteur diesel a consommé 62% de carburant en moins que le moteur hors-bord

A la vitesse de 8 nœuds, le moteur diesel a consommé 3 litres à l'heure, contre 8 litres à l'heure pour le moteur hors-bord. L'installation du moteur diesel a permis une économie de 62%. Cette économie est due au fait qu'un moteur diesel consomme moins de carburant qu'un moteur hors-bord 2-temps à essence, mais aussi à l'efficacité accrue de l'hélice du moteur diesel, qui tournait plus lentement, à 930 tr/min contre 1750 tr/min pour le moteur hors-bord.

Combien de temps faudrait-il pour que les économies découlant de la baisse des dépenses de carburant compensent le surcoût à l'achat d'un moteur diesel?

Le moteur diesel est beaucoup plus onéreux à l'achat mais son fonctionnement est plus économique. Pour répondre à la question ci-dessus, une analyse des coûts doit être effectuée en se renseignant sur le coût d'investissement d'un moteur diesel et d'un moteur hors-bord, en tenant compte de leur durée de vie utile et du taux d'intérêt des emprunts. Il faut également se renseigner sur le coût approximatif d'entretien de ces moteurs. Les éléments les plus importants sont la consommation de carburant dans le cadre d'une sortie de pêche type, le nombre de sorties de pêche par an et le coût du litre de carburant.

L'analyse comparée des coûts annuels d'exploitation d'un moteur diesel et d'un moteur hors-bord, présentée ci-dessous, prend en compte les coûts de l'équipement, du carburant et de l'installation. L'Annexe 4 présente une analyse de coûts simple fondée sur des chiffres fournis par le Ghana, en 2008.



Coût de l'équipement
Moteur hors-bord: 5 000 USD
Moteur diesel: 9 000 USD

Coût annuel du carburant
Hypothèse : vitesse = 8 nœuds, utilisation du moteur 4 heures par sortie de pêche, 200 sorties de pêche par an et prix du litre d'essence ou de diesel = 0,80 USD.

Coût annuel total
Moteur hors-bord: 8 040 USD
Moteur diesel: 5 670 USD

Economie annuelle réalisée avec un moteur diesel: 8 040 USD – 5 670 USD = 2 370 USD
Coût additionnel de l'installation du moteur diesel: 9 000 USD– 5 000 USD = 4 000 USD
Temps nécessaire pour amortir le surcoût d'un moteur diesel:

$$\frac{\text{Coût supplémentaire}}{\text{Économie annuelle}} = \frac{4\,000 \text{ USD}}{2\,370 \text{ USD}} = 1{,}7 \text{ an} = 20 \text{ mois}$$

Conclusion: Si le prix de marché du diesel et de l'essence est égal, à 0,80 USD le litre (2008), le coût supplémentaire de l'installation pour moteur diesel est relativement vite remboursé.

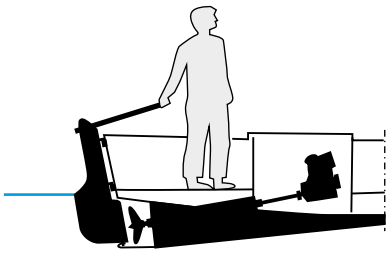
Il faut inciter à remplacer les moteurs inefficaces au lieu de subventionner le carburant

En 2008, les pêcheurs pouvaient acheter le diesel et l'essence au prix subventionné de 0,50 USD. À ce prix, le gouvernement accordait aux pêcheurs utilisant un moteur hors-bord 2-temps une subvention annuelle de 1 900 USD, alors que les pêcheurs utilisant le moteur diesel plus économique touchaient seulement 700 USD de subventions. Le subventionnement du carburant était donc une incitation au gaspillage. Au prix subventionné, il faudrait plus de trois ans pour amortir le surcoût d'un moteur diesel.

Des systèmes de prêt doivent être mis en place pour financer le coût supplémentaire des moteurs diesel

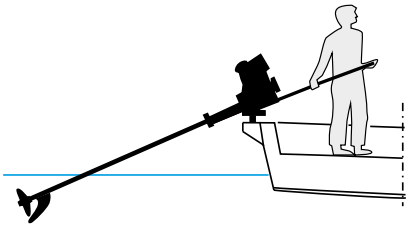
Dans la plupart des pays en développement, les pêcheurs manquent de fonds pour acheter un moteur diesel. Souvent, ils choisissent le moteur le moins cher, sans se préoccuper de son incidence sur la rentabilité à long terme de leur activité. Substituer un moteur diesel à un moteur hors-bord 2-temps n'est généralement possible qu'avec un système de crédit adapté pour financer le coût supplémentaire du moteur diesel, compte tenu des difficultés de recouvrement des échéances auprès de pêcheurs dispersés le long du littoral. Le gouvernement peut offrir des incitations aux pêcheurs et leur proposer des formations à l'installation et à l'entretien des moteurs diesel.
Il est important aussi de soumettre les nouvelles installations diesel à des essais approfondis sur une période supérieure à un an, pour s'assurer du bon fonctionnement des moteurs.

Une étude de différentes installations de moteurs est présentée dans Guldbransen and Ravikumar (1998)



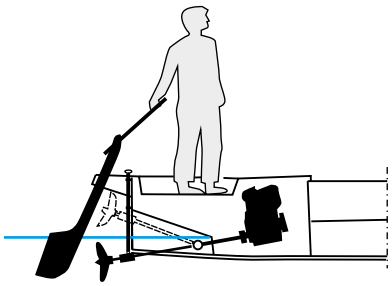
Installation fixe classique

C'est l'installation du moteur diesel à privilégier en l'absence de contraintes liées au tirant d'eau. Le talon de quille qui protège l'hélice crée un fort tirant d'eau et entraîne une réponse relativement lente du gouvernail, qui explique que cette installation ne soit pas adaptée pour échouer le bateau sur la plage en présence de fortes vagues.



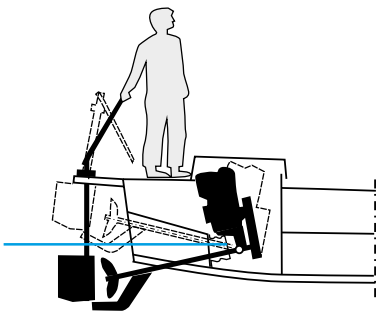
Installation d'un moteur à arbre long

Le moteur diesel est fixé de manière à pouvoir à la fois pivoter et tourner. Il est soit directement couplé à l'arbre d'hélice soit raccordé avec un rapport de réduction de 2:1 à une boîte de transmission fixe, une transmission à chaîne ou une transmission à courroie trapézoïdale. Ce type d'installation permet de démonter tout l'ensemble. Il est adapté pour les bateaux échouables mais, par mer agitée, les risques d'accidents sont accrus (des personnes peuvent heurter les pales de l'hélice en rotation). Pour plus de détails sur les moteurs à arbre long, voir la page suivante.



Installation avec hélice relevable dotée d'un joint de cardan externe

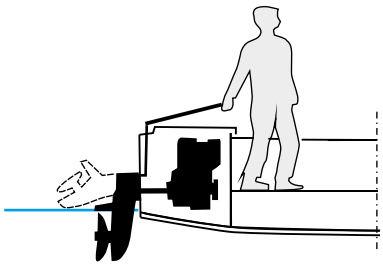
Cette installation est commune au Japon sur les embarcations opérant à partir de plages sans vague. Le moteur est fixe et équipé d'une ligne d'arbre classique avec presse-étoupe et palier à l'intérieur d'un tunnel. Un joint de cardan en acier inoxydable ou en bronze permet de relever l'hélice, à l'aide d'un manche vertical relevable raccordé au palier extérieur. Le gouvernail est relevé séparément, ce qui rend cette installation moins adaptée à l'échouage en cas de fortes vagues où il faut relever rapidement l'hélice et le gouvernail.



Installation avec hélice relevable et soufflets en caoutchouc

Cette installation, également appelée BOB-drive, a été mise au point dans le cadre du projet de la baie du Bengale mené par la FAO sur la côte est de l'Inde. Elle repose sur le principe de l'arbre long, avec couplage du moteur et de l'arbre d'hélice. Un soufflet en caoutchouc néoprène assure l'étanchéité et permet d'incliner le moteur et l'hélice en levant le gouvernail.

Le moteur diesel est couplé à l'arbre de manière permanente par une courroie d'entraînement de rapport 2:1, mais le moteur se met au point mort quand on relève l'hélice hors de l'eau. Pour plus d'informations sur les installations avec hélice relevable, voir page suivante.



Le Z-drive

Le moteur est fixé à l'intérieur de la coque et relié à l'hélice par une transmission à deux renvois d'angle, le tout ayant une forme de «Z». Le z-drive (littéralement «transmission en Z») est complexe sur le plan mécanique et relativement onéreux.

Le moteur à arbre long est apprécié

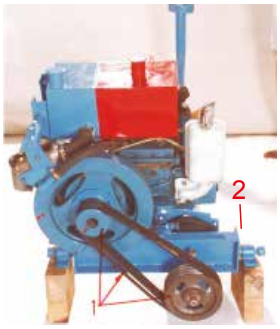
Les moteurs diesel à arbre long sont appréciés dans de nombreux pays car ils ne coûtent pas cher, sont faciles à installer et amovibles. Sur la côte orientale de l'Inde, des milliers de moteurs diesel de 9 cv refroidis par air et tournant à 3 000 tr/min sont équipés d'un réducteur avec un rapport de 2:1. Utilisés pour échouer le bateau sur la plage en fendant les vagues, comme sur la photo, ils présentent un risque pour la sécurité. Des gens peuvent être blessés, voire tués par les pales de l'hélice en rotation lorsque le bateau est projeté latéralement par une déferlante. De plus, les vibrations du moteur diesel se communiquent aux bras du pêcheur et peuvent occasionner des problèmes de santé au niveau des bras et des épaules.

Dans cette configuration, l'arbre d'hélice forme souvent un angle pouvant aller jusqu'à 20° avec la surface de l'eau (comme on le voit sur la photo), ce qui réduit l'efficacité de l'hélice.

Moteur diesel 8 cv/ 3 000 tr/min, refroidi par air, avec une courroie de transmission 2:1 à l'arbre d'hélice.

1. Soufflet en caoutchouc néoprène
2. Plaque du soufflet fixée à la cloison
3. Hélice
4. Skeg amovible
5. Jeu libre du pivot du gouvernail

Le «BOB-drive»



Moteur diesel 9 cv 2 200 tr/min refroidi par eau (refroidissement à la quille).

1. Courroie de transmission 2:1 à l'arbre d'hélice
2. Pivots du chassis moteur fixé aux supports moteur.

Lorsque l'on soulève l'arbre du gouvernail, l'ensemble de l'installation bascule, et l'hélice et le gouvernail sont relevés au moment de l'échouage sur la plage.

Les pêcheurs utilisent souvent des bateaux à voile pour pêcher en eaux côtières

Inde

Tuvalu

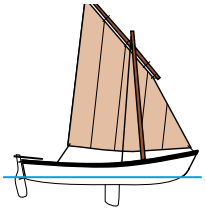
Kiribati

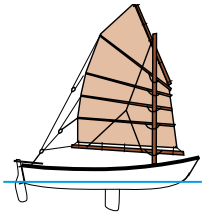
Indonésie

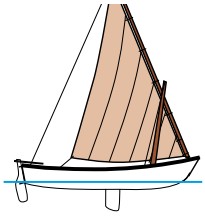
Madagascar

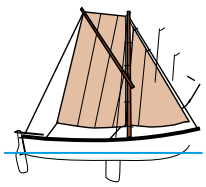
Sri Lanka

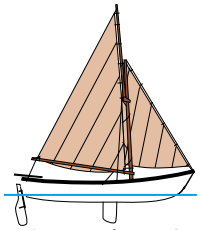
Il existe de nombreux gréements adaptés aux petites embarcations

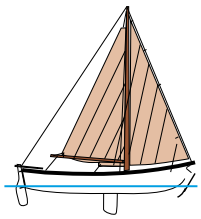

Voile à bourcet
Gréement simple et efficace avec un mât court.


Gréement de jonque
Le principal avantage de ce gréement est qu'il permet de réduire facilement la voilure.


Gréement latin
C'est le gréement le plus courant dans l'océan Indien. La longueur de la vergue est un inconvénient.


Gréement à livarde
Gréement traditionnel de bateau de travail. Permet de monter une grande surface de voile sur un mât court.


Gréement houari
Gréement très efficace qui peut être fabriqué avec des matériaux locaux, tels que de jeunes arbres pour le mât et du bambou pour la vergue et la bôme.


Gréement bermudien
Ce gréement courant sur des voiliers de plaisance nécessite un très haut mât de fabrication spéciale avec des étais. Il est plus coûteux que les autres gréements.

Des essais de voiles ont été menés à Chennai (Madras), Inde

Des essais avec les gréements indiqués ci-dessus ont été conduits avec deux bateaux échouables identiques de 8,5 m, en FRP. Les bateaux étaient équipés d'une dérive escamotable. Des mesures de la vitesse et de la direction du vent ont été prises et les bateaux à voile ont été mis en compétition. Les essais ont montré que le gréement houari était le plus efficace – plus encore que le gréement bermudien - et beaucoup moins coûteux.

Gréement houari: Le vainqueur des essais

Les gréements à livarde et à bourcet se sont bien comportés et ont été plus efficaces que le gréement latin. Pour les qualités combinées de faible coût et de facilité de manœuvre, la voile à bourcet a été considérée comme la meilleure, à utiliser comme gréement de secours, et par vent favorable (Palmer 1990).

La voile à bourcet est un gréement peu coûteux, à utiliser comme sécurité en cas de panne de moteur et pour économiser le carburant

Le Programme de la baie du Bengale (BOBP) a mis au point le bateau échouable de 8,5m (IND-20), pour la côte orientale de l'Inde. Ce bateau a un déplacement de service de 2 tonnes et un moteur diesel de 9 cv, avec un gouvernail et une hélice relevables. La voile à bourcet de 18 m², permet d'économiser de l'énergie et offre de bonnes garanties de sécurité en cas de panne de moteur. Le puits de dérive est installé loin du centre pour ne pas empiéter sur le casier à filets.

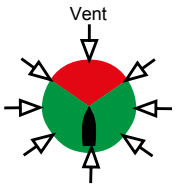
Les principales méthodes employées à bord d'un bateau équipé de ce gréement sont la pêche aux filets dérivants et à la palangre. Toutefois, comme la plupart des pêcheurs n'ont pas appris à naviguer avec ce gréement, ils continuent à utiliser leur gréement latin traditionnel. L'inconvénient du gréement latin est la longue vergue, qui prend de la place sur le pont quand elle n'est pas utilisée.

L'introduction d'un gréement différent de celui traditionnellement utilisé est vouée à l'échec si un programme de formation complet n'est pas mis en place.

Les limites de la voile

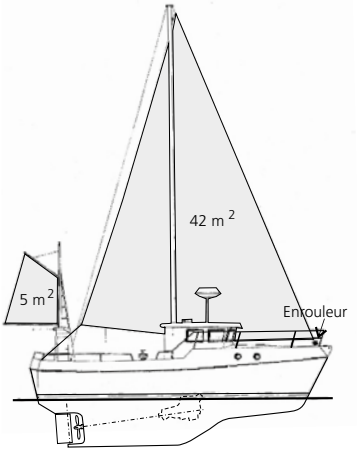
La solution consistant à utiliser davantage la voile pour économiser le carburant suscite un grand intérêt. Mais la voile a des limites qu'il est important de connaître:

- Les bateaux à voile ne peuvent pas avancer face au vent. Sur la figure ci-contre, la zone en rouge est celle où la résistance au vent du gréement augmente la consommation de carburant si l'on utilise un moteur.
- Le mât et le gréement d'un bateau à voile gênent souvent le fonctionnement des engins de pêche.
- Sauf sur les petites embarcations (où le poids de l'équipage peut être utilisé comme ballast) et sur les multicoques, les monocoques de plus grandes dimensions ont besoin de ballast pour rester stables, et ce poids supplémentaire augmente la consommation de carburant si l'on utilise un moteur.



Des essais de voile ont été conduits en Norvège

Des essais ont eu lieu en Norvège avec un nouveau type de petit bateau de pêche économe en carburant (Amble, 1985)



Longueur hors-tout	10 m
Longueur à la flottaison	9 m
Largeur	3,16 m
Déplacement de service	8,5 t
Poids du ballast	1,7 t
Moteur	cv/1 900 tr/min
Rapport de Réduction	5:1
Hélice	Pas variable, 2 pales Diamètre = 0,85 m

Voile principale, enrouleur = 42 m²
Voile d'artimon pour équilibrer le bateau lors de la remontée de l'engin de pêche = 5 m²

Le bateau a consommé 50% de carburant de moins que des bateaux de pêche similaires, principalement en raison du rapport de réduction élevé, du gros diamètre et de la faible vitesse de rotation de l'hélice (380 tr/min), ainsi que de la forme de la coque, similaire à celle d'un voilier.

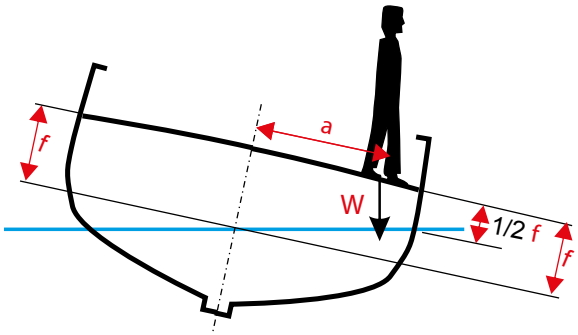
Les essais ont démontré que l'on pouvait économiser 10 à 15% de carburant en plus en utilisant une voile. Mais des problèmes d'interférence de la voile avec le radar ont été notés lors des virements de bord.

Peu de bateaux à voile pour la pêche commerciale

À de nombreuses conférences, la question de la propulsion à la voile des embarcations commerciales a été débattue (voir Ouvrages supplémentaires, page 42). Malheureusement, dans la pratique, l'utilisation d'une voile dans la pêche commerciale semble rare. Avec la hausse des prix du carburant, on note un regain d'intérêt pour les gréements à voile dans les pays où les prix du carburant sont élevés alors que ceux du poisson sont relativement faibles.

Conclusions des essais de voiles

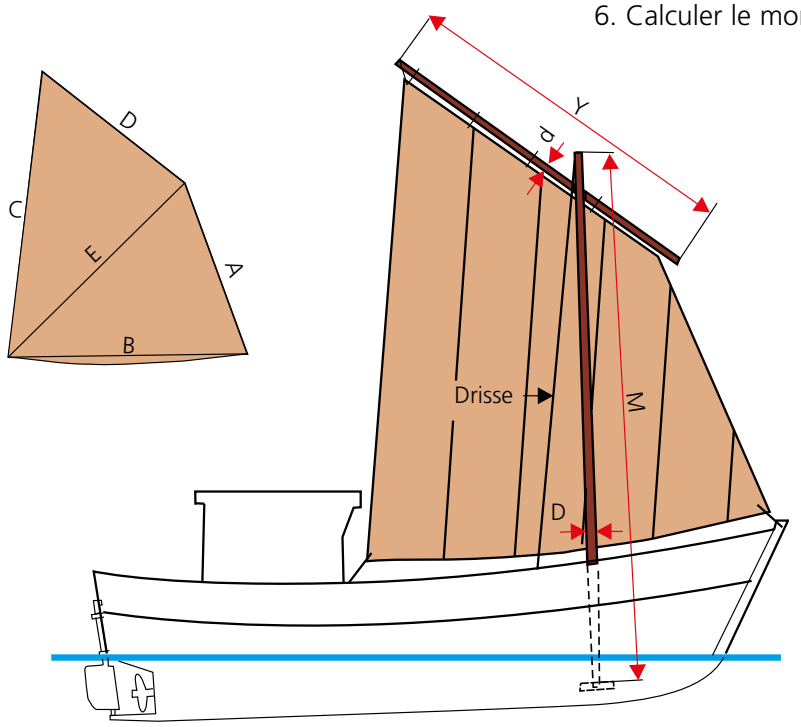
Les solutions qui offrent le plus de potentiel pour économiser le carburant consistent à avoir un moteur peu puissant, un rapport de réduction élevé, une grosse hélice et une forme de coque offrant peu de résistance. Les voiles sont importantes pour la sécurité en cas de panne du moteur. Un gréement simple et peu coûteux, qui ne gêne pas les opérations de pêche, est suffisant et peut réduire un peu la consommation de carburant, par vent de travers ou vent arrière. Il n'est pas nécessaire d'avoir des gréements modernes et coûteux pour remonter contre le vent.



La stabilité d'un bateau ponté doit être vérifiée avant de monter une voile

Avant de monter une voile sur un bateau de pêche, il faut vérifier la stabilité du bateau. Une voile trop grande peut le faire chavirer. Le test suivant donne une indication de la surface maximale que doit avoir la voile. Cette surface est adaptée jusqu'à une vitesse du vent de 15 nœuds (7,5 m/s).

1. Mesurer le franc-bord f minimum à partir du milieu du bateau, quand la cale à poisson est vide
2. Faire une marque sur le côté à ½ f.
3. Demandez à plusieurs personnes de se tenir debout, à partir du milieu du navire le long de la rambarde jusqu'à ce qu'il soit incliné jusqu'à la marque ½ f.
4. Peser les personnes sur une balance. Total = W (kg).
5. Mesurer la distance a (m).
6. Calculer le moment de redressement (RM):



RM = W x a (kg/m)

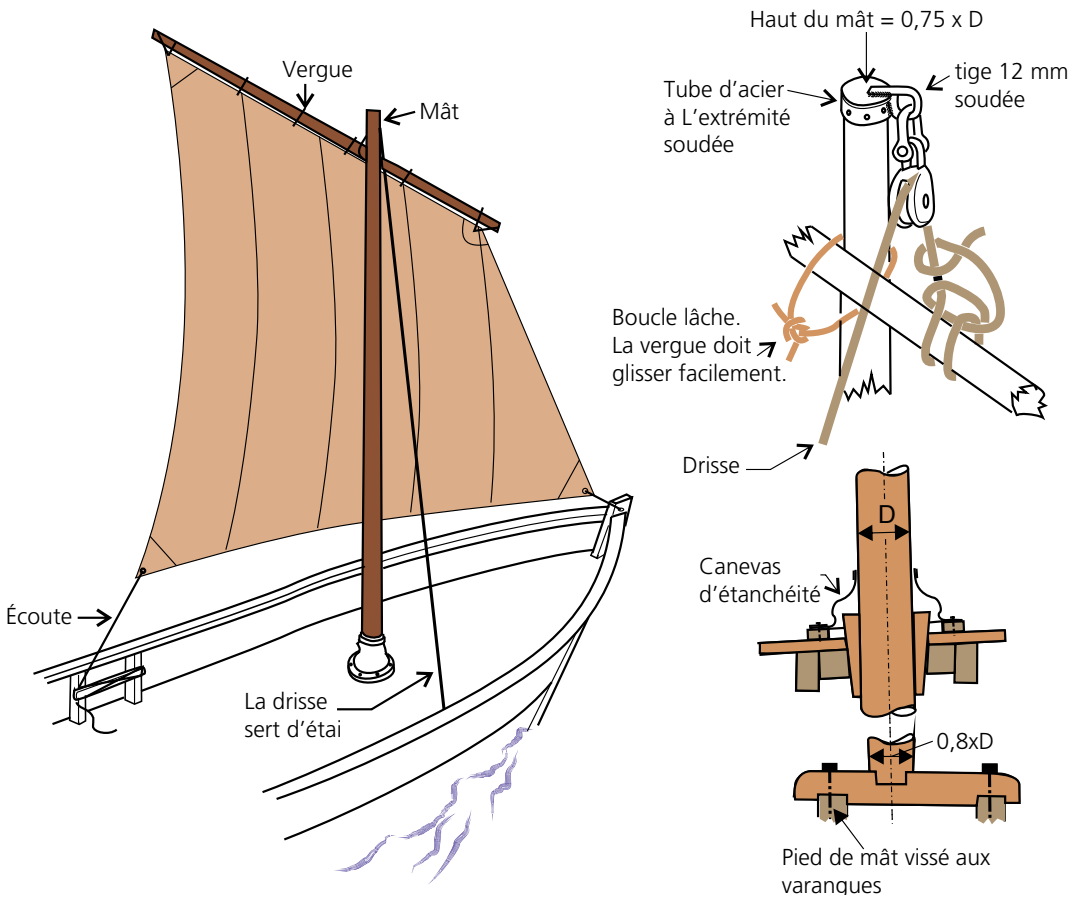
RM kg/m	Voilure m²
310	15
470	20
650	25
880	30

Le mât est fabriqué avec le bois d'un arbre approprié. Il est aminci à 0,7 x D au sommet.

Voilure m²	Dimension de la voile (m)				
	A	B	C	D	E
15	3,4	4,5	5,5	3,3	4,8
20	4,0	5,2	6,3	3,8	5,5
25	4,4	5,8	7,1	4,4	6,1
30	4,8	6,4	7,8	4,9	6,5

Voilure m²	Mât		Vergue		Drisse		Écoute	
	D mm	M m	d mm	Y m	Diam. mm	Long. m	Diam. mm	Long. m
15	105	6,4	60	3,6	10	13	10	12
20	120	7,0	65	4,1	12	15	10	14
25	130	7,7	70	4,7	12	16	10	15
30	140	8,4	75	5,2	12	16	12	17

Avec ce gréement, la drisse sert d'étai



Quand la voile n'est pas utilisée, les opérations de pêche ne sont pas gênées par des haubans.

Les pirogues à balancier se prêtent très bien à la navigation à la voile

La pirogue à balancier simple KIR-8, de 7,1m a été conçue par la FAO d'après le type traditionnel de pirogue. Le déplacement de service est de 600kg. Cette pirogue a un gréement de houari, avec une voilure totale de 15 m². Elle est équipée d'un moteur hors-bord de 2-4 cv, pour les jours où il n'y a pas de vent. Elle est surtout utilisée pour la pêche aux lignes à main ou à la traîne (thon).

La pirogue à double balancier SOI-2A de 7,8 m a été conçue par la FAO pour les pêcheurs des Îles Salomon. Le déplacement de service est de 900kg. Cette pirogue a un gréement houari, avec une voilure totale de 19 m². Elle est équipée d'un moteur hors-bord de 4 cv, marchant à une vitesse de 6,5 nœuds, par mer calme. Elle est surtout utilisée pour la pêche aux lignes à main ou à la traîne (thon).

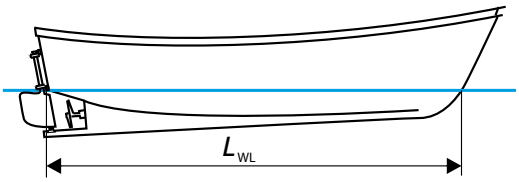
La «soif de vitesse» existe partout

Le choix d'un moteur est souvent irrationnel. Un moteur rapide donne du prestige. Lorsqu'ils changent de moteur, la plupart des pêcheurs en choisissent un plus gros pour aller un peu plus vite que les autres. La tendance à l'escalade est manifeste dans ce domaine. Les bateaux de pêche sont équipés de moteurs beaucoup plus puissants aujourd'hui que lorsqu'ils ont commencé à être motorisés. La dépense supplémentaire à engager pour avoir un moteur plus grand se justifie uniquement si les poissons se vendent plus cher et si les dépenses en carburant diminuent.

Cette course au bateau le plus rapide à laquelle se livrent les pêcheurs a conduit à une «surmotorisation» de la flotte. Compte tenu des prix actuels du carburant, les premiers perdants dans ce jeu sont les pêcheurs.

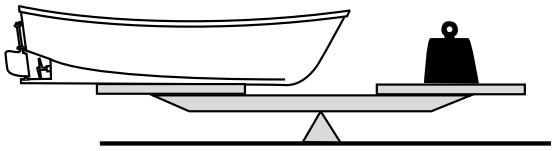
Les recommandations figurant dans ce manuel ont pour objet d'aider les pêcheurs à réduire leur consommation de carburant, tout en maintenant leurs niveaux de capture. Cela suppose d'une manière générale qu'ils installent des moteurs plus petits sur leurs bateaux. Ils doivent changer d'état d'esprit et viser toujours plus petit au lieu de viser toujours plus grand. De nombreux pêcheurs ont du mal à accepter cela, bien que tous les arguments rationnels plaident pour la réduction de la consommation de carburant.

La puissance du moteur d'un bateau conduit à la vitesse de déplacement dépend de plusieurs facteurs



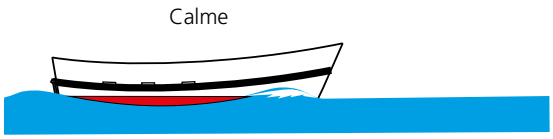
1. Longueur à la flottaison L_{WL}

Le tableau 1 de la p.12 montre la vitesse de service recommandée pour économiser le carburant, pour des bateaux de différentes longueurs à la flottaison.



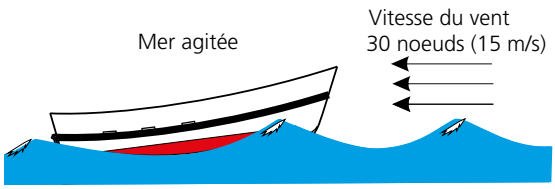
2. Poids du bateau avec charge déplacement de service

Le déplacement de service est le poids du bateau avec une cargaison moyenne, généralement une cale à poisson à moitié pleine, exprimée en tonnes:
1 t = 1 000 kg
Ce niveau est proche de 1 tonne forte = 1 016 kg.
Pour le calcul du déplacement de service, se reporter à l'Annexe 5.



3. Les conditions météorologiques

Par mer calme et sans vent, il faut moins de puissance que quand la mer est agitée avec un vent fort. Le moteur du bateau doit être assez puissant pour pouvoir le diriger et lui permettre d'avancer à vitesse réduite dans des conditions difficiles.



Conditions de service

Les conditions météorologiques moyennes se situent à un point entre calme et agité. En outre, il peut y avoir des salissures sur la partie immergée de la coque. Le bateau doit pouvoir maintenir sa vitesse de service dans des conditions météorologiques moyennes.

Le *SILVER FISH* (voir page 10) offre un exemple de la puissance nécessaire dans diverses conditions

Temps calme

Avec une longueur à la flottaison de 8 m et un déplacement de service de 5 tonnes, il suffit d'un moteur de 7 cv pour atteindre une vitesse de 6 nœuds, par temps calme, sans vagues ni vent, si le fond de la coque est propre.

Mauvais temps

L'augmentation de la résistance de vague est à son maximum quand les vagues ont à peu près la même longueur que le bateau. Pour calculer la résistance au vent, on se fonde sur la surface frontale du bateau affrontant un vent de trente nœuds (15 m/s). On notera plus loin que le supplément de puissance nécessaire par gros temps varie de 10 cv à une vitesse de 5 nœuds, à 15 cv à une vitesse de 7,5 nœuds. Le calcul de la résistance ajoutée par gros temps se fait selon la méthode décrite dans Larsson and Eliasson (1994).

Conditions de service

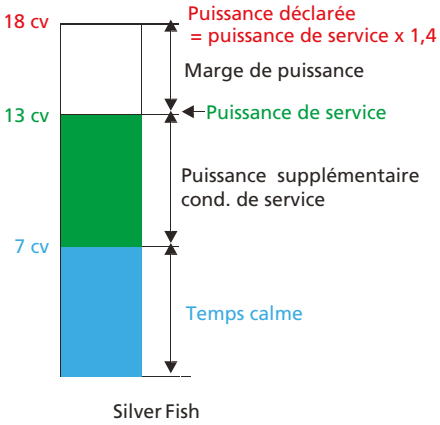
Les conditions de service «normales» ne sont ni celles qui se vérifient avec un temps calme et une coque propre, ni celles qui se vérifient par gros temps avec des vents de 30 nœuds, une mer agitée, et une coque sale. Comme elles ne se situent pas toujours au même point entre ces deux extrêmes, on part du principe qu'elles se situent à mi-chemin en moyenne entre le temps calme et le mauvais temps.
Le graphique ci-dessous montre la puissance que doit avoir le bateau de pêche Silver Fish, par temps calme, par mauvais temps et dans les conditions de service. À une vitesse économe en carburant de 6 nœuds, il faut une puissance de service de 13 cv, soit presque le double de la puissance nécessaire par temps et mer calme. Par gros temps, le bateau pourra avancer à une vitesse proche de 5 nœuds, avec une puissance de service de 13 cv.

Marge de la puissance déclarée du moteur

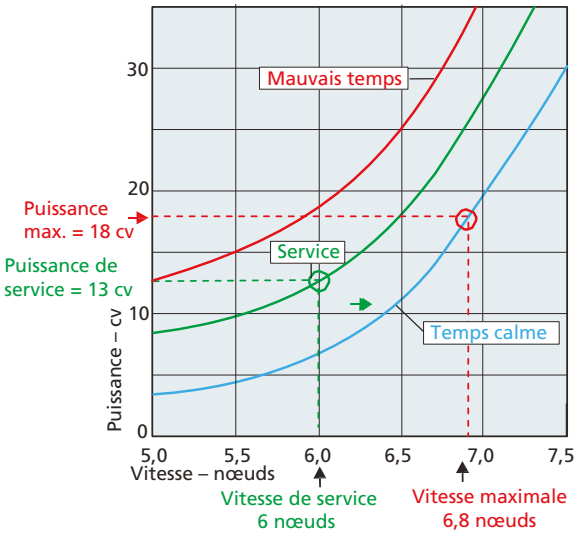
La puissance déclarée du moteur est indiquée dans le livret fourni pas le fabricant. Des informations détaillées sur cette puissance sont données plus bas. La puissance déclarée doit correspondre à une utilisation continue. C'est la puissance que peut produire un moteur pendant plusieurs jours sans interruption sans être surchargé. Dans les zones tropicales où les températures et l'humidité sont élevées, le moteur développe une puissance inférieure d'environ 6% à celle indiquée dans le livret du fabricant. Pour éviter la surcharge du moteur, il faut prévoir une marge au-dessus de la puissance de service. Cette marge est estimée à 40% de la puissance de service, soit 5 cv pour le Silver Fish.

Puissance déclarée du moteur

La puissance de service du moteur du Silver Fish est de 13 cv. La puissance minimale déclarée du moteur devrait être de: 13 cv x 1,4 = 18 cv. Le ratio entre la puissance moteur et le poids du bateau est donc de 18/5 = 3,6 cv/tonne. Avec cette puissance, le moteur produira une vitesse maximale de 6,8 nœuds par temps calme.



Silver Fish
Puissance à une vitesse de service de 6 nœuds



La puissance de service et la puissance maximale du moteur recommandées en fonction des longueurs à la flottaison et des déplacements de service sont indiquées à la page suivante.

La puissance du moteur et la vitesse des bateaux de pêche (hors chalutage) dépendent de la longueur à la flottaison et du déplacement de service (½ charge) du bateau.

Pour les chalutiers, la puissance du moteur est déterminée par la taille du chalut et la vitesse de chalutage. Pour une estimation du déplacement de service, se référer à l'Annexe 5.

On suppose que les bateaux ont une forme et des proportions adaptées, comme indiqué pages 35–37.

Puissance de service: Puissance de l'arbre de l'hélice permettant d'atteindre la vitesse de service dans des conditions météorologiques moyennes avec des vagues et du vent, et avec quelques salissures sur la coque.

Puissance déclarée de l'arbre d'hélice: Puissance du moteur, en utilisation continue, déclarée par le fabricant selon la norme ISO 8665. Si la puissance au vilebrequin est indiquée, on la multiplie par 0,96 pour obtenir la puissance de l'arbre d'hélice.

Puissance déclarée = 1,4 x puissance de service, ce qui donne une marge de puissance suffisante, en supposant qu'il y ait une perte de puissance de 6% due à l'humidité et aux températures élevées dans les zones tropicales. Dans les zones tempérées, la puissance déclarée peut être réduite de 6%.

Vitesse de service: vitesse économe en carburant = 2,1 x $\sqrt{\text{longueur à la flottaison (m)}}$ noeuds (Tableau 1, p.12).

Vitesse maximale: Vitesse à la puissance maximale, sans vent ni vague et avec le fond de la coque propre. Vitesse maximale approximative = 2,4 x $\sqrt{\text{longueur à la flottaison (m)}}$ noeuds

L'hélice doit être conçue pour une puissance de service et une vitesse de service déterminées. On suppose que l'efficacité de l'hélice est de l'ordre de 50%. Voir l'Annexe 7, pour plus d'informations sur les hélices adaptées aux diverses puissances de moteur et vitesses de rotation de l'hélice (en tr/min).

TABLEAU 2

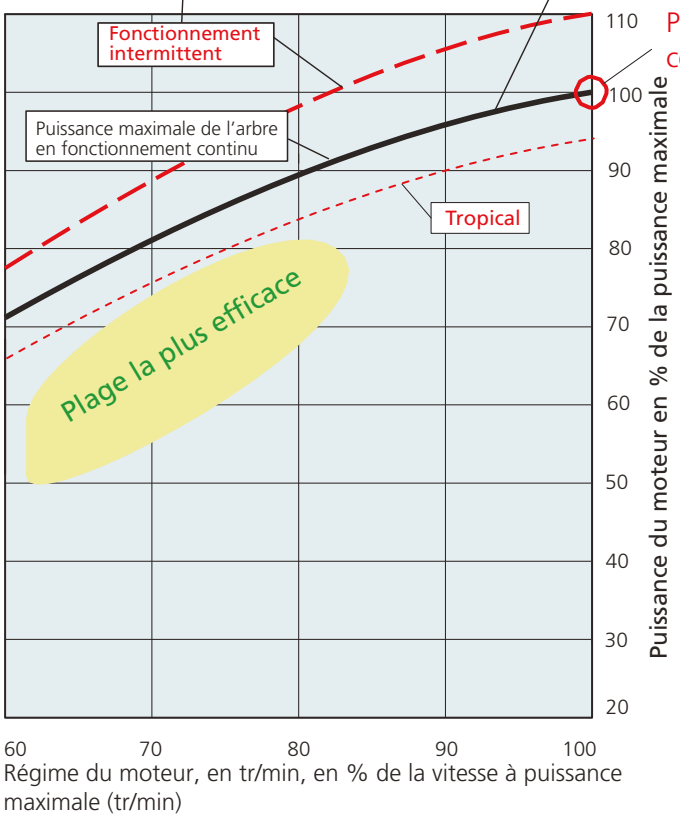
Puissance et vitesses requises pour les bateaux de diverses longueurs à la flottaiso

Longueur à la flottaison L_{wl}		Déplacement de service	Puissance de service	Puissance déclarée de l'arbre – utilisation continue	Vitesse de service	Vitesse max
m	pieds	t	cv	cv	Noeuds	Noeuds
5	16,4	0,5	2	3	4,7	5,4
		1,0	2,5	4		
		1,5	3	5		
6	19,5	1	3	5	5,1	5,9
		2	5	7		
		3	6	8		
7	23	2	6	8	5,6	6,3
		3	7	10		
		4	8,5	12		
		5	10	14		
8	26	3	9	13	6,0	6,8
		4	10	14		
		5	13	18		
		6	15	21		
9	30	4	13	18	6,3	7,2
		6	16	22		
		8	18	25		
		10	21	29		
10	33	6	18	25	6,6	7,6
		8	21	29		
		10	24	34		
		12	27	38		
12	39	10	32	45	7,3	8,3
		15	40	56		
		20	47	66		
		25	56	78		
14	46	15	49	69	7,9	9,0
		20	59	83		
		30	75	105		
		40	91	127		
16	52	20	72	101	8,4	9,6
		30	92	129		
		40	107	150		
		50	124	174		

Le livret du constructeur du moteur contient des informations utiles

Ne tenez pas compte de la courbe de fonctionnement intermittent. Le moteur ne peut produire cette puissance que pendant peu de temps.

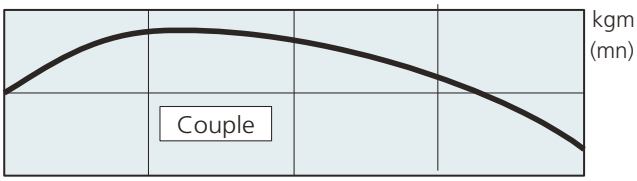
Le fonctionnement continu devrait correspondre à la puissance à l'arbre d'hélice définie conformément à une norme internationale, telle que ISO 8665. Si le livret indique la puissance au vilebrequin, réduire la puissance de 4% pour tenir compte de la perte qui se produit dans le réducteur. La puissance en service continu est celle que le moteur peut produire pendant plusieurs jours sans être endommagé. C'est la courbe de la puissance qui doit être prise en considération !



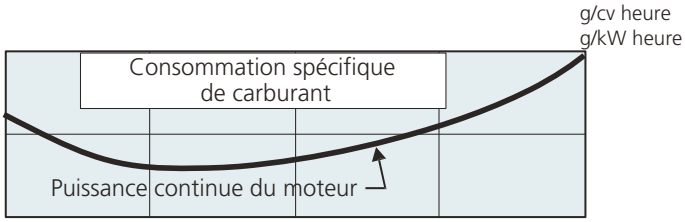
Puissance maximale continue déclarée

Dans les régions tropicales où la température et l'humidité sont élevées, le moteur ne développera pas toute sa puissance. Une décote de 6% est conseillée. Vous ne trouverez pas de courbe de puissance «tropicale» dans le livret.

Le graphique qui donne la consommation spécifique de carburant à des puissances et à des régimes (en tr/min) différents est le meilleur indicateur de la plage la plus efficace du fonctionnement du moteur. Malheureusement, il est rarement fourni par les constructeurs, de sorte que l'on doit se baser sur le couple et sur des courbes de la consommation spécifique de carburant pour obtenir une estimation de la plage la plus efficace.



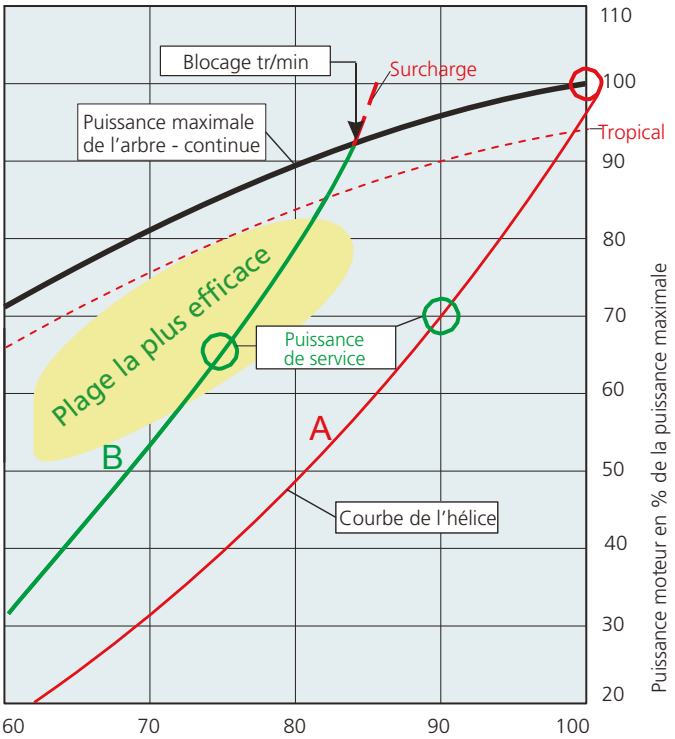
Le couple est la force qui fait tourner l'hélice. Notons que le couple est à son maximum à environ 70% du régime maximal en tours minutes, et qu'au-delà, il diminue.



Attention: Au lieu de présenter la courbe de la consommation spécifique de carburant rapportée à la courbe de puissance, certains constructeurs préfèrent montrer la consommation spécifique de carburant rapportée à la courbe de l'hélice; or cette courbe ne permet pas de voir quand le rendement énergétique du moteur est optimal.

La consommation spécifique de carburant se réfère à la courbe de puissance continue du moteur C'est une courbe importante. Elle montre quand l'efficacité énergétique du moteur est à son maximum. Pour réduire au minimum la consommation, vous devez conduire votre moteur de façon à ce qu'il tourne à environ 70% de son régime maximal (zone inférieure de la courbe). Remarque: quand le couple est à son maximum, la consommation spécifique de carburant est réduite au minimum.

Les hélices ont une influence sur la consommation de carburant



Hélice B

L'hélice B a un diamètre et un pas plus grands que l'hélice A. La courbe de l'hélice passe plus près de la plage de la consommation spécifique minimale de carburant. À puissance égale, le moteur consommerait 6-7% de carburant en moins avec l'hélice B qu'avec l'hélice A. Si les deux hélices ont le même rapport de réduction, l'hélice B qui est plus grande et qui tourne plus lentement consommera 5 à 6% de carburant de moins que l'hélice A car elle est plus efficace. L'économie totale de carburant, par rapport à l'hélice A est de l'ordre de 12–15%.

Dans les conditions de service, l'hélice B libère 65% de sa puissance à 75% du régime maximal. Elle développera la même puissance effective que l'hélice A à 70% de sa puissance.

Le moteur équipé de l'hélice B devrait avoir une durée de vie utile plus longue que celui doté de l'hélice A car il tourne plus lentement.

Hélice A

La courbe rouge du graphique ci-dessus est celle de l'hélice A, que montrent souvent les constructeurs de moteurs et qui développe une puissance maximale à la vitesse de rotation maximale. Avec l'hélice A, il n'y a pas de surcharge du moteur, car un modérateur de vitesse l'empêche de dépasser la vitesse de rotation maximale.

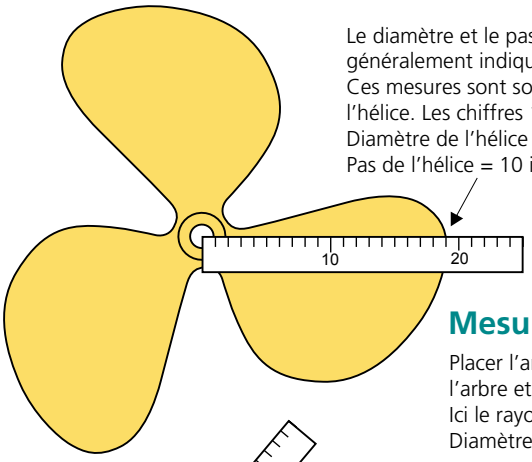
Avec la marge de puissance indiquée plus haut, la puissance de service devrait correspondre à 90% du régime maximal du moteur; elle devrait donc être égale à environ 70% de la puissance maximale déclarée.

La courbe de l'hélice ne passe pas dans la plage de la consommation spécifique minimale de carburant.

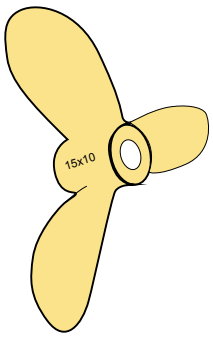
AVERTISSEMENT

Avec l'hélice B, le moteur serait surchargé s'il n'y avait pas de dispositif pour l'empêcher de tourner trop vite. Un blocage à environ 85% de la vitesse de rotation maximale est indispensable pour éviter de l'endommager.

Placer l'hélice sur une table, avec la face plate (face arrière) vers le haut.



Le diamètre et le pas de l'hélice sont généralement indiqués en pouces (in). Ces mesures sont souvent imprimées sur l'hélice. Les chiffres 15x10 ci-contre signifient
Diamètre de l'hélice = 15 in
Pas de l'hélice = 10 in



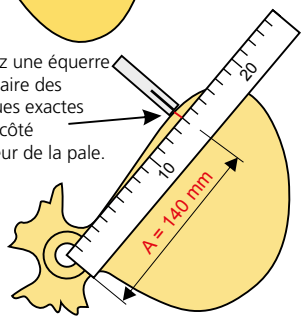
Mesurer le diamètre de l'hélice

Placer l'angle d'une règle exactement au centre de l'orifice de l'arbre et mesurez jusqu'au point le plus large de l'hélice.
Ici le rayon = 190 mm
Diamètre = 2 x 190 = 380 mm

$$\frac{380}{25.4} = 15 \text{ in}$$

Avec une règle en pouces, mesurer le rayon et multiplier par 2.

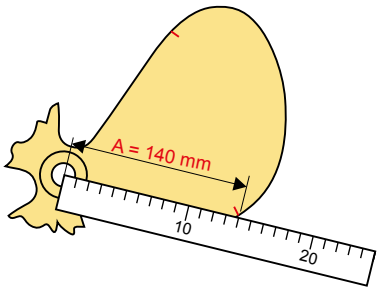
Utilisez une équerre pour faire des marques exactes sur le côté inférieur de la pale.



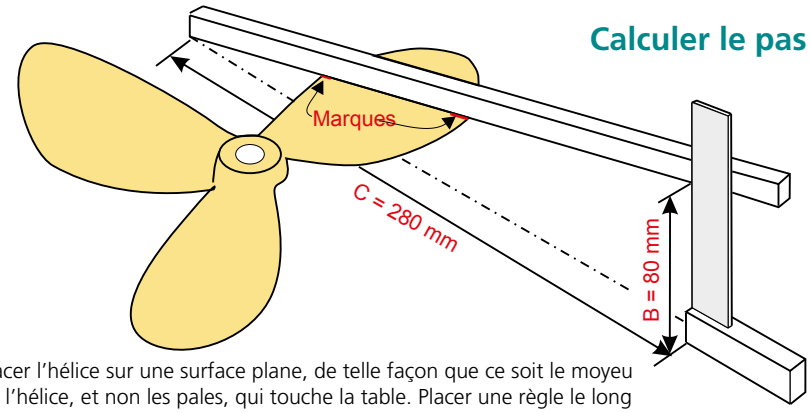
Faire des marques pour mesurer le pas

Le pas de l'hélice est une mesure de la vitesse à laquelle avance l'hélice lorsqu'elle fait un tour (en milieu solide).

1. Placer une règle avec le 0 au centre de l'orifice de l'arbre. Mesurer la distance jusqu'à approximativement la partie la plus large de la pale. Choisissez un chiffre rond, dans notre cas 140 mm. Faire une marque au crayon feutre à l'angle de l'hélice.
2. Répéter l'opération sur l'autre côté de la pale et faire une marque à 140 mm.



Calculer le pas



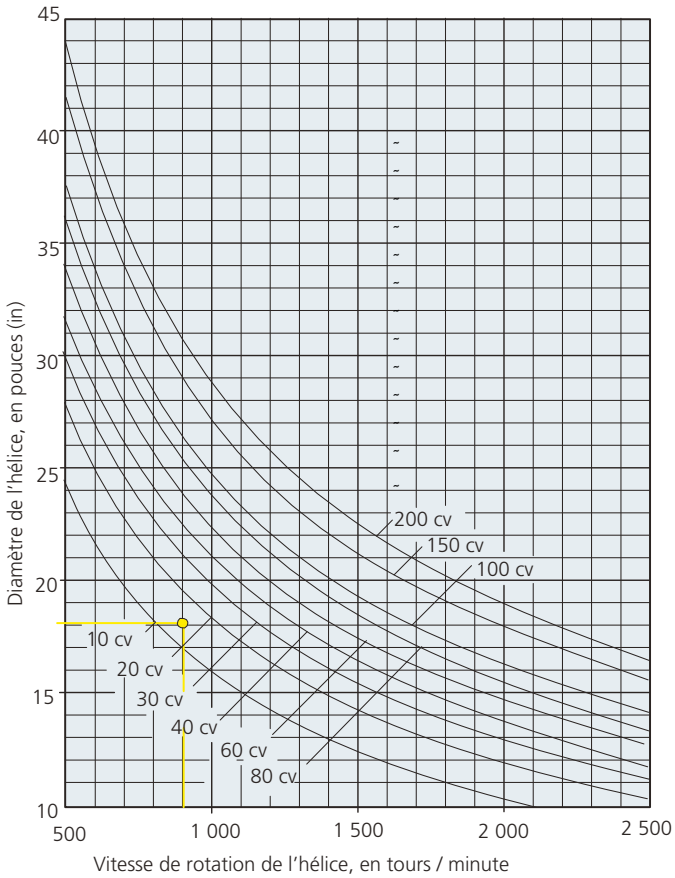
Placer l'hélice sur une surface plane, de telle façon que ce soit le moyeu de l'hélice, et non les pales, qui touche la table. Placer une règle le long des deux marques faites sur l'hélice, en veillant à ce que le coin de la règle touche la table. Placer une équerre à un point quelconque de la longueur de la règle et mesurer les distances B et C. Calculer le pas:

Si les mesures A, B et C sont données en pouces (in) la formule de calcul du pas est la suivante:

$$\text{PAS} = \frac{A \times B \times 6.3}{C}$$

$$\text{PAS} = \frac{A \times B}{4 \times C} = \frac{140 \times 80}{4 \times 280} = 10 \text{ in}$$

NOTE: A, B et C doivent être en mm



Ce diagramme est utile pour estimer le diamètre de l'hélice

Au stade de la conception du bateau, il peut être utile d'estimer le diamètre de l'hélice, à l'aide du graphique de gauche.

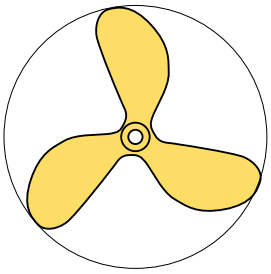
Le graphique peut indiquer l'espace nécessaire pour loger l'hélice dans l'arrière-coque, en fonction du rapport de réduction qui détermine la vitesse de rotation de l'hélice (en tr/min).

À un stade ultérieur il faudra cependant faire un calcul exact du diamètre et du pas de l'hélice en suivant les indications des Annexes 6 et 7.

L'exemple figurant sur ce diagramme se fonde sur les données suivantes:
Puissance de service = 13 cv
Vitesse de rotation de l'hélice = 900 tr/min

1. Sur l'axe des abscisses, trouver le point correspondant à 900 tr/min.
2. Poursuivez verticalement jusqu'à ce que vous rencontriez la courbe correspondant à 13 cv.
3. Poursuivez horizontalement vers la gauche pour trouver le diamètre de l'hélice = 18 in.

Faible vitesse de rotation = hélice de grand diamètre = efficacité maximale

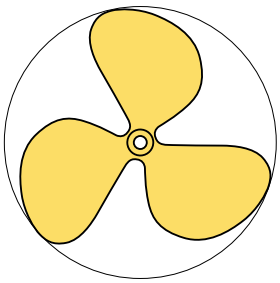


Taux de surface des pales = 0,30

Choix du nombre de pales

Les bateaux de pêche avançant à une vitesse de service inférieure à 10 nœuds ont le plus souvent des hélices à trois pales. C'est la solution la plus économique.

On utilise une hélice à 4 pales en cas de vibrations dans la coque dues au fonctionnement de l'hélice ou quand le bateau tracte un chalut avec une hélice fortement chargée, ce qui peut être une cause de cavitation (surface de l'hélice endommagée sur les extrémités des pales).



Taux de surface des pales = 0,50

Choix du taux de surface des pales

Le taux de surface (ou coefficient de remplissage) des pales est:

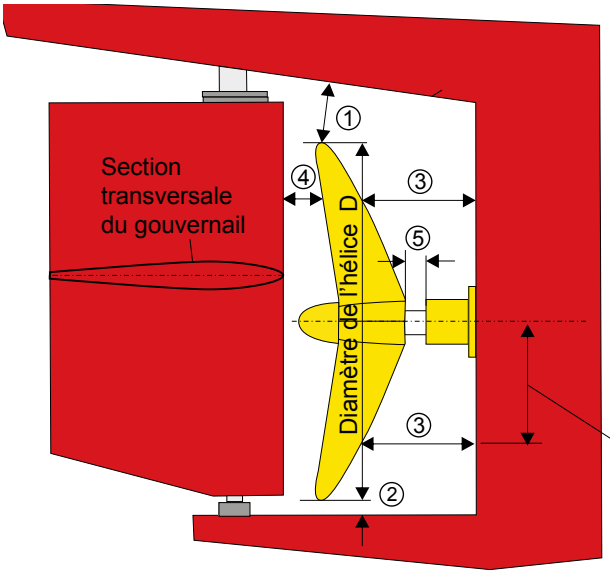
$$\frac{\text{La surface des pales, vue comme ci-contre}}{\text{La surface d'un disque de même diamètre que l'hélice}}$$

Pour les bateaux de pêche qui ne sont pas utilisés pour le chalutage, les taux de surface des pales sont compris entre 0,30 et 0,50.
Sur les chalutiers, les taux de surface des pales doivent être au minimum de 0,50 pour éviter la cavitation.

La forme du talon d'étambot et les dégagements entre l'hélice et le talon d'étambot ont une incidence sur le rendement de l'hélice

La forme du talon d'étambot ci-contre créera d'abondants remous dans l'hélice. Les espaces libres entre l'hélice, le talon d'étambot et la coque sont très réduits. Le talon d'étambot n'est pas caréné. Tous ces facteurs nuisent au rendement de l'hélice.

Le joint d'articulation pointu entre la coque et le demi tunnel créera d'abondants remous dans l'hélice. Le talon d'étambot devant l'hélice est très large.



Dégagements minimums de l'hélice

D = diamètre de l'hélice

① 0,17 x D

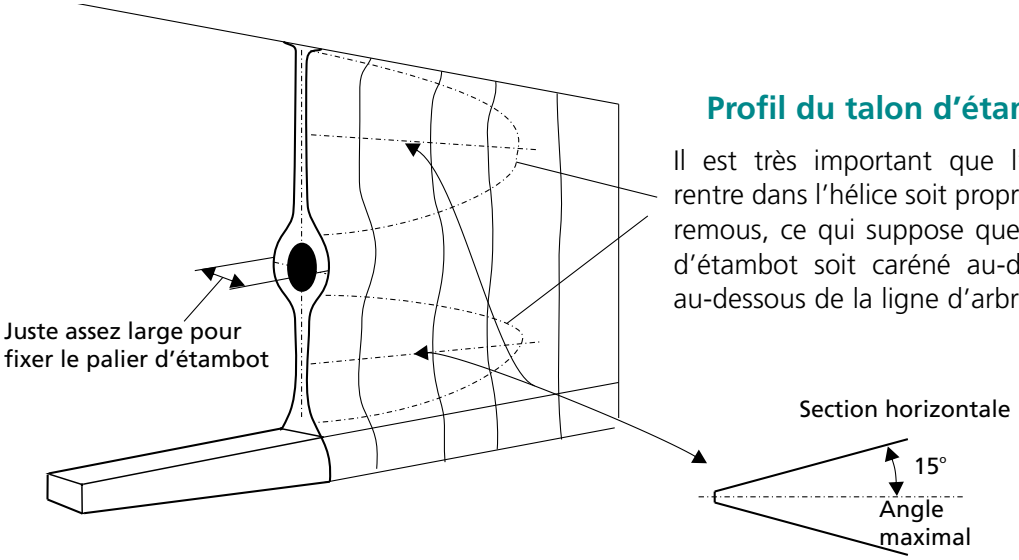
② 0,05 x D

③ 0,27 x D

④ 0,1 x D

⑤ Longueur maximale d'arbre nu: 2 x diamètre de l'arbre

Mesuré à 0,7 x rayon de l'hélice

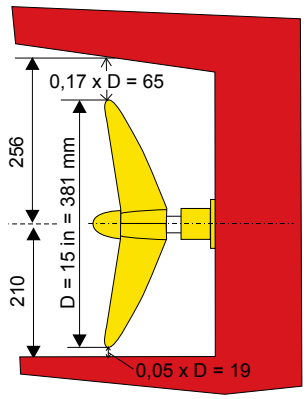


Profil du talon d'étambot

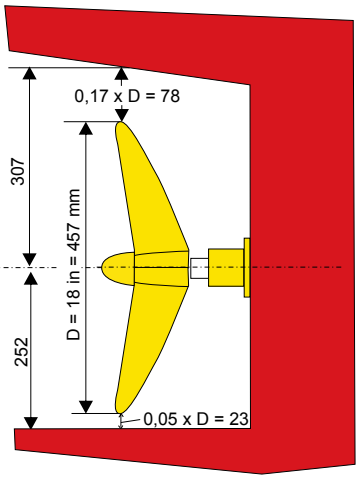
Il est très important que l'eau qui rentre dans l'hélice soit propre et sans remous, ce qui suppose que le talon d'étambot soit caréné au-dessus et au-dessous de la ligne d'arbre.

ROTATION LENTE DE L'HÉLICE = GRANDE HÉLICE = ÉCONOMIE DE CARBURANT

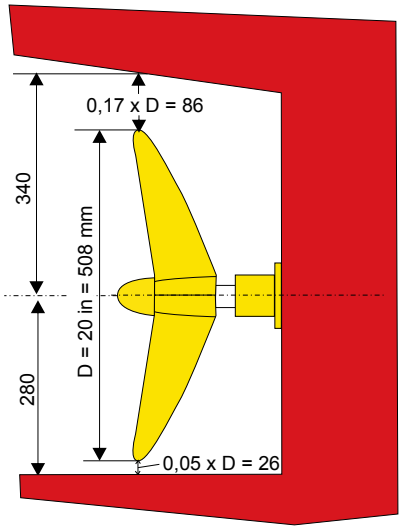
SOLUTION 1



SOLUTION 2



SOLUTION 3



Le choix de trois tailles d'hélices différentes sur le *SILVER FISH* (page 10) montre comment la consommation de carburant peut varier:

Le *SILVER FISH* a une longueur à la flottaison de 8 m et un déplacement de service de 5 tonnes.

Selon le Tableau 2 de la page 28, un moteur d'une puissance déclarée de 18 cv en service continu est suffisante pour permettre à ce bateau d'avancer à une vitesse de service de 6 nœuds, avec une puissance de service de 13 cv.

Le choix se porte sur un moteur développant une puissance de 18 cv en service continu, à 3 000 tours/minute.

L'Annexe 6 présente les calculs relatifs aux trois hélices. Les trois hélices développent la même puissance effective = 6,1 cv, qui permet au bateau d'avancer à 6 nœuds.

Pour une explication des différences entres les hélices A et B, se reporter à la page 30.

Les dégagements minimaux de l'hélice sont conformes aux indications de la page 33.

Solution 1

Rapport de réduction = 2:1 et hélice A
Puissance moteur = 13 cv
Régime moteur = 2 700 tr/min
Vitesse rotation hélice = 1 350 tr/min
Puissance effective de l'hélice = 6,1 cv
Économie de carburant = 0

Solution 2

Rapport de réduction = 3:1 et hélice A
Puissance moteur = 11,3 cv
Régime moteur = 2 700 tr/min
Vitesse rotation hélice = 900 tr/min
Puissance effective de l'hélice = 6,1 cv

Économie de carburant: $\frac{(13 - 11{,}3) \times 100}{13} = 13\%$

Solution 3

Rapport de réduction = 3:1 et hélice B
Puissance moteur = 10,9 cv
Régime moteur = 2 250 tr/min
Vitesse rotation hélice = 750 tr/min
Puissance effective de l'hélice = 6,1 cv

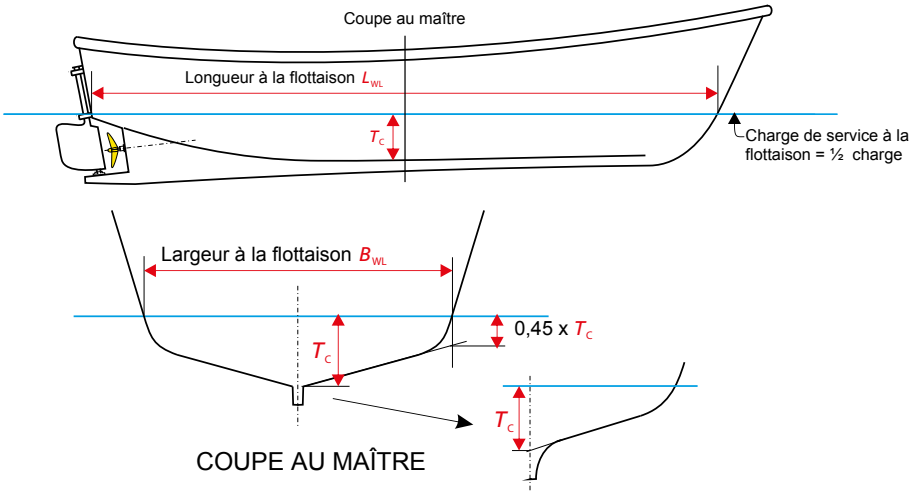
Économie de carburant: $\frac{(13 - 10{,}9) \times 100}{13} = 16\%$

Comme le moteur fonctionne plus près de la plage optimale où la consommation spécifique de carburant est la plus faible, cette hélice permet d'obtenir une économie supplémentaire de carburant de 6%.
Économie totale de carburant = 22%

Construire un nouveau bateau?
Prévoyez un espace suffisant pour y loger une hélice efficace!

On peut s'aider du tableau ci-dessous pour choisir la puissance et les principales dimensions d'un navire économe en carburant, sur la base du déplacement de service. Si le coût de la construction est raisonnable, on peut augmenter la longueur tout en conservant la même largeur et la même hauteur, pour obtenir des économies supplémentaires.

Déplacement ½ charge tonne	Puissance déclarée à l'arbre d'hélice	Vitesse de service	Vitesse maximale	Longueur à la flottaison L_{wl}	Largeur à la flottaison B_{wl}	Tirant d'eau sur quille T_c
	cv	nœuds	nœuds	m (pieds)	m (pieds)	m (pieds)
0,5	2	4,0	4,6	3,7 (12)	1,4 (4,6)	0,23 (0,7)
0,75	3	4,4	5,0	4,3 (14)	1,6 (5,2)	0,26 (0,9)
1	4	4,6	5,2	4,7 (15)	1,7 (5,6)	0,30 (1,0)
1,5	5	4,9	5,6	5,4 (18)	2,0 (6,4)	0,34 (1,1)
2	6	5,1	5,8	5,9 (19)	2,1 (6,9)	0,38 (1,3)
3	9	5,4	6,3	6,8 (22)	2,3 (7,7)	0,46 (1,5)
4	13	5,6	6,5	7,4 (24)	2,5 (8,3)	0,51 (1,7)
5	16	6,0	6,8	8,0 (26)	2,7 (8,8)	0,56 (1,8)
6	19	6,1	7,0	8,5 (28)	2,7 (9,0)	0,62 (2,0)
8	26	6,4	7,4	9,4 (31)	2,9 (9,6)	0,70 (2,3)
10	33	6,6	7,6	10,1 (33)	3,1 (10,2)	0,77 (2,5)
12	40	6,9	7,9	10,7 (35)	3,3 (10,8)	0,82 (2,7)
14	48	7,1	8,1	11,3 (37)	3,4 (11,2)	0,88 (2,9)
16	55	7,2	8,2	11,8 (39)	3,5 (11,5)	0,93 (3,0)
18	62	7,3	8,4	12,2 (40)	3,6 (11,8)	0,98 (3,2)
20	69	7,5	8,6	12,7 (42)	3,7 (12,0)	1,03 (3,4)
25	88	7,7	8,9	13,6 (45)	3,9 (12,8)	1,13 (3,7)
30	108	8,0	9,1	14,5 (48)	4,1 (13,4)	1,22 (4,0)
35	127	8,2	9,4	15,2 (50)	4,2 (13,9)	1,30 (4,3)
40	147	8,4	9,6	15,9 (52)	4,4 (14,5)	1,36 (4,5)
45	166	8,5	9,7	16,5 (54)	4,5 (14,9)	1,44 (4,7)
50	187	8,7	9,9	17,1 (56)	4,7 (15,4)	1,49 (4,9)



Le tableau ci-dessus se fonde sur les hypothèses suivantes:

$$\frac{L_{WL}}{\text{Déplacement}^{1/3}} = 4{,}75$$

$$\frac{L_{WL}}{B_{WL}} = 2{,}7 - 3{,}4 \text{ pour les bateaux de moins de } L_{WL} = 12 \text{ m}$$
$$= 3{,}4 - 3{,}7 \text{ pour les bateaux de } L_{WL} = 12 - 18 \text{ m}$$

Coefficient de remplissage coupe au maître:

$C_M = 0{,}72$

$$T_C = \frac{2{,}4 \times \text{déplacement}}{L_{WL} \times B_{WL}}$$

Coefficient prismatique: $C_P = 0{,}58$

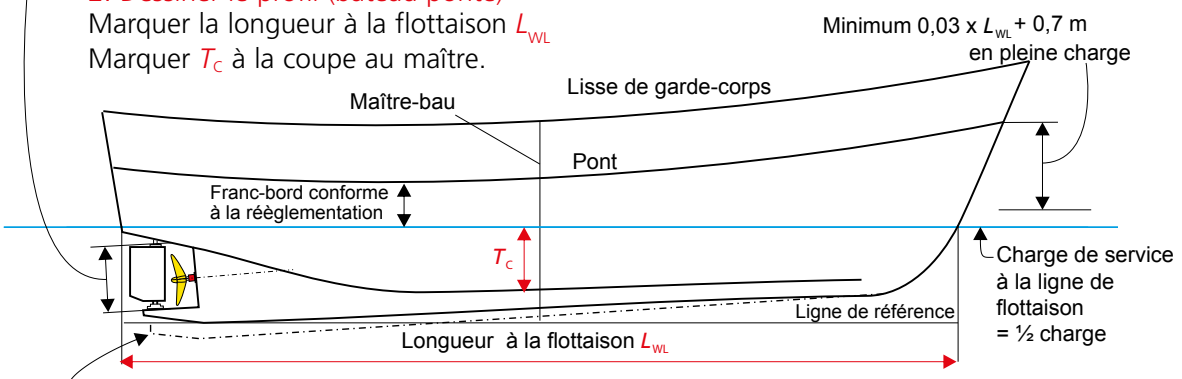
1. Calculer le diamètre de l'hélice et l'espace nécessaire pour la loger

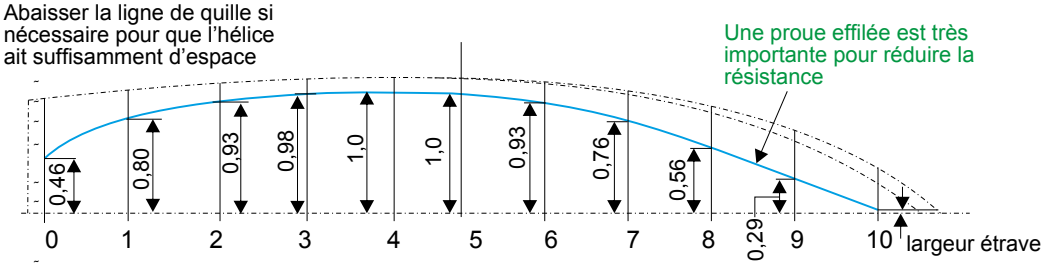
Voir pages 32 et 33. Choisissez entre l'hélice A (90% du régime moteur maximal) ou l'hélice B qui est plus grande et plus efficace (75% du régime moteur maximal). Utilisez la puissance de service indiquée au Tableau 2 de la page 28. Calculer la vitesse de rotation de l'hélice, en nombre de tours/minute, en tenant compte du rapport de réduction du réducteur.

2. Dessiner le profil (bateau ponté)

Marquer la longueur à la flottaison L_{WL}

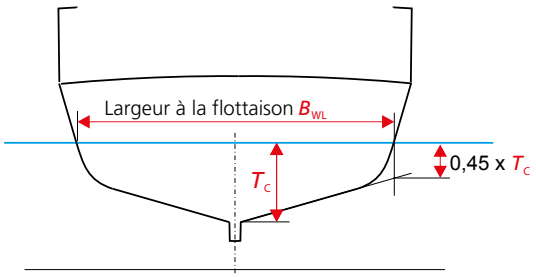
Marquer T_C à la coupe au maître.





3. Dessiner la ligne de flottaison

Diviser la longueur à la flottaison en dix parts égales et multiplier ½ largeur à la flottaison B_{WL} par les coefficients ci-dessus. Vous obtiendrez une étrave effilée, essentielle pour diminuer la résistance.

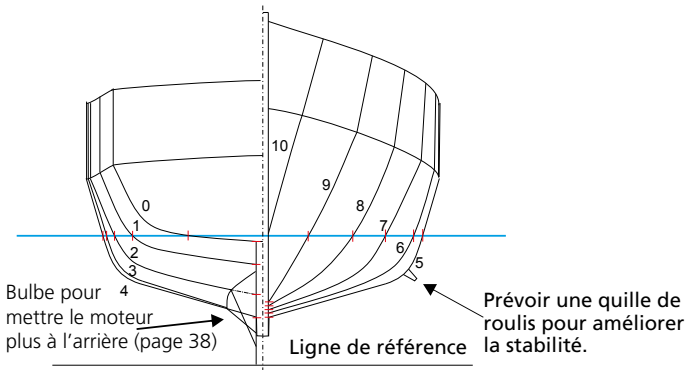


COUPE AU MAÎTRE

4. Dessiner la coupe au maître

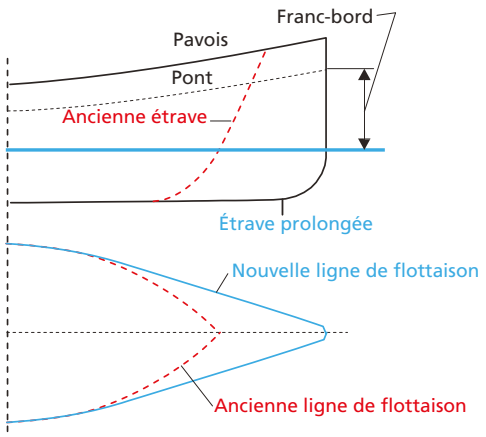
Délimiter la largeur à la flottaison B_{WL} et T_C.

Marquer un point à 0,45 x T_C comme indiqué ci-contre et tracer la ligne de fond. Arrondir l'angle pour avoir un bateau à fond rond ou laisser l'angle de bouchain pour un bateau à fond en V. Les bateaux à fond en V ont une résistance plus élevée mais ils amortissent mieux le roulis.



5. Croquis des sections et profilage des lignes

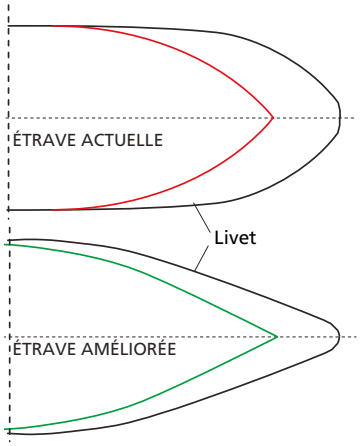
Marquer les largeurs à la flottation et la hauteur de la râblure pour chaque station et faites en un croquis dans les sections. L'avant-coque ne doit pas être trop en V car cela ralentirait le bateau en cas de houle de l'avant.



Une étrave effilée est essentielle pour réduire la consommation de carburant

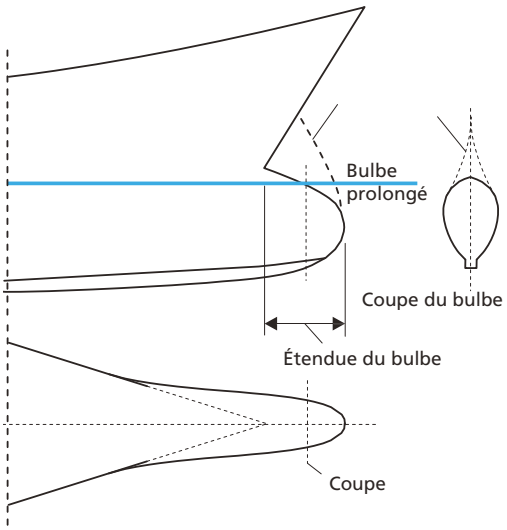
Le projet Oliefiskprosjektet (Nordforsk, 1984) a constaté qu'en prolongeant l'étrave (figure ci-contre) on pouvait réduire la consommation de carburant de 15% à 25% selon la vitesse du bateau. Plus la vitesse est élevée, plus l'économie est importante. Des essais ont aussi démontré que la nouvelle étrave prolongée se comportait mieux dans les vagues. Quand l'ancienne étrave droite fendait une vague, elle rejetait des embruns vers l'avant et sur les côtés; le vent les rabattait sur le bateau, qui était mouillé.

La nouvelle étrave fendait mieux les vagues et ne rejetait pas de grosse vague d'étrave. Toutefois, avec une étrave mince, il faut avoir un franc-bord élevé jusqu'au pont avant, minimum = 0,03 x L_{WL} + 0,7 m , en charge.



Calisal *et al.* ont réalisé en Colombie britannique (Canada) une étude sur la résistance des bateaux de pêche de grande largeur par rapport à la longueur.

Les deux figures de gauche montrent le dessin actuel de l'étrave et les changements à apporter pour diminuer la résistance. L'affinement de l'étrave est essentiel. Elle doit être affinée non seulement au niveau de la ligne de flottaison mais aussi jusqu'au livet. Autre amélioration possible pour réduire la résistance: passer d'une coque à bouchain unique à une coque à double bouchain.



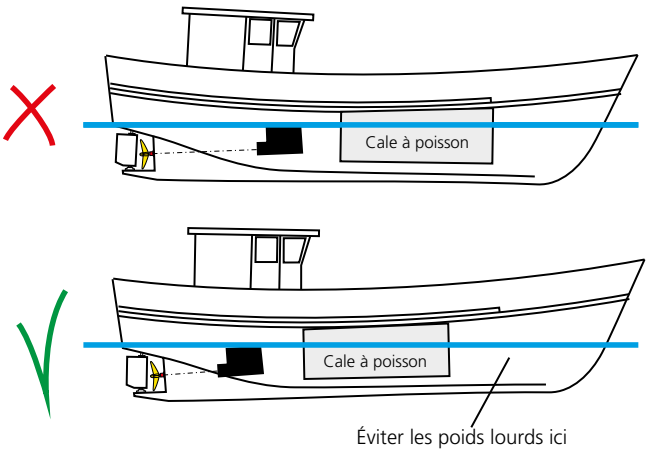
Des bulbes dessinés avec soin réduisent la résistance

S'ils sont bien conçus, les bulbes d'étrave peuvent réduire la résistance de 5% à 10%.

Ils conviennent pour les bateaux en stratifié de verre (FRP), en acier et en aluminium, d'une longueur supérieure à 12 m, avançant à la vitesse de service indiquée au Tableau 2 de la page 28. Avec les bateaux en bois, on obtient le même effet qu'avec un bulbe en allongeant et en effilant l'étrave comme indiqué sur la figure.

Les bulbes atténuent normalement le tangage dans la houle, ce qui peut améliorer le rendement de l'hélice.

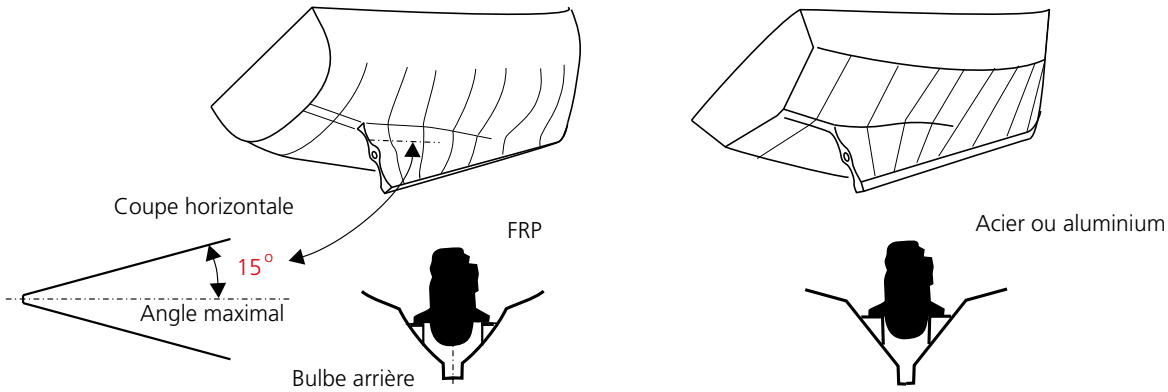
Les bulbes peuvent être endommagés en cas d'échouement ou d'abordage. Il convient donc de les isoler du reste du bateau par une cloison étanche.

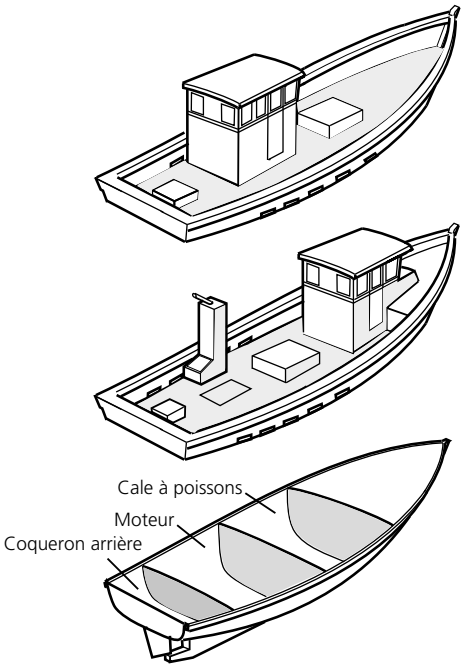


Position de la cale à poissons

Avec la forme classique de l'arrière coque, la position du moteur oblige à placer la cale à poisson trop en avant. Une étrave mince est essentielle pour réduire la puissance mais si la cale à poissons est vers l'avant, le bateau aura une assiette déséquilibrée qui accroît la résistance et peut être dangereuse par mauvais temps car le bateau sera difficile à diriger et le franc-bord sera insuffisant à l'avant.

Pour reculer la cale à poisson, il faut déplacer le moteur vers l'arrière, ce qui suppose de modifier l'arrière-coque.





Position de la timonerie à l'avant ou à l'arrière

Si le moteur est déplacé vers l'arrière, le pont peut être aménagé avec une timonerie à l'avant ou à l'arrière.

Avec la timonerie à l'avant, on accède au compartiment moteur par une écoutille munie d'un surbau, habituellement à bâbord. Le moteur peut être enlevé par une écoutille étanche vissée au niveau du pont.

Les pirogues à balancier et les multicoques ont besoin de moins de puissance, à une vitesse de semi-déplacement

Le bateau de pêche le plus populaire à Sri Lanka est le bateau de 5,8 m (19 pieds) en FRP que l'on voit sur la photo de gauche. Ces bateaux, étaient initialement équipés d'un moteur hors-bord à kérosène de 6 cv, puis d'un moteur de 8 à 12 cv, et maintenant d'un moteur de 25 cv. Des essais ont été menés à bien dans le cadre du Programme de la Baie du Bengale pour comparer les performances d'une pirogue à balancier traditionnelle modernisée, mesurant 8 m de long avec celles d'un bateau en FRP de 5,8 m; les deux bateaux utilisaient le même moteur et avaient la même charge de 400 kg. Le bateau de 5,8 m était exploité au-delà de la plage de vitesse de déplacement et la coque plus longue et plus étroite de la pirogue à balancier a permis une économie de carburant de 25% à 28%. La pirogue a également fait l'objet d'un essai avec un moteur diesel de 8 cv, qui a encore réduit la consommation de carburant à 0,20 litre par mn, soit une économie de 54% par rapport au carburant consommé avec le bateau de 5,8 m.

Type de bateau	Vitesse maximale Moteur hors-bord		Consommation de carburant litre/mn	
	8 cv	12 cv	8 cv	12 cv
Bateau de 5,8 m	6,3 nœuds	7,3 nœuds	0,54	0,75
Pirogue 8,0 m	9,4 nœuds	11,5 nœuds	0,40	0,56

Économies de carburant avec la pirogue à balancier
Moteur 8 cv = 28% et moteur 12 cv = 25%

La FAO a conçu la pirogue à balancier KIR-4 pour Kiribati. Elle mesure 7,2 m (24 pieds) de long et est équipée d'un moteur hors-bord de 9,9 cv. Pour les essais, le bateau était conduit à la vitesse de 11 nœuds, et avait à son bord 3 hommes et des engins de pêche. La consommation de carburant a été de 0,57 litre/mn. Cette pirogue est utilisée pour la pêche à la traîne (thon) et aux lignes à main (poissons de récifs).

La FAO a conçu la pirogue à double balancier INS-2 pour l'Indonésie. Elle mesure 8 m (26 pieds) de long et est équipée d'un moteur diesel in-board de 4,5 cv. Pour les essais, le bateau était conduit à la vitesse de 7 nœuds, avec une charge de deux hommes et de 150 kg. La consommation de carburant a été de 0,15 litre/mn. Une pirogue similaire, le INS-3, mais plus longue, de 9,7 m (32 pieds), a été équipée d'un moteur diesel de 6 cv.

La FAO a conçu le catamaran (Alia) de 8,9 m (29 pieds) pour les Samoa occidentales. Pour pêcher le thon à la traîne, le bateau doit avancer à une vitesse de semi-planage. Pour les essais, le bateau était équipé d'un moteur hors-bord de 25 cv, conduit à la vitesse de 13 nœuds, et il avait à son bord quatre hommes et des engins de pêche. Plusieurs centaines de bateaux de ce type ont été construits en aluminium. Ce catamaran est surtout utilisé pour pêcher le thon à la traîne ou à la palangre verticale, et pour la pêche de fond au vivaneau et au mérou. Au cours d'essais réalisés avec un moteur de 40 cv, la vitesse est passée à 16 nœuds, mais la consommation de carburant par mn a augmenté de 50%, passant de 0,92 litre/mn à 1,4 litre par mn.

Priorité N°1
Plans de gestion durable des pêches

Quand la ressource est surexploitée, il faut plus de temps et plus de carburant pour capturer moins de poissons.
Le gouvernement doit garantir la conservation de la ressource halieutique pour les générations futures, au moyen de plans de gestion et en collaboration avec les pêcheurs.

Les gouvernements peuvent offrir des incitations pour remplacer les moteurs qui consomment trop de carburant

Dans beaucoup de pays, le carburant utilisé par les marins pêcheurs est subventionné. Il est certain que la suppression des subventions réduirait la consommation de carburant, mais il faut procéder par étapes, pour permettre aux pêcheurs de s'adapter. Les incitations devraient être axées sur les technologies d'économie de carburant. Les moteurs hors-bord deux temps consomment beaucoup. Au lieu de subventionner le carburant, il serait préférable que les gouvernements offrent des incitations pour les remplacer par des moteurs diesel, après avoir fait réaliser des essais dans le cadre d'un projet pilote, avec divers modes d'installation du moteur diesel in-board (fixe).

Les gouvernements peuvent constituer des équipes spéciales chargées de promouvoir l'utilisation de compteurs de carburant et de compteurs de tension de chaîne

Il devrait y avoir au Département des pêches une équipe spéciale ayant une bonne connaissance des méthodes d'économie de carburant, comme celles indiquées dans ce manuel. Cette équipe monterait à bord des bateaux des pêcheurs, avec un instrument moderne de mesure de la consommation de carburant, afin de leur montrer l'utilité de ce compteur pour suivre sur un écran placé dans la timonerie la consommation du bateau. Il n'y a rien de plus efficace que de faire en sorte que les pêcheurs puissent constater par eux-mêmes qu'ils peuvent économiser du carburant en réduisant la puissance du moteur. L'équipe aurait aussi un compteur de tension de chaîne et la force de traction des chalutiers. En Nouvelle-Zélande (Billington, 1988), les pêcheurs ont donné leur accord à l'installation de ces compteurs. La plupart ont été surpris de constater de visu l'effet du changement du régime du moteur, et ils ont modifié leur vitesse de navigation ou leur mode de traction. Beaucoup ont installé des compteurs de carburant à bord. Les économies de carburant ont atteint 30%.

Les gouvernements peuvent mettre en œuvre des programmes de grande ampleur pour développer l'utilisation des technologies éprouvées d'économie de carburant

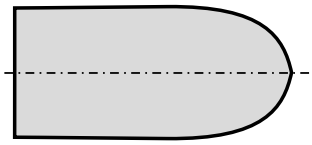
La FAO a déjà procédé à de nombreuses démonstrations de bateaux et de moteurs plus économes en carburant dans les pays en développement, mais bien souvent il n'a pas été donné suite aux activités pilotes initiales.

Lorsque l'on veut introduire des technologies économes en carburant, il faut avoir de la suite dans les idées pour obtenir un impact. Après une démonstration pilote, les technologies qui ont fait leurs preuves doivent être mises en œuvre à plus grande échelle dans le cadre de programmes de plus grande ampleur organisés et financés comme il convient.

L'introduction d'une nouvelle technologie doit toujours être précédée d'une période d'essais approfondis.

Attention ! Les règlementations qui se fondent sur la longueur du bateau conduisent à construire des bateaux de forme anormale qui consomment beaucoup de carburant

Dans beaucoup de pays, les règlementations de sécurité ou l'accès à certaines pêcheries se fondent sur la longueur hors tout du bateau, ce qui conduit les pêcheurs à augmenter la largeur et la hauteur plutôt que la longueur de leurs bateaux de manière à maximiser la capacité de leurs cales à poissons. C'est ainsi que l'on construit à présent en Norvège des bateaux larges et trapus, comme sur la figure de gauche. Les bateaux de ce type consomment beaucoup de carburant et sont peu performants dans la houle.



Le meilleur critère pour la taille des bateaux est l'indice volumétrique (CUNO) ou la jauge brute basée sur l'indice volumétrique. Le propriétaire du bateau peut ensuite choisir une longueur et une largeur appropriées pour économiser le carburant.

Amble, A. 1985. Sail-assisted performance of a 33 foot fishing vessel. Results of full scale trials. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aero Dynamics,* 19: 149–156. The Netherlands.

Arason, S. 2002. Presentation at Nordisk LCA-nettverk. Icelandic Fisheries Laboratories. Iceland.

Billington, G. 1988. *Fuel use control in the fishing industry.* Paper presented at the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design. Marine Institute, St John's, Newfoundland, Canada.

Calisal, S.M. & McGreer, D. 1993. A resistance study on a systematic series of low L/B vessels. *Marine Technology,* 30(4): 286 – 296.

FAO. 1999. *Fuel and financial savings for operators of small fishing vessels.* FAO Fisheries Technical Paper No. 383. Rome, FAO.

FAO & SIDA. 1986. *Reducing the fuel cost of small fishing boats.* Bay of Bengal Programme. BOBP/WP/27.

Gulbrandsen, O. & Ravikumar, R. 1998. *Engine installation in small beachlanding craft.* Nor-Fishing Technology Conference. Norway.

Hannesson, R. 2008. Sustainability of fisheries. *Electronic Journal of Sustainable Development,* 1(2).

ISO. 1994. 8665:1994. Small craft. Marine propulsion engines and systems. Power measurements and declarations. International Organization for Standardization.

Larsson, L. & Eliasson, R. 1994. *Principles of yacht design.* London, Adlard Coles Nautical.

Mithraratne, N., Vale, B. & Vale, R. 2007. *Sustainable living: The role of the whole life costs and values.* Oxford, UK, Elsevier. 211 pp.

Nordforsk. 1984. *Oliefiskprosjektet.* Nordic Cooperative Organization for Applied Research. Denmark.

Palmer, C. 1990. Rig and hull performance. *Wooden Boat Magazine,* 92: 76–89. USA.

Tyedemers, P. 2004. Fisheries and energy use. *Encyclopedia of Energy, 2*. The Netherlands, Elsevier.

Villiers, A. 1962. *Of ships and men.* London, Newnes.

Winther, U. Ziegler, F., Skontorp Hognes, E., Emanuelsson, A., Sund, V. & Ellingsen, H. 2009. *Carbon footprint and energy use of Norwegian seafood products.* SINTEF Fisheries and Aquaculture. Norway.

Les publications ci-après contiennent d'abondantes références bibliographiques sur les économies en carburant:

Donat, H. 1979. *Practical points on boat engines.* Nautical Publishing Co. Ltd.

Ellingsen, H. & Lønseth, Moten. 2005. *Energireduserende tiltak innen norsk fiskeri.* SINTEF Fiskeri og havbruk. Norway. (Available at www.fiskerifond.no/files/projects/attach/331013.pdf)

Endal, A. 1988. *Energy fishing – challenge and opportunities.* Paper presented at the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design. Marine Institute, St John's, Newfoundland, Canada.

Gulbrandsen, O. & Savins, M. 1987. *Artisanal fishing craft of the Pacific Islands.* FAO/UNDP Regional Fishery Support Programme. Document 89/4. Fiji. 36 pp.

MacAlister Elliott & Partners Ltd. 1988. *Sails as an aid to fishing.* UK, Overseas Development Administration.

Schau, E.M., Ellingsen, H., Endal, A. & Aanondesen, S. A. 2009. Energy consumption in the Norwegian Fisheries. *Journal of Cleaner Production,* 17: 325–334. The Netherlands, Elsevier.

Vos-Efting, S. et al. 2006. *A life cycle based eco design consideration for the Rainbow Runner.* HISWA Symposium. The Netherlands.

White, G. 1959. *Propeller determination. Problems in Small Boat Design.* USA, Sheridan House.

Woodward, J., Beck, R.F., Scher, R. & Cary, C. 1975. *Feasibility of Sailing Ships for the American Merchant Marine.* Department of Naval Architecture and Marine Engineering. Report No. 168. Ann Arbor, Michigan, USA, University of Michigan Press.

Les actes des Conférences ci-après contiennent de nombreuses informations sur la consommation d'énergie et les économies de carburant dans le secteur de la pêche:

Fishing Industry Energy Conference. 1981. Sponsored by The National Marine Fisheries Service and The Society of Naval Architects and Marine Engineers. Seattle, Washington, USA.

Innov'sail. 2008. International Conference on Innovation in High Performance Sailing Yachts. Royal Institution of Naval Architects. London, UK.

International Conference on Sail-assisted Commercial Fishing Vessels: Proceedings. 1983. Florida Sea Grant College, USA.

Symposium on Wind Propulsion of Commercial Ships. 1980. Royal Institution of Naval Architects. London, UK.

World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design. 1988. Marine Institute, St. John's, Newfoundland, Canada.

Un calcul de la consommation d'énergie d'un bateau pendant sa vie utile donne une indication de l'importance relative des choix des matériaux utilisés pour sa construction et son exploitation

Pour calculer l'énergie utilisée lors de la construction d'un bateau, on se fonde sur le poids des coques en planches de bois et en FRP à muraille simple, en suivant les indications de l'Annexe 5, pour un bateau de 9 m et d'indice volumétrique = 24 m³ (*SILVER FISH*, page 10). Le contenu énergétique des matériaux de construction est exprimé en joules (J), mégajoules (MJ) ou gigajoules (GJ), les unités de mesure internationales de l'énergie (Mithraratne, Vale et Vale, 2007).

Les joules sont ensuite convertis en équivalent énergétique en litres de diesel:

1 litre de diesel = 36,4 MJ = 10,1 kWh.

Exemple:

1. Énergie utilisée lors de la construction d'un bateau

Une analyse détaillée de l'énergie et du poids incorporés dans les matériaux, le moteur et l'équipement nécessaires pour construire un bateau en bois et un bateau en FRP donne le résultat suivant:

	Bateau en bois	Bateau en FRP
Poids du bateau (lège) Charge de service	3,1 t 2,0 t	2,2 t 2,0 t
Déplacement de service	**5,1 t**	**4,2 t**
Énergie contenue dans les matériaux, le moteur et l'équipement **Équivalent énergétique en litres de diesel**	35 GJ **900 litres**	100 GJ **2 800 litres**

Le bateau en FRP contient trois fois plus d'énergie que le bateau en bois mais il a un déplacement de service inférieur de 0,9 tonne.

On utilise de l'énergie pour produire le moteur diesel, mais elle est en partie récupérée lorsque le moteur est mis au rebut

2. Énergie consommée durant les opérations de pêche

Dans l'exemple d'analyse sur le cycle de vie (ACV) présenté ici, les pêcheurs qui exploitent des bateaux en bois ou en FRP pêchent aux filets dérivants à une distance de 20 mn du rivage. Consommation de carburant des moteurs de chaque bateau, fonctionnant à la vitesse de 4 nœuds pendant 3 heures pour descendre et remonter les filets = 6 litres. Les captures sont conservées dans la glace et la quantité de glace est de 500 kg par sortie de pêche. Électricité consommée pour produire la glace = 50 kWh par tonne. Énergie consommée, après conversion en équivalent énergétique en litres de fuel = 3 litres.

	Diesel en litres par sortie de pêche			
	6 noeuds		7 noeuds	
Exploitation	**Bois**	**FRP**	**Bois**	**FRP**
Trajet 40 mn	25	23	42	36
Pêche	6	6	6	6
Conservation captures - glace	3	3	3	3
Total litres de diesel par sortie	**34**	**32**	**51**	**45**

Il faut un peu d'énergie pour entretenir le bateau, notamment pour la peinture antifouling, le remplacement des filets maillants et la mise au rebut du bateau à la fin de sa vie utile, mais le contenu énergétique de ces activités est négligeable par rapport à la consommation de carburant.

3. Énergie totale consommée sur le cycle de vie (en litres de diesel)

En supposant que chaque bateau fasse 200 sorties par an et ait une durée de vie utile de 15 ans, la quantité d'énergie consommée est:

- **La vitesse de service est très importante.** Dans l'exemple ci-dessus, un ralentissement de 7 à 6 nœuds réduira d'environ 30% le coût énergétique total (engin de pêche passif).
- La quantité d'énergie incorporée dans les matériaux utilisés pour construire un bateau est négligeable.
- Dans cet exemple, l'utilisation de matériaux légers pour la coque (FRP, aluminium et contreplaqué) réduira la consommation totale d'énergie de 4%, à une vitesse économique de 6 nœuds.

EXEMPLE: Temps qu'il faut pour consommer 0,5 litre de carburant = 186 secondes. Vitesse = 7,8 nœuds

Consommation de carburant

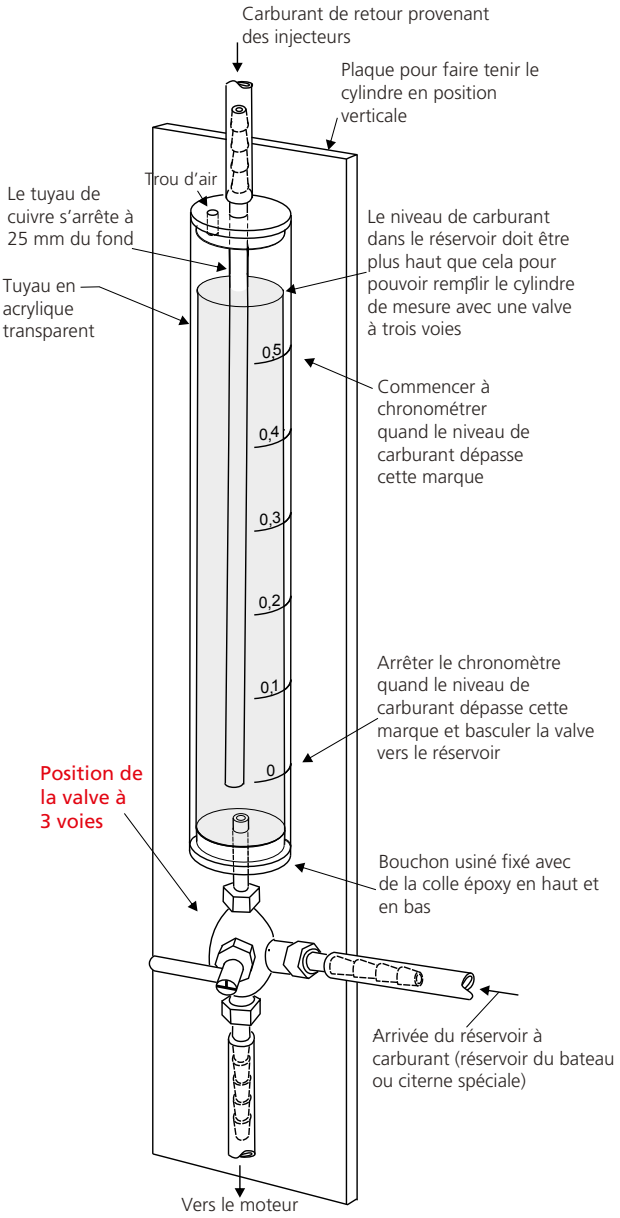
$$\textbf{Litres/heura} = \frac{0{,}5 \times 3\,600}{186} = \mathbf{9{,}7}$$

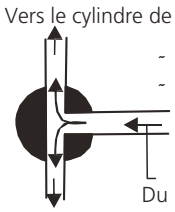
$$\textbf{Litres/mn} = \frac{9{,}7}{7{,}8} = \mathbf{1{,}24}$$

Le diamètre et la longueur du tuyau doivent être adaptés à la puissance du moteur. Exemple: pour les moteurs jusqu'à 50 cv, un diamètre de 40 mm et une longueur de 0,6 m suffisent pour 0,5 litres.

Pour des moteurs plus gros, augmenter le diamètre et la longueur du tube. Pour marquer la quantité, verser d'abord un peu d'eau dans le cylindre pour couvrir le tuyau de sortie + 30 mm.

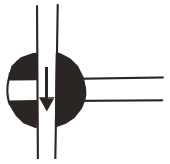
Faites une marque. Placez le tuyau du carburant de retour dans le cyclindre. Mesurez avec soin 0,5 litres dans un verre doseur. Versez le carburant dans le cylindre et marquez le niveau supérieur. Ensuite divisez le volume rempli en parts égales, en faisant une marque tous les 0,1 litre de carburant (voir figure). On se sert du volume total de 0,5 litre pour mesurer la consommation d'un moteur de 30 à 50 cv. Pour un moteur moins puissant utilisez un volume compris entre 0,1 et 0,4 litre. Ajustez de façon à ce que la durée des mesures soit supérieure à 2 minutes.





Le cylindre de mesure est rempli pendant que le moteur tourne.

Le cylindre de mesure est rempli. Le moteur est alimenté par le réservoir.



Le moteur est alimenté par le cylindre de mesure. La connexion avec le réservoir est coupée.

(Le dessin sert à illustrer le principe, il n'est pas à l'échelle.)

Bateau: SILVER FISH

Longueur hors-tout	9,0 m
Longueur à la flottaison	8,0 m
Déplacement de service (s'il est connu)	5 tonnes
Puissance déclarée du moteur, cv, utilisation continue	31 cv
Régime maximal du moteur, en tr/min, utilisation continue	3000 tr/min

			Maximum	0,9 x max. tr/min	0,8 x max. tr/min	0,7 x max. tr/min
1	Puissance max. à l'arbre d'hélice	cv	29			
2	Moteur	tr/min	3000	2700	2400	2100
3	Vitesse de service	nœuds	7,1	6,7	6,2	5,5
4	Fraction de la puissance à l'arbre d'hélice		1,0	0,73	0,51	0,34
5	Puissance à l'arbre d'hélice 1x4	cv	29	21	15	10
6	Consommation carburant 5x 0,25	litres/heure	7,3	5,3	3,8	2,5
7	Consommation carburant litres par mille nautique 6/3	litres/mn	1,03	0,79	0,61	0,45
8	Distance jusqu'au lieu de pêche (aller et retour)	mn	40	40	40	40
9	Carburant, navigation par sortie 7 x 8	litres	41	32	24	18
10	Carburant, pêche par sortie	litres	6	6	6	6
11	Carburant total par sortie 9+10	litres	47	38	30	24
12	Économie carburant 11max -11réduite	litres	0	9	17	23
13	Temps de voyage par sortie 8/3	heures	5,6	6,0	6,5	7,3
14	Temps de pêche par sortie	heures	12	12	12	12
15	Temps total par sortie 13+14		17,6	18	18,5	19,3
16	Temps supplémentaire par sortie 15-15max.	heures	0	0,4	0,9	1,7
17	Nombre de sorties par an		200	200	200	200
18	Économie carburant par an 12x17	litres	0	1800	3400	4600

ANNEXE 3 (suite): CALCUL DES ÉCONOMIES DE CARBURANT

Bateau:

Longueur hors-tout	
Longueur à la flottaison	
Déplacement de service (s'il est connu)	
Puissance déclarée du moteur, cv, utilisation continue	
Régime maximal du moteur, en tr/min, utilisation continue	

		Maximum	0,9 x max. tr/min	0,8 x max. tr/min	0,7 x max. tr/min
1	Puissance max. à l'arbre d'hélice cv				
2	Moteur tr/min				
3	Vitesse de service nœuds				
4	Fraction de la puissance à l'arbre d'hélice	1,0	0,73	0,51	0,34
5	Puissance à l'arbre d'hélice 1x4 cv				
6	Consommation carburant 5x 0,25 litres/heure				
7	Consommation carburant litres par mille nautique 6/3 litres/mn				
8	Distance jusqu'au lieu de pêche (aller et retour) mn				
9	Carburant, navigation par sortie 7 x 8 litres				
10	Carburant, pêche par sortie litres				
11	Carburant total par sortie 9+10 litres				
12	Économie carburant 11max -11réduite litres				
13	Temps de voyage par sortie 8/3 heures				
14	Temps de pêche par sortie heures				
15	Temps total par sortie 13+14				
16	Temps supplémentaire par sortie 15-15max. heures				
17	Nombre de sorties par an				
18	Économie carburant par an 12x17 litres				

Exemple: comparaison entre le coût de fonctionnement d'un moteur hors-bord et d'un moteur diesel utilisés sur une pirogue, au Ghana.

Note: Il s'agit d'une analyse relativement simple qui donne uniquement une indication du coût total annuel. Une analyse de la «valeur actuelle nette» (VAN) est plus précise, mais plus difficile à réaliser.

			Moteur hors-bord 35 cv	Moteur diesel 23 cv
1	Coût d'installation	USD	5000	9000
2	Durée de vie utile	années	3	6
3	Amortissement annuel 1 / 2	USD	1 666	1500
4	Intérêts sur le capital au taux de 15%	USD	750	1350
5	COÛT D'INVESTISSEMENT ANNUEL 3+4	USD	2420	2850
6	FRAIS DE RÉPARATION ANNUELS 0,1 x 1	USD	500	900
7	Temps de fonctionnement du moteur par sortie de pêche	heures	4	4
8	Consommation de carburant par heure	litres	8	3
9	Carburant par sortie de pêche 7 + 8	litres	32	12
10	Coût du carburant/litre	USD	0,80	0,80
11	Coût du carburant par sortie de pêche 9 x 10	USD	25,60	9,60
12	Nombre de sorties de pêche par an		200	200
13	COÛT ANNUEL DU CARBURANT 11 x 12	USD	5120	1920
14	COÛT ANNUEL TOTAL 5+6+13	USD	8040	5670

FICHE DE CALCUL

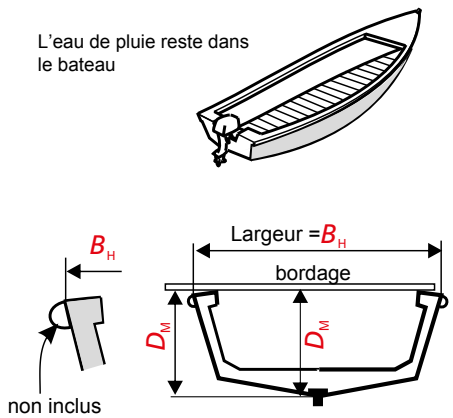
Note: Il s'agit d'une analyse relativement simple qui donne uniquement une indication du coût total annuel. Une analyse de la «valeur actuelle nette» (VAN) est plus précise, mais elle est plus difficile à réaliser.

①	Coût d'installation		
②	Durée de vie utile années		
③	Amortissement annuel ① / ②		
④	Intérêts sur le capital au taux de %		
⑤	COÛT D'INVESTISSEMENT ANNUEL ③+④		
⑥	FRAIS DE RÉPARATION ANNUELS 0,1 x ①		
⑦	Temps de fonctionnement du moteur par sortie de pêche heures		
⑧	Consommation de carburant par heure litres		
⑨	Carburant par sortie de pêche ⑦ + ⑧ litres		
⑩	Coût du carburant/litre		
⑪	Coût du carburant par sortie de pêche ⑨ x ⑩		
⑫	Nombre de sorties de pêche par an		
⑬	COÛT ANNUEL DU CARBURANT ⑪ x ⑫		
⑭	COÛT ANNUEL TOTAL ⑤+⑥+ ⑬		

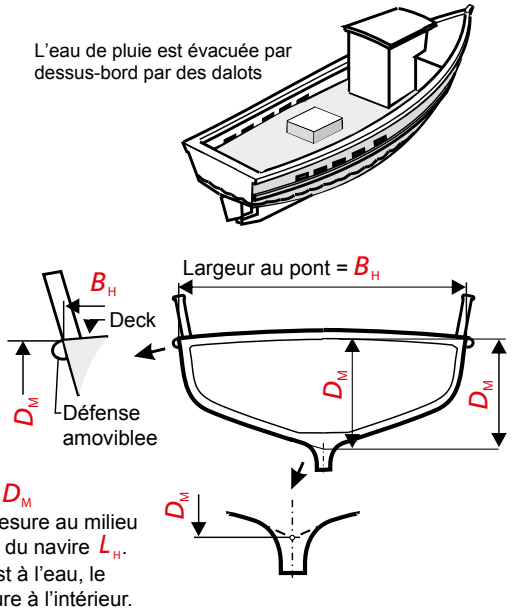
Poids = Déplacement
1 tonne = 1 000 kg = 1 tonne de déplacement
(1 tonne forte = 1,016 tonnes)

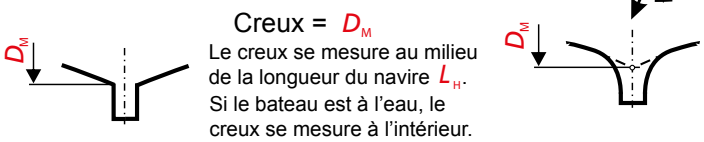
CUNO = longueur x largeur x creux = L_H x B_H x D_M

BATEAUX NON PONTÉS

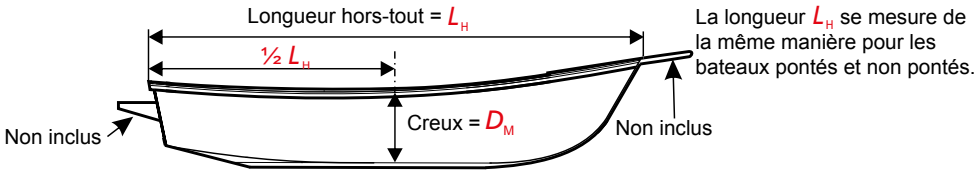


BATEAUX PONTÉS





Creux = D_M
Le creux se mesure au milieu de la longueur du navire L_H.
Si le bateau est à l'eau, le creux se mesure à l'intérieur.



Estimation du poids d'un bateau avec moteur et armement
Lège = sans charge
Poids = *k* x CUNO tonnes 1 tonne = 1 000 kg
Tonne forte anglaise = 2 240 lb = 1 016 kg

BATEAUX NON PONTÉS

	Bois	FRP
k	**0,08**	**0,06**
Indice volumétrique CUNO m³	**Lège Sans charge tonnes**	**Lège Sans charge tonnes**
4	0,3	0,2
6	0,5	0,4
8	0,6	0,5
10	0,8	0,6
15	1,2	0,9
20	1,6	1,2
25	2,0	1,5
30	2,4	1,8
35	2,8	2,1
40	3,2	2,4

BATEAUX PONTÉS

	Bois	FRP	Acier
k	**0,13**	**0,09**	**0,16**
Indice volumétrique CUNO m³	**Lège Sans charge tonnes**	**Lège Sans charge tonnes**	**Lège Sans charge tonnes**
20	2,6	1,8	3,2
25	3,3	2,3	4,0
30	3,9	2,7	4,8
40	5,2	3,6	6,4
50	6,5	4,5	8,0
60	7,8	5,4	9,6
70	9	6,3	11
80	10	7	13
100	13	9	16
120	16	11	19
140	18	13	22
160	21	14	26
180	23	16	29
200	26	18	32

ANNEXE 5 (suite): CALCUL DU POIDS D'UN BATEAU EN CHARGE

Le déplacement de service est le poids du bateau avec une charge moyenne. On considère généralement que la charge moyenne comprend le poids de l'équipage et des apparaux de pêche, les réservoirs de carburant et d'eau à moitié pleins, et la cale à poissons à moitié pleine.
Le calcul s'effectue en kg et le résultat total est converti en tonnes (1 000 kg)
L'indice volumétrique à partir des mesures du bateau: CUNO = L_H x B_H x D_M = _____ m^3

A. Déplacement à l'état lège = bateau sans charge (kg)
À l'aide du tableau de la page 49, estimer le déplacement lège au moyen de l'indice volumétrique CUNO
Déplacement lège: (sans charge) = _____ kg

+ B. Poids de l'équipage Nombre de personnes x 80 = _____ x 80 = _____ kg

+ C. Poids des apparaux de pêche
Le poids des engins de pêche doit être estimé. = _____ kg
N'oubliez pas que les filets de pêche sont plus lourds quand ils sont trempés.

+ D. Poids de l'eau douce (1 litre = 1 kg)
½ Volume des réservoirs d'eau douce en m^3 x 1 000 = _____ m^3 x 1 000 = _____ kg

+ E. Poids du carburant (1 litre = 0,8 kg)
½ Volume des réservoirs de carburant en m^3 x 800 = _____ m^3 x 800 = _____ kg

+ F. Poids du poisson et de la glace
Volume intérieur de la cale à poisson: V_{FI} = _____ m^3

Le volume intérieur de la cale ou du casier à poissons doit être calculé avec soin. Si on ne le connaît pas, on peut estimer le volume maximal de la cale à poisson d'un bateau ponté, à l'aide de la formule suivante: V_{FI} = 0,15 x CUNO = _____ m^3

½ V x poids en kg par m^3 (d'après tableau ci-dessous) = _____ m^3 x _____ kg/m^3 = _____ kg

Poids en kg par m3 de volume de la cale à poissons

	Poisson	Glace	Poisson et glace
Sardines et harengs en vrac	800		
Poisson en vrac	700		
Thon congelé en vrac	600		
Poissons dans l'eau de mer réfrigérée	700	200	900
Poissons et glace, 1 :1, en vrac	350	350	700
Poissons et glaces, 1 :1, sur des étagères	250	250	500
Poissons et glaces, 1 :1, en caisses	250	250	500

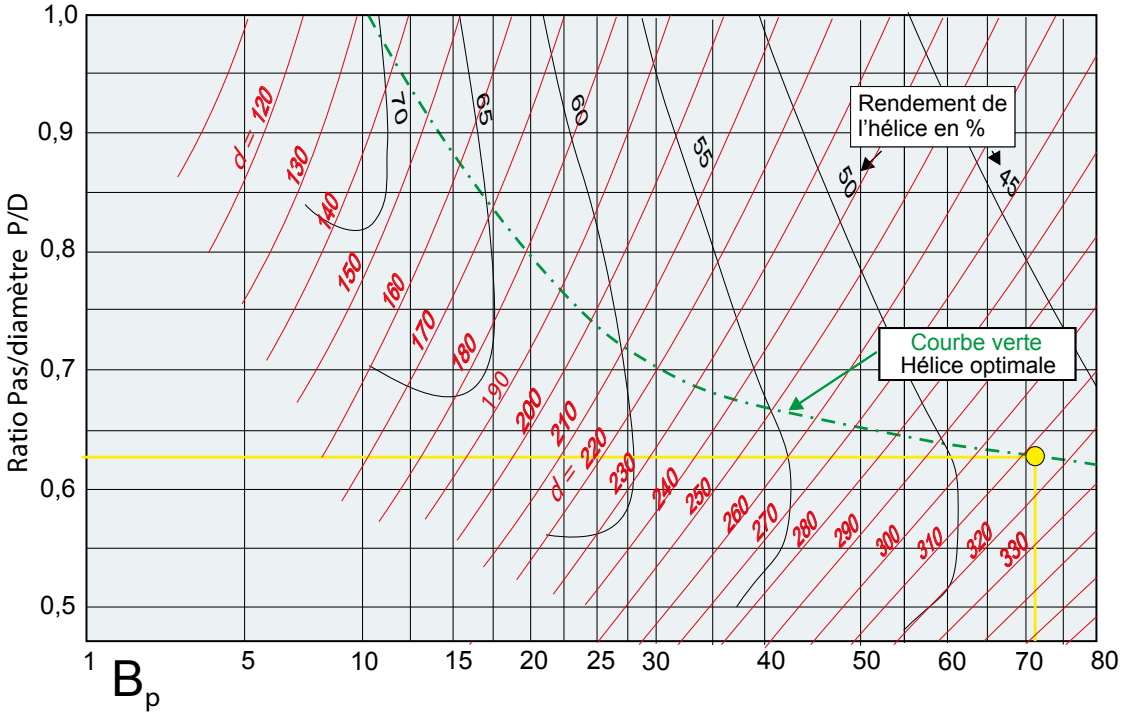
+ G. Poids éléments divers Ballast = _____ kg

Autres équipements lourds = _____ kg

= Déplacement de service Total = _____ kg

Déplacement de service = $\frac{\text{Total}}{1\ 000}$ = _____ tonnes

Le diagramme ci-dessous présente les calculs relatifs à l'hélice à 3 pales de la série B 3-50 de Wageningen, dont le taux de surface des pales (ou coefficient de remplissage) est de 0,5. Il peut toutefois aussi être utilisé pour des hélices d'une surface de pales comprise entre 0,35 et 0,5. La courbe originale a été modifiée pour tenir compte d'une réduction de 5% du diamètre de l'hélice (généralement constatée).



$$B_p = \frac{\text{tr/min hélice} \times \sqrt{\text{cv à l'hélice}}}{\text{Vitesse de l'eau à hélice}^{2,5}}$$

$$\text{Diamètre de l'hélice: } D = \frac{\text{Vitesse de l'eau à l'hélice} \times d \times 12}{\text{tr/min hélice}} \text{ (en ')}$$

Pas de l'hélice: P = Ratio pas x diamètre de l'hélice (en ')

Dans le diagramme ci-dessus, la ligne jaune passe là où le rapport de réduction = 2, hélice A.

Voir, à la page suivante un exemple de la méthode de calcul.

ANNEXE 6 (suite): CALCUL DE L'HÉLICE

Bateau: SILVER FISH (nouveau moteur)

Puissance déclarée du moteur, utilisation continue	18 cv
Régime maximal du moteur (en tr/min), utilisation continue	3 000 tr/min

			Réd. 2:1 Hélice A	Réd. 3:1 Hélice A	Réd. 3:1 Hélice B	
1	Puissance de service de l'arbre	cv	13	11,3	10,9	
2	Racine carrée de la puissance de l'arbre $1^{0,5}$		3,6	3,36	3,30	
3	Régime de service du moteur	tr/min	2 700	2 700	2 250	
4	Rapport de réduction		2	3	3	
5	Vitesse de rotation arbre d'hélice 3/4	tr/min	1 350	900	750	
6	Vitesse de service du bateau	nœuds	6,0	6,0	6,0	
7	Facteur de sillage		0,1	0,1	0,1	
8	Vitesse de l'eau à l'hélice (1- 7) x 6	nœuds	5,4	5,4	5,4	
9	(Vitesse de l'eau à l'hélice)^{2,5} $8^{2,5}$		67,8	67,8	67,8	
10	B_p $\frac{2 \times 5}{9}$		71	44	36	
11	Avec B_p, lire d dans le diagramme	d	312	258	238	
12	Rendement de l'hélice d'après diagramme	%	47	54	56	
13	Ratio pas/diamètre d'après diagramme	P/D	0,63	0,66	0,67	
14	Diamètre hélice $D=\frac{8 \times 11 \times 12}{5}$	pouces	15,0	18,6	20,6	
15	Pas d'hélice D = 13 x 14	pouces	10,2	12,3	13,8	
16	P x D 14 x 15		153	229	284	
17	Nouveau diamètre sélectionné Dnouveau	pouces	15	18	20	
18	P x D / Dnouveau 16 / 17		10,2	12,7	14,2	
19	Nouveau pas sélectionné Pnouveau	pouces	10	13	14	
20	Puissance effective de l'hélice 1 x 12	cv	6,1	6,1	6,1	

Les trois hélices développent la même puissance réelle = 6,1 cv
Le diamètre et le pas de l'hélice sont généralement indiqués en pouces entiers sur les notices des vendeurs. Suivre la procédure ci-dessus pour choisir le diamètre et le pas les plus proches.

Fiche de calcul - Bateau

Puissance déclarée du moteur, utilisation continue	
Régime maximal du moteur (en tr/min), utilisation continue	

1	Puissance de service de l'arbre cv				
2	Racine carrée de la puissance de l'arbre $1^{0,5}$				
3	Régime de service du moteur tr/min				
4	Rapport de réduction				
5	Vitesse de rotation arbre d'hélice 3/4 tr/min				
6	Vitesse de service du bateau nœuds				
7	Facteur de sillage				
8	Vitesse de l'eau à l'hélice (1- 7) x 6 nœuds				
9	(Vitesse de l'eau à l'hélice)^{2,5} $8^{2,5}$				
10	B_p $\frac{2 \times 5}{9}$				
11	Avec B_p, lire d dans le diagramme d				
12	Rendement de l'hélice d'après diagramme %				
13	Ratio pas/diamètre d'après diagramme P/D				
14	Diamètre hélice $D=\frac{8 \times 11 \times 12}{5}$ pouces				
15	Pas d'hélice D = 13 x 14 pouces				
16	P x D 14 x 15				
17	Nouveau diamètre sélectionné Dnouveau pouces				
18	P x D / Dnouveau 16 / 17				
19	Nouveau pas sélectionné Pnouveau pouces				

Le diamètre et le pas de l'hélice sont normalement indiqués en pouces entiers sur les notices des vendeurs.
Suivre la procédure ci-dessus pour choisir le diamètre et le pas les plus proches.

Vitesse de service du bateau = 5 nœuds

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
4 cv	800	16,1	10,8	56
	900	15,0	10,1	54
	1 000	14,0	9,3	53
	1 100	13,3	8,6	52
	1 200	12,6	8,2	51
	1 300	12,0	7,8	50
	1 400	11,5	7,4	49
	1 500	11,0	6,9	48
	1 600	10,6	6,7	47
	1 700	10,2	6,3	46
	1 800	9,9	6,1	46
	1 900	9,6	5,9	45
	2 000	9,3	5,7	44
6 cv	800	17,4	11,5	54
	900	16,2	10,5	52
	1 000	15,2	9,9	50
	1 100	14,3	9,2	49
	1 200	13,6	8,7	48
	1 300	13,0	8,2	48
	1 400	12,5	7,8	47
	1 500	12,0	7,5	46
	1 600	11,7	7,2	45
	1 700	11,1	6,8	44
	1 800	10,8	6,6	43
	1 900	10,4	6,3	42
	2 000	10,3	6,1	41

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
8 cv	800	18,5	12,0	52
	900	17,1	11,1	50
	1 000	16,1	10,3	49
	1 100	15,2	9,6	47
	1 200	14,5	9,0	46
	1 300	13,8	8,4	45
	1 400	13,2	8,1	44
	1 500	12,7	7,6	43
	1 600	12,3	7,4	42
	1 700	11,9	7,0	42
	1 800	11,6	6,8	42
	1 900	11,2	6,4	41
	2 000	10,9	6,2	40
10 cv	800	19,2	12,5	51
	900	17,9	11,4	49
	1 000	16,8	10,6	47
	1 100	16,0	9,9	46
	1 200	15,2	9,4	45
	1 300	14,6	8,7	44
	1 400	13,9	8,4	43
	1 500	13,4	7,9	42
	1 600	13,0	7,5	41
	1 700	12,5	7,3	40
	1 800	12,0	6,8	40
	1 900	11,8	6,6	39
	2 000	11,5	6,3	39

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
12 cv	800	20,0	12,8	49
	900	18,6	11,7	47
	1 000	17,4	11,0	45
	1 100	16,5	10,3	44
	1 200	15,8	9,6	43
	1 300	15,0	9,0	43
	1 400	14,2	8,4	42
	1 500	14,0	8,1	41
	1 600	13,5	7,7	40
	1 700	13,0	7,4	40
	1 800	12,7	7,1	39
	1 900	12,4	6,8	38
	2 000	11,9	6,6	37
14 cv	800	20,6	13,2	48
	900	19,2	12,1	46
	1 000	18,1	11,2	45
	1 100	17,1	10,5	44
	1 200	16,2	9,7	43
	1 300	15,6	9,2	42
	1 400	15,0	8,7	41
	1 500	14,5	8,2	40
	1 600	13,9	7,8	39

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
16 cv	800	21,1	13,3	47
	900	19,8	12,3	46
	1 000	18,6	11,4	44
	1 100	17,7	10,6	43
	1 200	16,9	10,0	42
	1 300	16,1	9,3	41
	1 400	15,5	8,8	40
	1 500	14,9	8,3	39
	1 600	14,4	8,1	38

Vitesse de service du bateau = 6 nœuds

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
6 cv	800	17,3	12,5	59
	900	16,2	11,3	58
	1 000	15,2	10,4	57
	1 100	14,4	9,7	56
	1 200	13,7	9,2	55
	1 300	13,0	8,6	54
	1 400	12,4	8,2	53
	1 500	11,9	7,8	52
	1 600	11,5	7,4	51
	1 700	11,1	7,1	50
	1 800	10,7	6,8	49
	1 900	10,3	6,5	48
	2 000	10,0	6,3	47
8 cv	800	18,5	12,6	58
	900	17,1	11,6	56
	1 000	16,2	10,9	55
	1 100	15,2	10,2	54
	1 200	14,5	9,6	53
	1 300	13,8	9,0	52
	1 400	13,1	8,5	51
	1 500	12,6	8,1	50
	1 600	12,2	7,8	49
	1 700	11,7	7,4	48
	1 800	11,3	7,1	47
	1 900	11,0	6,9	46
	2 000	10,7	6,6	45

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
10 cv	800	19,3	13,1	56
	900	17,9	12,0	55
	1 000	16,8	11,3	53
	1 100	16,0	10,5	52
	1 200	15,1	9,8	51
	1 300	14,5	9,3	50
	1 400	13,8	8,8	49
	1 500	13,2	8,3	48
	1 600	12,8	8,0	47
	1 700	12,3	7,7	46
	1 800	11,9	7,4	45
	1 900	11,5	7,5	44
	2 000	11,2	6,8	43
12 cv	800	20,0	13,4	55
	900	18,6	12,3	53
	1 000	17,5	11,5	52
	1 100	16,5	10,7	51
	1 200	15,7	10,2	50
	1 300	15,0	9,6	49
	1 400	14,3	9,0	48
	1 500	13,7	8,7	47
	1 600	13,2	8,2	46
	1 700	12,8	7,9	46
	1 800	12,5	7,6	45
	1 900	12,0	7,2	44
	2 000	11,7	7,0	43

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
14 cv	800	20,7	13,8	54
	900	19,2	12,7	52
	1 000	18,0	11,7	51
	1 100	17,0	11,0	50
	1 200	16,2	10,4	49
	1 300	15,4	9,7	48
	1 400	14,8	9,3	46
	1 500	14,2	8,9	45
	1 600	13,6	8,5	45
	1 700	13,2	8,1	44
	1 800	12,8	7,7	43
	1 900	12,4	7,4	42
	2 000	12,1	7,1	42
16 cv	800	21,1	14,0	53
	900	19,7	12,8	52
	1 000	18,5	12,0	50
	1 100	17,5	11,2	49
	1 200	16,6	10,4	48
	1 300	15,9	10,0	47
	1 400	15,2	9,6	46
	1 500	14,6	9,0	46
	1 600	14,1	8,6	45
	1 700	13,6	8,2	44
	1 800	13,2	7,8	43
	1 900	12,8	7,4	42
	2 000	12,4	7,2	41

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
18 cv	800	21,7	14,3	52
	900	20,2	13,1	50
	1 000	19,2	12,3	49
	1 100	17,8	11,4	48
	1 200	17,0	10,7	47
	1 300	16,2	10,2	46
	1 400	15,6	9,6	45
	1 500	15,0	9,1	44
	1 600	14,4	8,7	43
	1 700	13,9	8,3	42
	1 800	13,5	8,0	41
	1 900	13,1	7,6	40
	2 000	12,8	7,3	40
20 cv	800	22,3	14,5	52
	900	20,5	13,3	50
	1 000	19,3	12,4	49
	1 100	18,3	11,5	48
	1 200	17,4	11,0	47
	1 300	16,7	10,4	46
	1 400	16,0	9,7	45
	1 500	15,3	9,2	44
	1 600	14,9	8,3	43
	1 700	14,3	8,4	42
	1 800	13,9	8,0	42
	1 900	13,5	7,7	41
	2 000	13,1	7,5	40

Vitesse de service du bateau = 7 nœuds

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
10 cv	800	18,9	14,2	61
	900	17,8	12,8	59
	1 000	16,8	11,7	58
	1 100	15,9	10,8	57
	1 200	15,1	10,3	56
	1 300	14,4	9,7	55
	1 400	13,8	9,3	54
	1 500	13,3	8,9	53
	1 600	12,8	8,4	52
	1 700	12,3	8,0	51
	1 800	11,8	7,7	51
	1 900	11,4	7,4	50
	2 000	11,2	7,1	49
12 cv	800	19,7	14,3	60
	900	18,6	13,1	59
	1 000	17,5	12,1	57
	1 100	16,6	11,3	56
	1 200	15,8	10,6	55
	1 300	14,9	10,0	54
	1 400	14,3	9,4	53
	1 500	13,7	9,0	52
	1 600	13,2	8,6	52
	1 700	12,7	8,3	51
	1 800	12,3	7,9	50
	1 900	11,9	7,6	49
	2 000	11,5	7,4	48

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
14 cv	800	20,4	14,7	59
	900	19,3	13,3	57
	1 000	18,0	12,2	56
	1 100	17,0	11,4	55
	1 200	16,3	9,4	54
	1 300	15,4	10,2	53
	1 400	14,7	9,6	52
	1 500	14,1	9,2	51
	1 600	13,6	8,7	50
	1 700	13,1	8,4	49
	1 800	12,7	8,1	48
	1 900	12,3	7,7	48
	2 000	11,9	7,5	47
16 cv	800	21,3	14,9	58
	900	19,7	13,4	57
	1 000	18,6	12,5	55
	1 100	17,5	11,7	54
	1 200	16,7	11,0	53
	1 300	15,9	10,3	52
	1 400	15,1	9,8	51
	1 500	14,5	9,4	50
	1 600	13,9	8,9	49
	1 700	13,5	8,6	49
	1 800	13,0	8,2	48
	1 900	12,7	8,0	47
	2 000	12,2	7,7	46

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
20 cv	800	22,2	15,1	57
	900	20,6	13,8	55
	1 000	19,4	13,0	54
	1 100	18,3	12,1	53
	1 200	17,4	11,3	52
	1 300	16,8	10,9	51
	1 400	15,8	10,1	50
	1 500	15,2	9,7	49
	1 600	14,6	9,2	48
	1 700	14,1	8,9	47
	1 800	13,7	8,6	46
	1 900	13,2	8,2	45
	2 000	12,9	8,0	45
25 cv	800	23,2	15,5	55
	900	21,6	14,5	54
	1 000	20,3	13,4	53
	1 100	19,1	12,4	51
	1 200	18,1	11,8	50
	1 300	17,3	11,1	49
	1 400	16,5	10,6	48
	1 500	15,9	10,0	47
	1 600	15,3	9,6	46
	1 700	14,8	9,2	45
	1 800	14,4	8,9	45
	1 900	13,9	8,5	44
	2 000	13,5	8,1	43

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
30 cv	600	28,6	19,4	58
	700	26,1	17,5	56
	800	24,1	16,1	54
	900	22,3	14,7	53
	1 000	20,9	13,6	51
	1 100	19,8	12,9	50
	1 200	18,8	12,0	49
	1 300	17,9	11,3	48
	1 400	17,2	10,8	47
	1 500	16,5	10,4	46
	1 600	15,9	9,9	45
	1 700	15,4	9,4	44
	1 800	14,9	8,9	43
35 cv	600	29,5	20,0	57
	700	26,8	17,9	55
	800	24,9	16,4	53
	900	23,1	15,0	52
	1 000	21,7	14,1	50
	1 100	20,5	13,1	49
	1 200	19,4	12,4	48
	1 300	18,5	11,7	47
	1 400	17,7	11,2	46
	1 500	17,0	10,6	45
	1 600	16,4	10,0	44
	1 700	15,9	9,6	43
	1 800	15,5	9,3	42

Vitesse de service du bateau = 7 nœuds

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
40 cv	500	33,6	23,5	59
	600	30,2	20,4	56
	700	27,5	18,5	54
	800	25,3	16,7	52
	900	24,0	15,6	51
	1 000	22,2	14,2	49
	1 100	21,0	13,5	48
	1 200	20,0	12,6	47
	1 300	19,1	12,0	46
	1 400	18,3	11,3	45
	1 500	17,5	10,7	44
	1 600	17,0	10,2	43
50 cv	400	40,1	28,8	60
	500	36,0	24,5	57
	600	31,5	21,5	55
	700	28,8	19,0	53
	800	26,5	17,2	51
	900	24,8	15,9	49
	1 000	23,2	14,6	48
	1 100	22,0	13,9	46
	1 200	21,0	13,2	45
	1 300	20,0	12,4	44
	1 400	19,2	11,7	43
	1 500	18,3	11,0	43

Vitesse de service du bateau = 8 nœuds

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
20 cv	800	21,6	16,2	61
	900	20,5	14,8	59
	1 000	19,4	13,4	58
	1 100	18,6	12,7	57
	1 200	17,4	11,7	56
	1 300	16,6	11,1	55
	1 400	15,9	10,6	54
	1 500	15,1	10,0	53
	1 600	14,6	9,6	52
	1 700	14,1	9,2	51
	1 800	13,5	8,8	51
	1 900	13,1	8,5	50
	2 000	12,8	8,2	49
25 cv	800	22,9	16,5	60
	900	21,6	14,9	58
	1 000	20,3	13,8	56
	1 100	19,5	13,1	55
	1 200	18,2	12,2	54
	1 300	17,3	11,6	54
	1 400	16,5	10,9	53
	1 500	15,8	10,3	52
	1 600	15,2	9,9	51
	1 700	14,6	9,5	50
	1 800	19,1	12,2	49
	1 900	13,8	8,8	48
	2 000	13,3	8,4	47

Vitesse de service du bateau = 8 nœuds

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
30 cv	700	25,7	18,7	60
	800	24,0	16,8	59
	900	22,4	15,2	57
	1 000	21,0	14,1	56
	1 100	20,3	13,6	54
	1 200	18,9	12,5	53
	1 300	17,9	11,7	52
	1 400	17,2	11,2	51
	1 500	16,4	10,7	50
	1 600	15,6	10,1	50
	1 700	15,2	9,8	49
	1 800	14,8	9,3	48
	1 900	14,3	9,0	47
35 cv	600	28,8	21,6	61
	700	26,7	18,9	59
	800	24,8	17,1	58
	900	23,2	15,6	56
	1 000	21,8	14,6	55
	1 100	20,5	13,5	53
	1 200	19,4	12,8	52
	1 300	18,5	12,0	51
	1 400	17,6	11,4	50
	1 500	17,0	10,9	49
	1 600	16,3	10,4	48
	1 700	15,7	9,9	47
	1 800	15,3	9,6	47

Vitesse de service du bateau = 8 nœuds

Puissance de service	Vitesse hélice, tr/min	Hélice		
		Diamètre (pouces)	Pas (pouces)	Efficacité %
40 cv	500	32,8	25,3	62
	600	31,2	22,0	59
	700	27,6	19,4	58
	800	25,5	17,3	57
	900	23,8	16,0	55
	1 000	22,2	14,9	53
	1 100	21,1	13,9	52
	1 200	19,9	13,0	51
	1 300	18,9	12,3	50
	1 400	18,1	11,6	49
	1 500	17,5	11,2	48
	1 600	16,8	10,6	47
	1 700	16,2	10,2	46
50 cv	500	34,6	25,9	61
	600	31,2	22,0	59
	700	29,9	19,6	57
	800	26,5	17,7	55
	900	24,8	16,6	54
	1 000	23,2	15,3	52
	1 100	21,8	14,2	51
	1 200	20,7	13,5	50
	1 300	19,8	12,7	49
	1 400	18,9	11,9	48
	1 500	18,3	11,5	47
	1 600	17,6	11,1	46
	1 700	17,0	10,6	45

Ce manuel a pour objet de donner aux propriétaires de bateaux de pêche, aux équipages, aux constructeurs et aux concepteurs de bateaux, ainsi qu'aux administrateurs des pêches des conseils pratiques pour réduire la consommation de carburant. Il sert aussi de guide à ceux qui cherchent à économiser le carburant sur les petites embarcations utilisées dans la filière aquacole. Il est centré sur les petits bateaux de pêche qui ne dépassent pas 16 m de long et qui sont exploités à des vitesses inférieures à 10 nœuds, car ce sont les plus utilisés dans le monde pour la pêche artisanale. Le manuel fournit des informations aux concepteurs et aux constructeurs de bateaux sur la forme à donner à la coque pour réduire la résistance ainsi que sur le choix d'hélices efficaces. Les premiers chapitres donnent des conseils sur les mesures à prendre pour économiser le carburant sur des bateaux existants, sans engager d'investissement important. Les mesures les plus efficaces consistent à réduire la vitesse de service du bateau, à veiller à ce qu'il n'y ait pas de salissures sur la partie immergée de la coque et sur l'hélice et à entretenir le moteur. On peut aussi économiser du carburant en changeant de méthode de pêche. Les derniers chapitres portent sur les économies de carburant qui peuvent être réalisées en passant d'un moteur hors-bord deux-temps à un moteur diesel, en installant un moteur diesel, et en naviguant à la voile. On y trouve des indications sur le choix d'une puissance de moteur économique, en fonction de la longueur à la flottaison et du poids du bateau, ainsi que des conseils sur le choix d'un rapport de réduction et d'une hélice en fonction de la vitesse, de la puissance de service et de la vitesse de rotation de l'hélice. Des données sont fournies pour faciliter la conception d'un nouveau bateau économe en carburant et le choix d'une hélice optimale. Les renseignements fournis dans ce manuel sont accompagnés de nombreuses illustrations destinées à faciliter la compréhension des principaux points. Les annexes contiennent des bibliographies détaillées, ainsi que des tableaux, dont certaines cases sont laissées en blanc, afin qu'ils puissent être utilisés pour calculer les économies potentielles de carburant, le coût d'exploitation du moteur, le poids d'un bateau et le diamètre et le pas d'une hélice.

ISBN 978-92-5-207060-3

9 789252 070603

I2461F/1/05.15