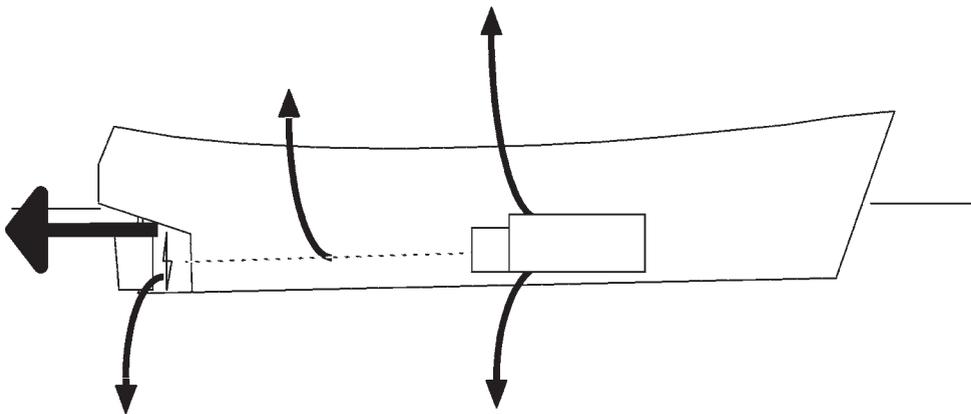


Economies financières et de carburant dans la pêche artisanale



Economies financières et de carburant dans la pêche artisanale

FAO
DOCUMENT
TECHNIQUE
SUR LES
PÊCHES

383

par
J.D.K. Wilson
Maputo, Mozambique

Les appellations employées dans cette publication 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 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.

ISBN 92-5-204223-7

Tous droits réservés. Les informations ci-après peuvent être reproduites ou diffusées à des fins éducatives et non commerciales sans autorisation préalable du détenteur des droits d'auteur à condition que la source des informations soit clairement indiquée. Ces informations ne peuvent toutefois pas être reproduites pour la revente ou d'autres fins commerciales sans l'autorisation écrite du détenteur des droits d'auteur. Les demandes d'autorisation devront être adressées au Chef du Service de la gestion des publications, Division de l'information, FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italie ou, par courrier électronique, à copyright@fao.org

© FAO 2003

PRÉPARATION DE CE DOCUMENT

Cet ouvrage n'est pas le résultat d'une nouvelle expérience sur le terrain, mais le fruit de la recherche et de l'expérience des 20 dernières années, remis à jour, lorsque cela a été possible, pour inclure les innovations techniques. L'auteur doit beaucoup à de nombreuses personnes, qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la rédaction de ce document. Elles sont trop nombreuses pour les citer toutes, mais on peut dire que, sans leur aide et leur appui, la tâche eut été infiniment plus ardue.

La collecte des différents matériaux s'est révélée particulièrement difficile et je remercie tout spécialement les personnes suivantes, dont j'ai souvent éprouvé l'infinie patience:

Joan Baron – Bibliothécaire principale au CEMARE, Portsmouth, Royaume-Uni

Bundit Chokesanguan – Chef du Département de formation au Centre de développement des pêches du Sud-Est asiatique, Samuprakan, Thaïlande

Jean Collins – Bibliothécaire au Département des pêches de la FAO, Rome, Italie

Michael Martin – Westfair Limited, Yeovil, Royaume-Uni

Tony Molland et Phil Wilson – Département des sciences du bateau, Université de Southampton, Royaume-Uni

Gowan Mac Alister, Mac Alister Elliot et Associés, Lymington, Royaume-Uni

Brian O'Riordan – Groupe de développement de technologie intermédiaire, Rugby, Royaume-Uni

Dr K. Ravindran – Directeur de l'Institut central de technologie des pêches, Cochin, Inde

Linda Temprosa – Bibliothécaire, ICLARM, Philippines

Jeremy Turner – Département des pêches, FAO, Rome, Italie

Enfin, je remercie tout particulièrement mon père, Robin Wilson, pour sa patience devant le télécopieur et la masse de documents.

Note interprétative

Nomenclature

Tr/min Tours par minute

PMC Puissance maximale continue

Mn Mille nautique = 1 852 m

CH Cheval vapeur = 736 watts

Nd Nœud = 1 852 m/h = 1 mille nautique (mn)/h

Procédés empiriques, indications et approximations rapides sont présentés dans des pavés:

- On doit choisir le réducteur fournissant 1 000 tr/min maximum à l'hélice.

Distribution:

- Département des pêches de la FAO
- Représentants régionaux de la FAO
- Fonctionnaires régionaux des pêches de la FAO
- Projets sur les pêches de la FAO

J.D.K. Wilson

Economies de carburant dans la pêche artisanale

Document technique sur les pêches n° 383, FAO, Rome, 2003, 46 p.

RÉSUMÉ

La pêche continue à être la méthode de production alimentaire la plus grande consommatrice d'énergie dans le monde actuel, et elle dépend presque exclusivement des moteurs à explosion consommant des produits dérivés du kérosène. On ne voit pas encore quelle autre source d'énergie pourrait se substituer au moteur à explosion dans un avenir proche ou à moyen terme. Cette activité continue à être exposée aux prix mondiaux du carburant et il est impossible de dire que ces derniers demeureront stables indéfiniment.

La pêche artisanale produit environ la moitié de la production halieutique mondiale et, bien qu'elle ait généralement besoin de plus de main-d'œuvre que la grande pêche industrielle, elle est de plus en plus affectée par les coûts de l'énergie. Dans les pays en développement, en dépit des mesures d'économie d'énergie des années 80 (suite à l'augmentation énorme du prix des carburants fossiles), la mécanisation continue à croître. Les coûts de carburant ont toujours plus d'impact, non seulement sur le prix au consommateur, mais également sur le revenu net des pêcheurs et armateurs. Quand on considère le niveau de l'emploi et le système de répartition des coûts, on saisit l'importance croissante, d'un point de vue social, d'améliorer et de conserver l'efficacité énergétique dans la pêche artisanale.

Ce guide présente l'information sur les points clés techniques qui affectent le rendement énergétique, mais seule une partie de l'information donnée ici s'appliquera à une pêche particulière. Ce guide n'est pas le résultat d'un travail de terrain déterminé mais est le fruit de la recherche et de l'expérience des 20 dernières années, remis à jour pour inclure les innovations techniques.

L'ouvrage est divisé en deux parties principales: la première expose les modifications des techniques de travail plutôt que le changement de technologie; la seconde donne les informations aux exploitants de bateaux qui prévoient la construction d'un bateau neuf, ou la révision et le rééquipement d'un bateau existant.

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| INTRODUCTION | 1 |
| Historique | 1 |
| But de cet ouvrage | 1 |
| Sources de gaspillage d'énergie | 2 |
| | |
| MESURES D'EXPLOITATION | 5 |
| Conduite du moteur | 5 |
| Ralentissement | 5 |
| Rendement du moteur | 6 |
| Entretien du moteur | 9 |
| Etat de la coque | 10 |
| Salissures | 11 |
| Rugosité | 12 |
| Opérations de pêche | 13 |
| Autonomie | 13 |
| Technologie de pêche | 13 |
| Navigation | 14 |
| Propulsion mixte voile/moteur | 14 |
| | |
| MESURES TECHNIQUES | 15 |
| L'hélice | 15 |
| Facteurs du rendement de l'hélice | 15 |
| Etude de l'hélice – Avez-vous l'hélice qui convient? | 19 |
| Dessin de la coque | 22 |
| Ecoulement de l'eau dans l'hélice | 22 |
| Forme de la coque | 23 |
| Moteurs | 23 |
| Quelle puissance? | 23 |
| Choix du type de moteur | 24 |
| Montage des moteurs | 28 |
| Echappement et circulation d'air | 29 |
| | |
| Annexe 1 | |
| Enregistrement des données | 31 |
| Annexe 2 | |
| Aide aux décisions | 33 |
| Annexe 3 | |
| Guide pour une vitesse optimale | 35 |
| Annexe 4 | |
| Méthode Crouch de calcul de l'hélice | 39 |
| | |
| BIBLIOGRAPHIE | 43 |

Tableaux

| | |
|---|----|
| 1. Consommation de carburant d'un chalutier de 10 m (en route libre) | 7 |
| 2. Vitesses maximales recommandées | 8 |
| 3. Dégagements, hélice à trois pales | 17 |
| 4. Moteur diesel fixe | 25 |
| 5. Moteur hors-bord deux-temps à essence | 26 |
| 6. Moteur hors-bord quatre-temps à essence | 26 |
| 7. Moteur hors-bord diesel | 27 |
| 8. Moteur hors-bord à kérosène | 27 |
| 9A. Coûts | 31 |
| 9B. Gains | 31 |
| 10. Résultats d'essais | 36 |
| 11. Coefficients d'adaptation aux hélices à deux et quatre pales | 39 |

Figures

| | |
|--|----|
| 1. Pertes d'énergie sur un petit chalutier | 2 |
| 2. Courbe caractéristique de consommation de carburant d'un moteur diesel classique | 5 |
| 3. Courbe caractéristique de consommation de carburant d'un turbodiesel | 6 |
| 4. Courbes puissance/vitesse | 7 |
| 5. Courbes comparatives de consommation de carburant pour une pirogue de 13 m | 8 |
| 6. Courbes comparatives de consommation de carburant pour une pirogue de 13,1 m | 8 |
| 7. Augmentation de la demande de puissance en fonction des rugosités de la coque | 12 |
| 8. Taux de la surface des pales | 16 |
| 9. Inclinaison des pales | 16 |
| 10. Dégagements | 17 |
| 11. Hélice dans une tuyère | 20 |
| 12. Vérification des avantages d'une tuyère (bateau à une seule hélice) | 21 |
| 13. Profil du massif arrière ou talon d'étambot | 22 |
| 14. Exemple d'évaluation d'un l'investissement dans une technologie améliorant le rendement en carburant | 33 |
| 15. Exemple de courbe coût du temps/vitesse du bateau | 37 |
| 16. Autres exemples coût/vitesse | 37 |
| 17. Diagramme de pas d'hélice (400-1 500 tr/min) | 40 |
| 18. Diagramme de pas d'hélice (1 400-2 500 tr/min) | 41 |
| 19. Diagramme de diamètres d'hélice (400-1 500 tr/min) | 41 |
| 20. Diagramme de diamètres d'hélice (1 400-2 500 tr/min) | 42 |

Introduction

HISTORIQUE

La pêche continue à être la méthode de production alimentaire la plus grande consommatrice d'énergie dans le monde actuel et elle dépend presque exclusivement des moteurs à explosion consommant des produits dérivés du pétrole. On ne voit pas encore quelle autre source d'énergie pourrait se substituer au moteur à explosion dans un avenir proche ou à moyen terme. Cette activité continue à être exposée aux prix mondiaux du carburant et il est impossible de dire que ces derniers demeureront stables indéfiniment. En effet, vu le rythme actuel de consommation des énergies fossiles, certains analystes prédisent des augmentations très importantes du coût de l'énergie dans les prochaines 15 à 50 années.

La pêche artisanale fournit environ la moitié de la production mondiale de poisson et, bien qu'elle ait généralement besoin de plus de main-d'œuvre que la grande pêche industrielle, elle est de plus en plus affectée par les coûts de l'énergie.

Dans les pays en développement, en dépit des mesures d'économies d'énergie des années 80 (suite à l'augmentation énorme du prix des carburants fossiles), la mécanisation continue à croître. Les coûts de carburant ont toujours plus d'impact, non seulement sur les prix au consommateur, mais également sur le revenu net des pêcheurs et armateurs. Lorsque l'on considère le niveau de l'emploi et le système de répartition des coûts, on saisit l'importance croissante, d'un point de vue social, d'améliorer et de conserver l'efficacité énergétique dans la pêche artisanale.

Les coûts de l'énergie dans une pêche déterminée dépendent essentiellement de la technologie utilisée et des conditions économiques locales comprenant les taxes, les subventions, les coûts de main-d'œuvre et d'exploitation. Les chiffres caractéristiques considèrent les coûts de l'énergie légèrement inférieurs à 10 pour cent du résultat brut pour la pêche au chalut et à environ 5 pour cent du résultat brut dans les méthodes passives comme la pêche au filet maillant.

On doit d'abord reconnaître qu'il y a des différences considérables dans les besoins d'optimisation de l'énergie entre les pêcheries et celles-ci reflètent les conditions économiques locales, les technologies disponibles et le contexte culturel.

BUT DE CET OUVRAGE

Cet ouvrage n'est pas le résultat d'un travail de terrain déterminé, mais le fruit de la recherche et de l'expérience des 20 dernières années, remis à jour, dans la mesure du possible, pour inclure les innovations techniques. Il présente l'information sur les points clés techniques qui affectent l'efficacité énergétique, mais seule une partie de l'information donnée ici peut s'appliquer à une situation spécifique particulière.

Ce document a pour but d'aider les propriétaires et les exploitants de bateaux de pêche inférieurs à 16 m de long, en améliorant et conservant le rendement énergétique de leurs bateaux. La base en est technique mais, dans la mesure du possible, on a donné des indications pour économiser carburant et argent par le biais de techniques, technologies et méthodes d'exploitation améliorées. On a également abordé les aspects concernant les dessins de coque et l'installation des moteurs pour un meilleur rendement énergétique, ce qui devrait intéresser les motoristes de mécanique navale et les constructeurs de bateaux. Les fonctionnaires du Département des pêches et les agents de terrain devraient également pouvoir utiliser ce guide pour conseiller les utilisateurs du secteur privé et indiquer les priorités des interventions.

Cet ouvrage est centré exclusivement sur les bateaux lents qui prédominent dans la pêche artisanale mondiale et l'on n'a pas essayé de couvrir les éléments techniques ou l'utilisation de vedettes rapides. Dans de nombreux cas cependant, les principes de base exposés ici sont applicables aussi bien aux bateaux lents que rapides.

L'ouvrage comprend deux parties principales, *Mesures d'exploitation* et *Mesures techniques*. La première traite des changements qui peuvent être apportés pour améliorer le rendement énergétique sans modifier le bateau ou son équipement. Les points discutés sont en rapport avec les modifications des techniques d'exploitation plutôt qu'avec des changements de technologies. La seconde s'adresse plutôt à des exploitants de bateaux qui envisagent la construction d'un nouveau bateau ou la révision et le rééquipement d'un bateau existant.

On n'a pas essayé de proposer des solutions techniques complètes parce que, du fait de la variété des bateaux de pêche de cette taille, un tel essai n'aurait pas de sens. Les domaines principaux où l'on peut réaliser une économie

d'énergie sont soulignés et, dans la mesure du possible, on a indiqué l'importance de cette économie. On déterminera la portée de ces gains d'abord en évaluant la quantité d'énergie utilisée par les activités de pêche et ensuite par le coût de cette énergie.

Le guide devrait être considéré comme partie d'un processus décisionnel, et il est inévitable que les propriétaires et utilisateurs de bateaux de pêche devront demander une assistance spécialisée avant de mettre en œuvre nombre d'idées présentées ici. On crédite le lecteur d'une connaissance mécanique de base et, comme on doit utiliser des données chiffrées, il est indispensable d'avoir des notions de mathématique.

Les chiffres des économies de carburant indiquées dans cet ouvrage doivent uniquement être considérés comme des tendances et, en aucun cas, ni l'auteur, ni l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) ne doivent être tenus responsables quant à la précision des données ou leur utilisation dans des situations particulières de pêche.

SOURCES DE GASPILLAGE D'ÉNERGIE

En traitant le problème d'économie d'énergie, il est utile de considérer le point où l'énergie est utilisée sur un bateau de pêche et quels sont les aspects qui peuvent être du ressort de l'opérateur, du constructeur de bateau ou du mécanicien.

Dans un petit bateau à basse vitesse, la répartition approximative de l'énergie créée par la combustion du carburant est montrée à la figure 1. Un tiers seulement de l'énergie fournie par le moteur atteint l'hélice et, dans le

cas d'un petit chalutier, il n'y a encore qu'un tiers de cette dernière qui soit en fait utilisé réellement pour, par exemple, tirer le chalut, soit en final 1/9^e de l'énergie du moteur.

Sur un bateau qui ne traîne ni filet ni drague, l'énergie qui atteint l'hélice se décompose comme suit:

- 35 pour cent sont utilisés pour la rotation de l'hélice;
- 27 pour cent pour vaincre la résistance de vague;
- 18 pour cent pour vaincre le frottement de la coque;
- 17 pour cent pour vaincre les remous de l'hélice;
- 3 pour cent pour vaincre la résistance de l'air.

Où peut-on gagner ou au moins perdre le minimum?

Le moteur. La majeure partie de l'énergie créée par la combustion du carburant dans le moteur est perdue comme chaleur dans l'échappement et le système de refroidissement, et malheureusement l'opérateur ne peut pas faire grand-chose pour récupérer utilement cette énergie. Dans certains cas, une partie peut être reprise par l'utilisation de turbocompresseur (voir la section *Moteurs*) mais, en général, l'efficacité thermique des petits moteurs diesels rapides est faible et on ne peut guère l'améliorer. Certains moteurs cependant sont sensiblement plus économes que d'autres (spécialement certains types de moteurs hors-bord). Le choix de moteur est détaillé dans la section *Choix du type de moteur*.

L'hélice. La perte d'énergie dans la rotation de l'hélice est due à deux facteurs principaux, à savoir: la conception de l'hélice (comment elle est adaptée au moteur, au réducteur, à la coque et à son utilisation) et son état. Ces facteurs

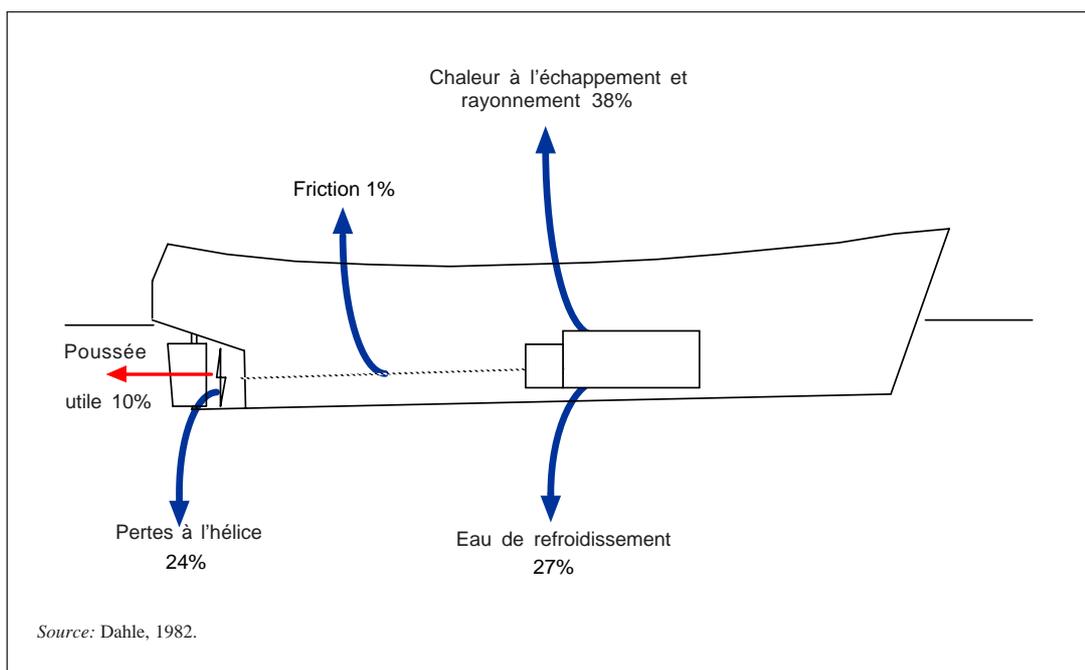


Figure 1
Pertes d'énergie sur un petit chalutier

peuvent être influencés par l'utilisateur du bateau et sont traités dans la section *L'hélice*.

Le mode de fonctionnement. L'effet de *résistance de vague*, bien que déterminé principalement par les dimensions et la forme du bateau (voir *Forme de coque*), augmente énormément avec la vitesse. On peut faire des économies importantes de carburant en maintenant une vitesse raisonnable pour la coque quel que soit le type de bateau. Les facteurs du choix d'une vitesse optimale sont décrits dans la section *Conduite du moteur* à l'Annexe 3

Les opérations de pêche influencent la consommation d'énergie et son rendement selon la technologie de l'équipement, son mode d'utilisation et particulièrement la longueur des marées. Dans la pratique aucun de ces éléments n'est facile à modifier. Ils sont évalués à la section *Opérations de pêche*.

Entretien de la coque. L'importance de la *friction de la coque* est due principalement à la finition de la coque – les aspérités de la coque aussi bien que les algues et animaux marins que l'on laisse s'accumuler sur la coque. Ces deux facteurs dépendent directement du programme d'entretien de l'exploitant mais, selon les types de bateau et de pêche, une dépense importante pour la finition de la coque n'est pas toujours payante. Ce point est traité à la section *Etat de la coque*.

Quand on essaie d'établir des priorités dans ce qui peut être réalisé facilement pour économiser l'énergie, on a intérêt à regarder les résultats des travaux réalisés en Nouvelle-Zélande (Gilbert, 1983). On y voit que les causes essentielles du gaspillage d'énergie sont, dans l'ordre de priorité:

- les gens – essentiellement l'utilisateur du bateau;
- les hélices – pas et diamètre inadaptés;
- les moteurs – inadaptés au réducteur et/ou à l'hélice; moteur ne convenant pas ou mal utilisé.

L'utilisateur est le facteur le plus important. Des améliorations techniques pour économiser l'énergie sont en effet inutiles sans les modifications correspondantes des méthodes de travail. Une amélioration technique, qui permet à un bateau de consommer moins d'énergie à une vitesse d'utilisation donnée, peut bien souvent être utilisée pour augmenter la vitesse, ce qui annule toute économie. Un gain effectif d'énergie doit être conservé comme une économie.

- Si le surcroît d'énergie créé, provenant de modifications de technique ou d'utilisation, est utilisé pour aller plus vite (ou pour travailler plus), il n'y aura alors pas d'économies – La maîtrise de l'utilisation de l'énergie dépend invariablement des décisions et du jugement du capitaine du bateau au jour le jour.

Mesures d'exploitation

Ce chapitre traite des mesures d'efficacité énergétique qui peuvent être prises sans investir dans un équipement neuf important. Il est bon de noter que cela ne signifie *pas* que ces mesures soient gratuites – dans chacun des cas, on doit payer une sorte de pénalité pour l'économie d'énergie, soit en terme de coût plus élevé d'utilisation, soit par des séjours en mer plus longs. Le point crucial est de savoir si la pénalité est compensée par les économies de carburant. Il est malheureusement impossible de donner des règles générales sur les mesures d'économie d'énergie – celles-ci varient d'un bateau à l'autre et selon les pêcheries. C'est du ressort des armateurs/capitaines de juger si ces mesures sont applicables dans leur situation particulière.

CONDUITE DU MOTEUR

Ralentissement

La vitesse est le plus important facteur influençant la consommation de carburant. Son effet est si important que, même s'ils sont bien connus de nombreux patrons de bateaux, les principes de base valent la peine d'être redits une fois de plus. Quand un bateau est propulsé dans l'eau par l'hélice, une certaine quantité d'énergie est utilisée pour créer des vagues le long et à l'arrière du bateau. L'effort dépensé en créant ces vagues est connu comme la résistance de vague. Quand la vitesse du bateau augmente, l'effort utilisé à la création des vagues croît rapidement *de manière disproportionnée par rapport à l'augmentation de la vitesse*. Pour doubler la vitesse du bateau, on doit brûler plus du double de carburant. Aux vitesses plus

élevées du bateau, non seulement on dépense plus de carburant pour vaincre la résistance de vague, mais le moteur lui-même peut ne plus fonctionner à son régime le plus efficace, et ce plus particulièrement si le moteur approche sa vitesse de rotation maximale. Ces deux effets se combinent pour donner un taux de consommation de carburant relativement faible à grande vitesse et, inversement, des économies sensibles de carburant en réduisant la vitesse.

Le choix de la vitesse d'utilisation (particulièrement en route libre) est généralement du ressort direct du capitaine. Les économies de carburant, qui peuvent être réalisées en ralentissant, ne requièrent aucun coût direct additionnel. La vitesse du bateau pendant la pêche peut dépendre d'autres paramètres tels que vitesse optimale de chalutage, et ne peut pas être modifiée très librement.

Economiser le carburant en réduisant la vitesse requiert deux conditions:

- *La connaissance*. Le capitaine doit être conscient de ce qui peut être économisé en ralentissant le bateau.
- *La mesure*. Le capitaine doit être disposé à aller plus lentement en dépit du fait que le bateau pourrait aller plus vite.

Combien peut-on donc économiser en ralentissant? Les économies réelles faites en ralentissant sont presque impossibles à prévoir du fait qu'elles dépendent de plusieurs facteurs. Quand la vitesse d'un moteur est plus faible que sa vitesse de rotation maximale:

- le bateau ralentit et le temps de trajet est plus long;

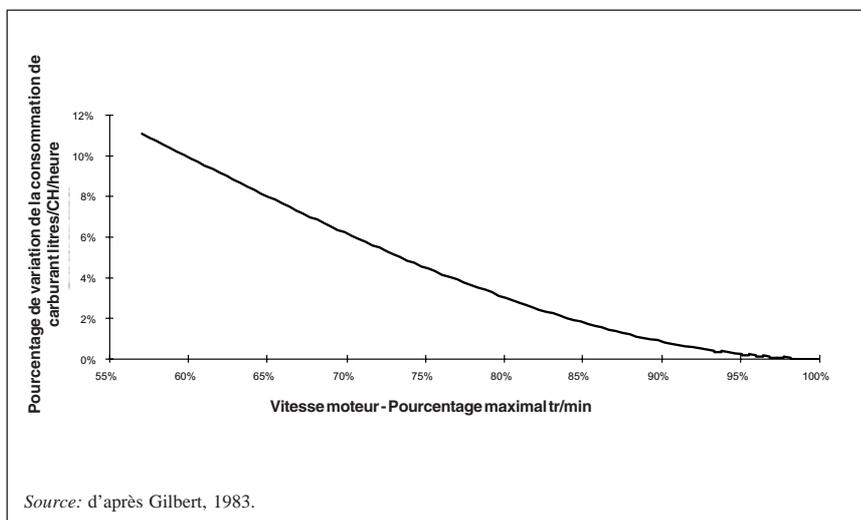


Figure 2
Courbe caractéristique de consommation de carburant d'un moteur diesel classique

- l'efficacité du moteur change, mais il consomme moins de carburant à l'heure;
- la résistance de la coque à l'eau chute très rapidement;
- l'efficacité des changements de propulseur est modifiée.

Rendement du moteur

Moteurs diesels. La quantité de carburant consommée par un moteur diesel pour produire chaque CH change légèrement en fonction de la vitesse du moteur. Un moteur diesel classique (qui n'a pas de turbocompresseur) tend à utiliser plus de carburant par CH à faible vitesse comme le montre la figure 2. A faible vitesse de rotation, le moteur peut en fait travailler moins efficacement.

Un turbodiesel équipé d'un petit compresseur pour forcer l'air à entrer dans le moteur a des caractéristiques légèrement différentes. Ce type de moteur peut travailler plus efficacement à des vitesses légèrement plus faibles mais le rendement peut chuter rapidement quand on diminue encore la vitesse. Le graphique de la figure 3 montre que le moteur travaille plus efficacement aux environs de 80 pour cent de sa vitesse maximale. Il faut noter que dans ces deux graphiques le taux de variation du rendement est très faible – de l'ordre de quelques pour cent pour une réduction de la vitesse de rotation du moteur de 20 pour cent.

Les caractéristiques de la courbe de consommation de carburant varient d'un moteur à l'autre, surtout sur les petits moteurs, mais ce sont des approximations:

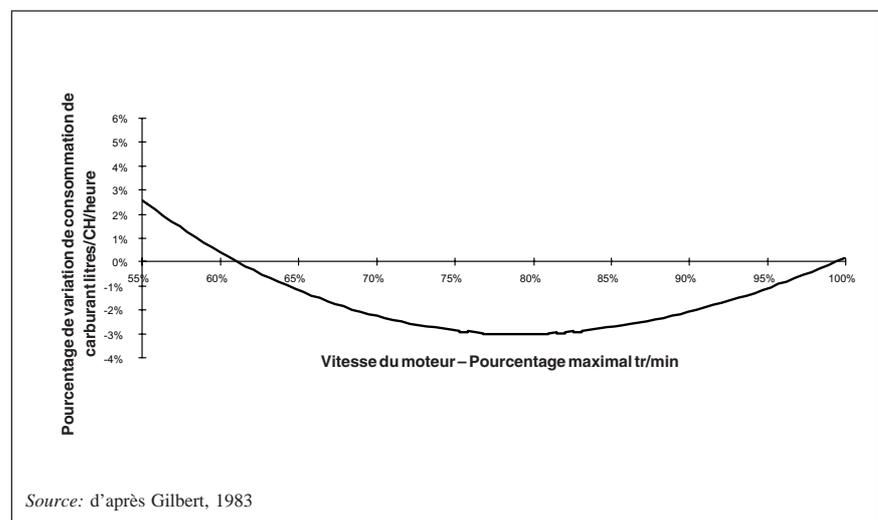
- Un petit moteur diesel devrait être utilisé à environ 80 pour cent de sa vitesse maximale.

Température. Les moteurs diesels sont très sensibles aux variations de la température du carburant. Pendant un long voyage, le carburant dans le réservoir d'un chalutier se réchauffe lentement du fait de la température du retour de carburant. Il en résulte une légère perte de puissance d'environ 1 pour cent par 6 °C au-dessus de 65 °C. Cet effet est plus sensible sur les bateaux opérant dans les eaux tropicales.

Moteurs hors-bord. Un moteur hors-bord à deux-temps classique à essence peut présenter des caractéristiques inattendues de consommation de carburant. La consommation de carburant pour chaque CH produit augmente rapidement quand on réduit la charge (Aegisson et Endal, 1992). Cela est dû à une rupture dans l'arrivée du mélange carburant et aux gaz d'échappement dans le moteur, produisant ainsi une combustion nettement moins efficace. Il est important de noter que, comme un diesel classique, un moteur hors-bord consommera moins de carburant par heure à vitesse réduite mais le fera inefficacement – la puissance produite est proportionnellement moindre que les économies de carburant. Il est toujours avantageux d'utiliser le moteur à vitesse réduite, mais moins que l'on pourrait espérer.

Les moteurs hors-bord au kérosène sont encore moins aptes aux économies de carburant par réduction de vitesse moteur. Quand on réduit l'ouverture du gicleur, le moteur aspire proportionnellement plus d'essence que de kérosène dont le coût diminuera par la suite les économies dues à la réduction de la consommation de carburant par heure. Bien que l'on puisse économiser du carburant en utilisant des moteurs hors-bord à deux-temps en réduisant l'ouverture du gicleur, on doit noter que:

Figure 3
Courbe caractéristique de consommation de carburant d'un turbodiesel



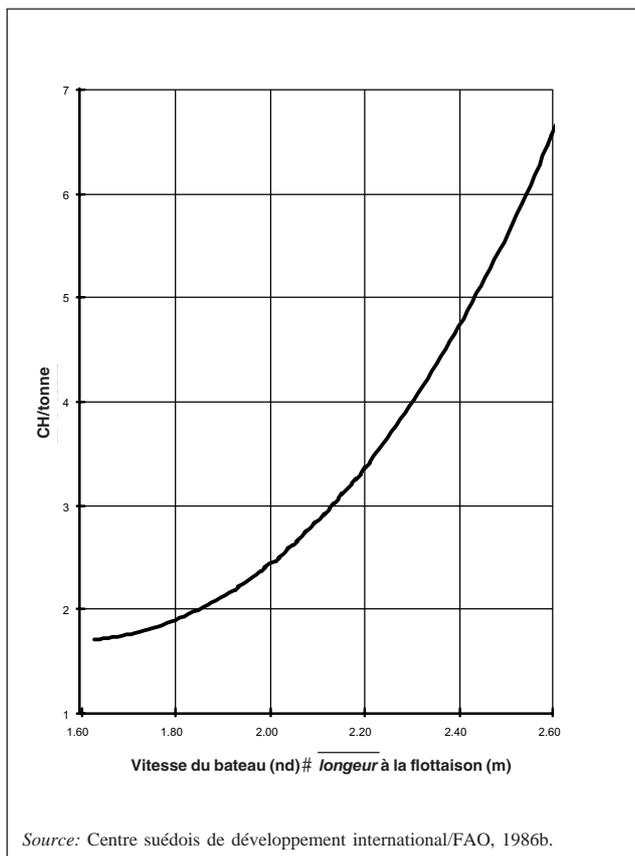
- Pour économiser l'énergie, il est plus efficace de réduire la vitesse en utilisant des moteurs hors-bord moins puissants que de réduire l'ouverture des gouvernails sur des moteurs plus puissants.

Cela, cependant, réduit la réserve de puissance du moteur qui se révélerait nécessaire pour des raisons de sécurité (par exemple, pour éviter un coup de temps) ou quand un meilleur prix au marché compense une augmentation de la consommation de carburant due à une arrivée plus précoce au débarquement.

Résistance de la coque. Comme il est dit plus haut, la résistance de la coque dans l'eau croît rapidement quand la vitesse augmente, due surtout au développement rapide de la résistance de vague. La variation de la résistance de la coque est beaucoup plus importante que la variation de rendement du moteur. La figure 4 montre comment la demande typique de puissance d'un petit bateau de pêche varie avec la vitesse. Aux vitesses plus élevées, on note que:

- la courbe a une pente plus forte;
- on a besoin d'une très forte augmentation de puissance pour obtenir une petite augmentation de vitesse; et
- une faible diminution de vitesse apportera une forte réduction dans la demande de puissance.

Figure 4
Courbe puissance/vitesse



La forme exacte du diagramme puissance/vitesse variera d'un bateau à l'autre, mais la figure 4 présente une approximation raisonnable pour une forme courante de bateau avec un moteur diesel fixe. Un bateau avec un moteur hors-bord aura besoin de 50 pour cent de puissance supplémentaire, surtout du fait du mauvais rendement des hélices du hors-bord. Il est important de réaliser que la consommation aussi bien d'un diesel que d'un moteur hors-bord à essence est approximativement proportionnelle à la puissance nominale produite et qu'une forte demande de puissance conduit directement à une forte consommation de carburant.

Effets combinés. Quand on considère les effets complexes de la réduction de vitesse sur la consommation de carburant d'un bateau de pêche, il est très important de se souvenir que la variation de consommation d'un moteur par heure n'est pas d'un grand intérêt. Presque toutes les opérations de pêche demandent au bateau de se déplacer d'un port ou d'un lieu de débarquement à un site de pêche déterminé. Par conséquent, le facteur important est la quantité de carburant utilisée pour parcourir une distance déterminée ou la consommation par mille nautique (mn). La consommation de carburant par mille nautique montre non seulement comment la performance du moteur varie avec la vitesse, mais également les interactions entre coque et hélice, qui ne sont pas mises en évidence dans les chiffres de consommation de carburant par heure.

Pour de faibles variations de vitesse, une approximation de la consommation par mn peut être établie en utilisant l'équation suivante:

$$\bullet \text{ Nouvelle consommation} = \text{consommation antérieure} \times \left(\frac{\text{Nouvelle vitesse du bateau}}{\text{vitesse antérieure}} \right)^2$$

Par exemple, un bateau naviguant à 9 nœuds utilise 19 litres de carburant par heure. Sa consommation au mille nautique est donc:

Tableau 1
Consommation de carburant d'un chalutier de 10 m (en route libre)

| Vitesse (nd) | Réduction de vitesse | Réduction de la consommation de carburant (litres/mn) |
|--------------|----------------------|---|
| 7,8 | | 0% |
| 7,02 | 10% | 28% |
| 6,24 | 20% | 51% |

Source: Aegisson et Endal, 1992.

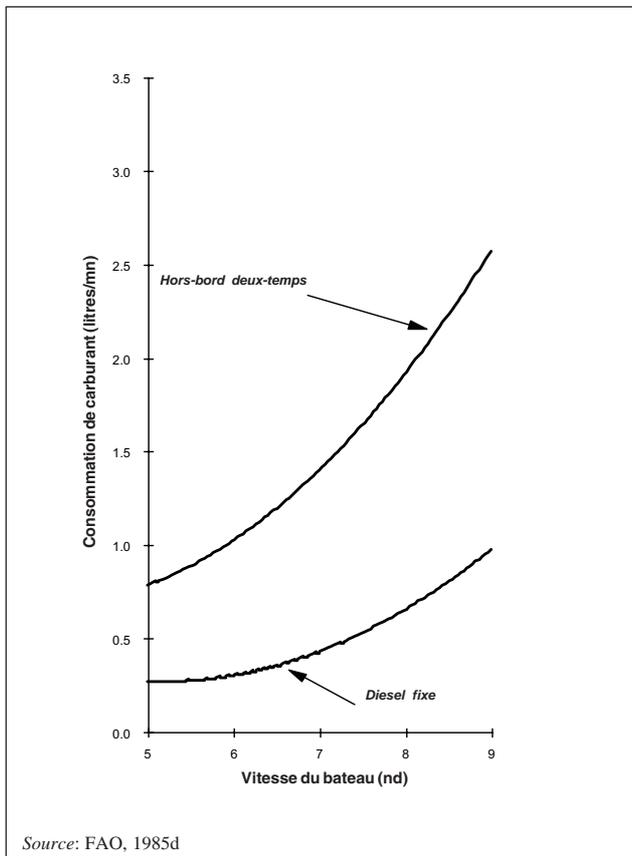
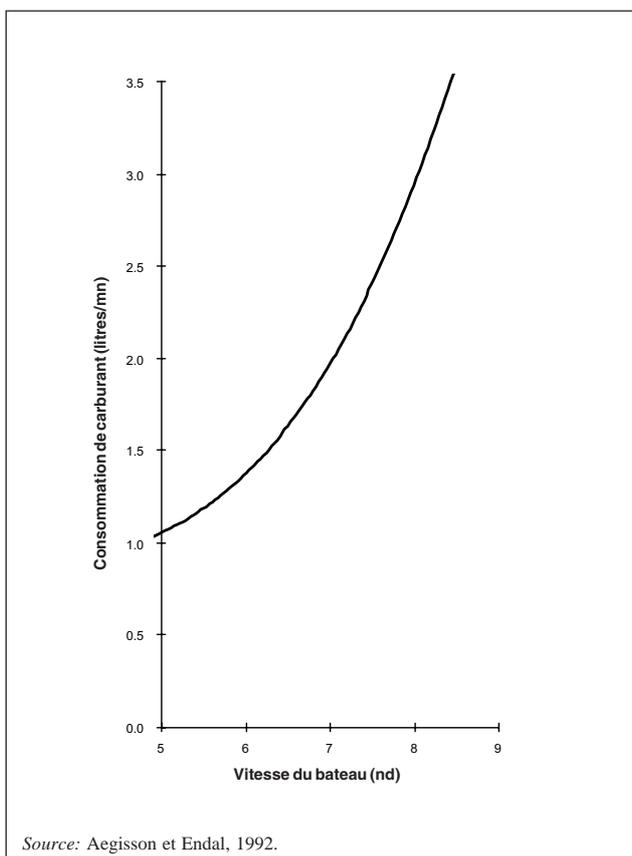


Figure 5
Courbes comparatives de consommation de carburant pour une pirogue de 13 m

Figure 6
Courbe de consommation pour un senneur de 13,1 m



Consommation antérieure = $\frac{19}{9} = 2,11$ litres par mille nautique

Si on réduit la vitesse à 8,5 nœuds, on peut évaluer la nouvelle consommation par l'équation ci-après:

$$\text{Nouvelle consommation de carburant} = 2,11 \times \left(\frac{8,5}{9}\right)^2 = 1,88 \text{ litre par mille nautique}$$

Cela veut dire qu'une réduction de 6 pour cent de la vitesse (de 9 à 8,5 nœuds) apporte une économie de carburant d'environ 11 pour cent. La méthode ci-dessus n'est valable que pour une estimation rapide car elle peut cacher plusieurs interactions de la coque et de l'hélice qui affectent la consommation de carburant. Celles-ci sont mieux mises à jour en faisant de simples essais chiffrés sur le bateau de pêche en question (voir Annexe 3 *Un guide pour une vitesse optimale*). Des essais de réduction de vitesse sur des chalutiers en route libre (Aegisson et Endal, 1992; Hollin et Windh, 1984) montrent que les économies de carburant peuvent être considérablement plus importantes que celles obtenues par l'équation ci-dessus.

Les figures 5 et 6 montrent les courbes typiques de consommation de carburant d'après des essais. La figure 5 illustre également la très grande différence dans les économies de carburant entre moteur hors-bord à essence et moteur diesel fixe (cela est développé dans la section *Moteurs*). Les données pour le moteur hors-bord indiquent qu'une réduction de vitesse de 1 nœud de 9 à 8 nœuds (11 pour cent) apporte une économie de carburant d'environ 25 pour cent.

La valeur exacte des économies de carburant est étroitement liée à la vitesse originale du bateau. La vitesse maximale de déplacement de la coque (mesurée en nœuds) est environ $2,43 \times \sqrt{\text{longueur}}$ à la flottaison (en m), vitesse au delà de laquelle il commence à surfer et à planer sur

Tableau 2
Vitesses maximales recommandées

| Longueur à la flottaison (m) | Bateaux longs et effilés | |
|------------------------------|--------------------------|----------------|
| | Vitesse maximale (nd) | Bateaux trapus |
| 8 | 6,7 | 5,6 |
| 9 | 7,1 | 5,9 |
| 10 | 7,5 | 6,3 |
| 11 | 7,8 | 6,6 |
| 12 | 8,2 | 6,9 |
| 13 | 8,5 | 7,1 |
| 14 | 8,8 | 7,4 |
| 15 | 9,1 | 7,7 |
| 16 | 9,4 | 7,9 |

l'eau au lieu d'y tracer son sillage. Plus la vitesse du bateau est proche de son maximum et plus le gain obtenu en ralentissant est important.

Vers une vitesse optimale. Economiser le carburant en réduisant la vitesse est une très bonne chose mais, comme indiqué dans l'introduction à ce chapitre, rien n'est gagné sans une pénalité. Dans ce cas, la contrepartie pour l'opérateur est le temps passé, et il est difficile de décider si cela vaut la peine de ralentir. Une vitesse réduite peut conduire à un temps de pêche plus court, moins de temps libre entre deux marées ou même des prix de vente de la pêche plus faibles dus à un retour tardif.

En considérant seulement la résistance du bateau dans l'eau, on peut recommander les vitesses maximales comme suit:

- Pour des bateaux longs et effilés comme les pirogues la vitesse (en nœuds) devrait être inférieure à $2,36 \times \sqrt{L}$.
- Pour des bateaux trapus comme les chalutiers, la vitesse maximale devrait être inférieure à $1,98 \times \sqrt{L}$, où L est la longueur en mètres à la flottaison.

Ces indications donnent les vitesses de croisière maximales recommandées au tableau 2, p. 8

Le tableau 2 peut servir de première estimation dans le choix d'une vitesse *raisonnable*, mais celle-ci n'est pas nécessairement une vitesse *optimale*. L'estimation d'une vitesse optimale demande de la part de l'utilisateur du bateau d'établir un équilibre entre le fait de ralentir et les coûts résultant d'une sortie de pêche plus longue ou d'un temps de pêche plus court. En clair, si un retour tardif au point de débarquement signifie que le marché est fermé et que la pêche est invendable, il vaut mieux faire le plus vite possible pour s'assurer du marché. Par contre, si le marché est ouvert en permanence et si les prix ne varient pas, cela vaut la peine d'économiser le carburant et de rentrer à vitesse réduite. La question est: combien plus lentement?

- La vitesse optimale dans une situation particulière serait celle où le carburant économisé en rentrant plus lentement compense exactement la «perte» due à l'arrivée plus tardive.

Une part importante de la décision est déterminée par une évaluation du temps du capitaine. Une telle évaluation sera, au mieux, un jugement subjectif dépendant de priorités personnelles. Combien un capitaine gagnera-t-il en arrivant une heure plus tôt ou combien perdra-t-il en

Tableau résumé 1
Ralentissement

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| > Pas d'augmentation des coûts directs | x Demande une réduction de la vitesse |
| > Les économies de carburant peuvent être très importantes | x L'équipage et le propriétaire peuvent avoir des intérêts divergents |
| > Très facile à mettre en pratique | x Moins aisé |
| | x Si on réduit la vitesse en installant un moteur plus faible, la marge de sécurité peut être réduite |

arrivant une heure plus tard? Ces gains ou pertes ne sont pas toujours quantifiables. Par exemple, l'équipage pourrait vouloir passer du temps en famille entre deux marées. Cela n'a pas de valeur précise et ne peut pas être clairement défini comme un coût, bien que pouvant entraîner une perte imputable à un retour tardif.

Il est important de reconnaître que les gens impliqués dans la gestion et la conduite d'un bateau de pêche n'ont pas forcément la même conception du temps. La décision est plus facile à prendre si le capitaine est également l'armateur. Toutefois, un conflit d'intérêts peut surgir, quand le propriétaire n'est pas à bord, ce qui n'incite pas à faire des économies de carburant.

Par exemple, le capitaine (qui prend la décision à bord de ralentir ou non) peut être fatigué et vouloir rentrer à la maison le plus vite possible. Le propriétaire du bateau, quant à lui, peut déjà avoir assuré la vente de la pêche et être plus intéressé par une réduction des coûts d'exploitation (y compris de carburant) plutôt que par une rentrée rapide du bateau au port. Le point crucial est de savoir dans quelle mesure la personne qui décide de la vitesse du bateau est concernée par la répartition des coûts d'exploitation du bateau. Si le carburant est toujours à la charge du propriétaire, l'équipage peut ne pas être intéressé par une faible vitesse destinée à économiser le carburant.

Basée sur les travaux de Lundgren (1985), une méthode quantitative d'estimation de la vitesse optimale est exposée à l'Annexe 3. Bien que la détermination de la vitesse optimale dépende d'un procédé incertain d'estimation de l'évaluation du temps par le capitaine, la méthode donne des mesures directes pouvant facilement identifier les vitesses auxquelles le bateau ne doit pas naviguer, compte non tenu des aspects humains de la décision.

Entretien du moteur

Une mise en route faite avec soin et un entretien régulier sont très importants pour assurer la sécurité aussi bien que la performance des moteurs (consommation du carburant incluse). Cela concerne aussi bien les moteurs hors-bord

que fixes. Chaque fabricant de moteur recommande un entretien périodique qui doit être respecté rigoureusement surtout pour l'entretien de base tel que les vidanges et le remplacement des filtres.

- Un moteur neuf ou rénové doit être mis en route avec soin.
- On doit suivre le programme d'entretien prescrit par le fabricant de moteur.
- Une intervention mécanique compliquée doit être confiée à un mécanicien qualifié.

Si l'on ne tient pas compte des instructions de mise en route et d'entretien, on peut aboutir à une dégradation irrécupérable des performances d'un moteur. L'exemple suivant illustre bien ce qui vient d'être dit: une étude sur l'efficacité énergétique dans la pêche artisanale en Inde (Aegisson et Endal, 1992) a testé deux moteurs identiques sur la même pirogue. Un des moteurs avait été mal entretenu et il consommait *deux fois* plus de carburant et ne produisait que 85 pour cent de la vitesse de l'autre moteur qui lui était bien entretenu.

Un entretien préventif soigné est d'autant plus important dans certaines régions que le carburant y est de médiocre qualité. Cela peut conduire à des dépôts importants de carbone, à de basses températures de moteurs et à une perte de puissance importante. Dans les moteurs diesel un taux élevé de soufre dans un carburant de mauvaise qualité conduit à un changement fréquent des injecteurs. Le premier signe d'un besoin de remplacement des injecteurs est l'augmentation de la consommation de carburant (ou une chute de puissance) et une fumée d'échappement noire. La liste qui suit donne les causes possibles des fumées d'échappement noires des moteurs diesels (Gilbert, 1983).

- Fumée d'échappement noire:
 - moteur surchargé;
 - manque d'air;
 - injecteurs usés.
- Fumée d'échappement blanche:
 - injecteurs et soupapes déréglés;
 - fuites à l'admission ou soupapes d'échappement grillées;
 - segments de pistons abîmés ou usés;
 - faible compression;
 - contre pression à l'échappement.
- Fumée d'échappement bleue:
 - huile dans la chambre de combustion (normalement dans le diesel classique) dû à des tiges de soupapes usées ou à des segments de piston cassés ou usés;

- dans les turbodiesels, les mêmes causes que celles énoncées ci-dessus ou entrée d'huile
- dans l'échappement du turbocompresseur due à un joint défectueux.

ÉTAT DE LA COQUE

La résistance au frottement ou le frottement du bordé est la seconde forme la plus importante de résistance après la résistance de vague. En termes simples, elle est la mesure de l'énergie dépensée par l'écoulement de l'eau sur la surface mouillée de la coque. Comme la résistance de vague, son effet est plus sensible sur les bateaux rapides ou sur les bateaux qui parcourent de grandes distances entre le port et les lieux de pêche. On peut réduire la résistance au frottement en se déplaçant à des vitesses moins élevées.

Contrairement à la résistance de vague, la résistance au frottement est partiellement du ressort de l'utilisateur du bateau car elle dépend de la rugosité de la surface immergée de la coque. Plus on fait attention au fini de la surface du bateau, à la construction et à son entretien, et moins on gaspillera d'énergie pour combattre le frottement de la coque. Cela est valable pour les bateaux de pêche de toutes les tailles.

Construire un bateau avec une surface immergée très lisse et entretenir une telle surface ne sont pas nécessairement faciles à réaliser. Tous deux demandent des dépenses en main-d'œuvre, matériaux et (dans le cas de gros bateaux) l'occupation de chantier ou cales de construction.

Il y a quelques indicateurs qui peuvent aider l'utilisateur d'un bateau à décider combien de temps et d'argent cela vaut la peine de dépenser pour réaliser et conserver une coque bien lisse. Il est à la fois difficile et onéreux d'améliorer une coque très abîmée. Si le bateau a été lancé au départ avec une coque très rugueuse, des efforts importants seront nécessaires pour améliorer celle-ci par la suite.

Le bénéfice réel résultant des efforts pour améliorer l'état d'une coque dépend du mode d'utilisation du bateau. Un bateau lent, comme un chalutier opérant à proximité du port, ne tirera pas grand bénéfice de l'amélioration de l'état de la coque. Au cours d'un essai (Billington, 1985), on a noté que la saleté d'une coque ne réduisait la vitesse d'un bateau en route libre que d'un peu moins de 3 nœuds. En même temps, elle n'avait pas d'effet sensible sur la vitesse de chalutage ou la consommation de carburant en pêche. Dans ce cas, le bateau travaillait très près de son port d'attache et la dépense importante faite pour maintenir la coque propre et lisse ne se justifiait pas.

- Il vaut mieux faire des efforts plus importants pour s'assurer que l'état de la coque est bon avant son lancement. Il est difficile de revenir en arrière et de donner un bon fini à une coque défectueuse au départ.

Tout bateau qui couvre des distances importantes pour atteindre les lieux de pêche, ou qui pêche selon des méthodes qui demandent des déplacements, comme la pêche à la traîne, devrait tirer bénéfice d'une coque bien entretenue.

Les efforts faits pour l'entretien de la coque doivent être en rapport avec:

- la vitesse du bateau (plus le bateau est rapide, plus l'état de surface de la coque est important);
- la vitesse du développement de la saleté ou de la détérioration de la surface de la coque;
- le coût du carburant;
- le coût de l'entretien.

Tous ces éléments dépendent des conditions locales et de la pêche. Cependant la nature de l'écoulement de l'eau le long de la coque fait que l'état de l'avant de la coque et de l'hélice est plus important dans la réduction du frottement de surface. Conseils (Towsin *et al.*, 1981):

- Le traitement du quart avant de la coque engendre un tiers du bénéfice obtenu par le traitement complet de la coque.
- Nettoyer l'hélice demande relativement peu d'effort mais peut créer des économies importantes.

Au cours d'essais de la marine américaine (Woods Hole Oceanographic Institute, n.d.), on a trouvé que la saleté qui s'était accumulée pendant 7,5 mois sur l'hélice seule avait, à vitesse égale, augmenté la consommation de carburant de 10 pour cent.

Les causes du frottement accru de la surface peuvent être classées en deux catégories:

- *rugosité de la coque*, qui provient de la détérioration due à l'âge de la coque ou à un mauvais ponçage de la coque avant peinture; et
- *les saletés* provenant de la croissance des algues, patelles, etc., sur la surface immergée de la coque.

Salissures

La perte de vitesse ou l'augmentation de la consommation de carburant due à la croissance d'algues ou de petits mollusques sur la coque constitue un problème plus important pour les bateaux de pêche que la rugosité de la coque. La croissance des algues et des mollusques dépend:

- du mode d'utilisation du bateau;
- de l'efficacité des peintures destinées à prévenir les salissures (antifouling) utilisées;
- de l'environnement local – particulièrement la température de l'eau – plus l'eau est chaude, plus les algues croissent rapidement.

Des estimations indiquent que la salissure peut conduire à un accroissement de la consommation de carburant de 7 pour cent après un mois seulement et de 44 pour cent après six mois (Agence suédoise pour le développement international/FAO, 1986b) mais peut être réduite sensiblement par l'utilisation de peintures antiencrassement. On a trouvé, par exemple, qu'une pirogue ghanéenne avait divisé par deux sa consommation de carburant et augmenté sa vitesse de 30 pour cent après avoir été nettoyée de ses salissures marines (Beare dans FAO, 1989a).

Un petit bateau de pêche qui est échoué sur la plage ou sorti de l'eau (entre chaque sortie de pêche) ne pourra guère profiter de l'utilisation de peintures antisalissures. Dans ce cas, la croissance des algues et mollusques est lente car la surface de la coque reste sèche pendant de longues périodes. De surcroît, par nature, la peinture antisalissures est fragile et peu résistante et, dans le cas de l'échouage des barques, une partie importante de la peinture serait arrachée dans les opérations de mise à terre et à l'eau.

La peinture antisalissures libère dans l'eau de petites quantités de toxines qui empêchent la croissance des algues et des mollusques. Il existe plusieurs types de peintures antisalissures depuis les moins chères et plus dures jusqu'aux plus chères et plus performantes, hydrolysantes et autolissantes. Tous les types de peintures antisalissures ont une limite d'efficacité dans le temps (généralement de l'ordre d'un an); après quoi, on doit les remplacer car elles ne sont plus toxiques et les algues repoussent rapidement. Les antifoulants autolissants deviennent plus lisses avec le temps et peuvent protéger convenablement jusqu'à deux ans, mais ce type de peinture coûte cher à appliquer et demande le décapage total de la coque sous la ligne de flottaison. Les peintures antisalissures autolissantes peuvent créer des économies de carburant à hauteur de 10 pour cent (Hollin et Windh, 1984), mais ne sont valables que pour des bateaux naviguant sur de longues distances jusqu'aux lieux de pêche, et passant à l'élévateur ou en cale sèche environ une fois l'an.

Dans la pêche artisanale, l'utilisation des antifoulants n'est pas courante, mais son usage peut apporter des économies appréciables ou du moins réduire les pertes. On utilise d'autres solutions dans la pêche artisanale qui

peuvent résoudre le problème de façon économique et souvent efficace:

Peinture mélangée à des produits antialgues. On peut recouvrir les surfaces immergées avec une peinture à laquelle on a mélangé de faibles quantités de dés herbant agricole. On n'a pas besoin d'une peinture spéciale et on peut facilement se procurer des dés herbants bon marché. Le principal inconvénient de cette solution vient du fait que l'émission des toxines est incontrôlable. Les premiers jours d'immersion, les toxines sont rapidement relâchées et l'efficacité de l'antifouling disparaît rapidement. Toutes les peintures antisalissures doivent être utilisées avec précaution. Elles sont toxiques et peuvent avoir des effets négatifs sur les autres espèces marines, particulièrement sur les mollusques et algues comestibles dans les zones où les bateaux sont mouillés.

Huile de foie de requin et chaux. Dans les communautés de pêcheurs où les peintures antisalissures sont trop chères ou pas disponibles, une solution locale aux problèmes de l'encrassement a été mise au point à partir d'une couche épaisse d'huile de foie de requin et de chaux. L'huile est obtenue par un procédé de cuisson et de décomposition partielle des foies de requins et de raies. Ce liquide à odeur forte est alors appliqué soit directement sur la surface du bois à l'intérieur des bateaux (pour une protection contre

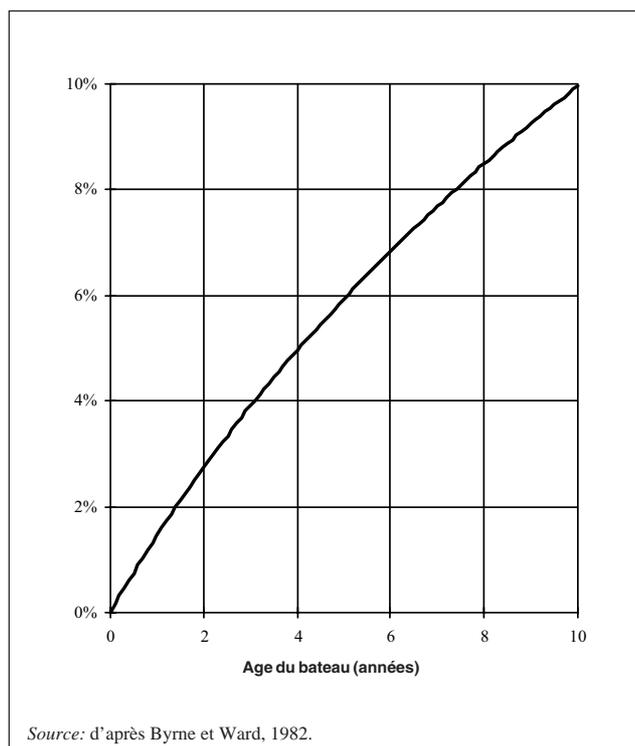
les insectes qui rongent les bois et contre le calfatage) ou mélangé à de la chaux et appliqué aux surfaces extérieures submergées du bateau. Le mélange est assez efficace pour limiter les salissures et décourage les tarets. L'avantage essentiel de cette technique est son faible coût et le fait de

Tableau résumé 2
Etat de la coque

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| > Les économies de carburant peuvent être importantes | x On doit arrêter le bateau pour améliorer l'état de la coque |
| > Relativement faciles à réaliser | x Demande la mise en cale sèche des plus grands bateaux (onéreuse) |
| > L'utilisation de peinture antifouling protège des tarets les bateaux à coque en bois | x Les coûts de peinture et de main-d'œuvre peuvent être élevés |

n'avoir pas à acheter de produits. Cependant, quand on badigeonne les surfaces immergées d'un bateau, le produit ne durcit pas et ne tient pas très longtemps, ce qui demande de renouveler l'application environ tous les mois pour rester efficace. On doit noter que, dans de nombreuses communautés côtières tropicales, la chaux provient de l'incinération maîtrisée des pointes de coraux ramassées sur les récifs des environs. Cette activité non seulement détruit l'habitat local et les pêcheries, mais est également illégale dans de nombreux pays.

Figure 7
Augmentation de la demande de puissance en fonction de la rugosité de la coque



- Si l'on conserve un bateau à flot au lieu de le sortir entre deux marées, on doit peindre la surface immergée avec une peinture antisalissures ou des mélanges.

Rugosité

L'idée générale de dégradation de l'état de la coque dans le temps est surtout valable pour les bateaux en acier. Bien que les bateaux en bois, et même jusqu'à un certain point, les bateaux en fibre de verre, subissent un accroissement de la rugosité de la coque due au vieillissement (surtout du fait des chocs physiques et de la détérioration progressive de la peinture), l'effet est plus important sur l'acier, qui est aussi sujet à la corrosion.

Les principales causes de la rugosité des coques sont les suivantes:

- corrosion des surfaces en acier souvent produite par:
 - les défauts du système de protection cathodique; ou
 - des peintures anticorrosives périmées ou inadaptées;
- mauvaise finition de la peinture due à:
 - un nettoyage insuffisant de la coque avant application;
 - une mauvaise application;
 - des conditions atmosphériques défavorables à l'ap-

plication comme la pluie ou une forte chaleur;

- cloques et décollage de la peinture dus à:
 - une mauvaise préparation de la surface avant peinture;
 - une accumulation d’antifoulements anciens;
 - des peintures de mauvaise qualité;
- dégâts mécaniques à la surface de la coque au mouillage, par frottement de câbles, échouage, mise à terre et navigation dans les glaces.

Sur les grands navires en acier, l’augmentation du besoin de puissance pour maintenir la vitesse est d’environ 1 pour cent par an, bien que l’augmentation de la rugosité de la coque ralentisse avec l’âge du bateau. De ce fait, après 10 ans, un bateau en acier demande environ 10 pour cent de puissance en plus (et 10 pour cent de plus de carburant) pour obtenir la même vitesse de croisière qu’à son lancement.

Cette perte est, jusqu’à un certain point, inévitable mais peut être réduite par un entretien soigneux de la coque et, dans le cas de navires en acier, par le remplacement régulier des anodes consommables et par l’application d’une peinture anticorrosive.

OPÉRATIONS DE PÊCHE

Autonomie

La façon d’utiliser un bateau de pêche a un impact direct sur le rendement en carburant. Les grands bateaux de pêche avec une autonomie de plusieurs jours en mer ou plus tendent à limiter la durée des sorties de pêche au

Tableau résumé 3

Opérations de pêche

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| > L’économie de carburant peut être importante | <ul style="list-style-type: none"> x Peut exiger un investissement considérable pour accroître l’autonomie du bateau. x Il est souvent très difficile de changer les habitudes dans une pêcherie existante. x De nouvelles tâches routinières tout comme des notions plus approfondies en matière de navigation demandent formation et savoir. |

temps nécessaire pour le remplissage des cales disponibles. Dans la pêche artisanale, la tendance est de réduire la durée d’une sortie de pêche à un seul jour, souvent par manque de capacité de stockage à bord ou à cause de vieilles habitudes. Dans beaucoup de ces cas, on pourrait économiser du carburant en restant plus longtemps sur les lieux de pêche, surtout si l’on passe une partie importante de la journée en aller et retour. Par exemple, si les sorties de pêche pouvaient être étalées sur deux jours au lieu d’un

seul, la pêche de ces deux jours serait réalisée au coût de carburant d’un seul voyage au lieu de deux. En fait, le coût du carburant consommé pendant la sortie serait divisé par deux par kilogramme de poisson pêché.

Il y a souvent cependant de sérieux obstacles qui empêchent l’augmentation de l’autonomie des bateaux et, en particulier, le premier pas pour allonger la sortie de pêche à plus d’une journée:

- inévitablement, le bateau doit avoir un espace isolé et doit emporter de la glace – le prix de vente du poisson doit permettre d’amortir l’investissement d’un coffre isolé et le coût quotidien de la glace qui doit être également disponible au port de départ;
- l’équipage doit être disposé à passer la nuit en mer chose à laquelle il pourrait ne pas être habitué;
- le bateau doit être en bon état de navigabilité – une sortie en mer plus longue signifie évidemment une exposition plus importante au mauvais temps;
- le bateau doit disposer d’un abri et d’installations pour cuisiner qui n’étaient pas nécessaires pour une sortie de pêche d’une seule journée.

Technologie de pêche

Dans une pêche donnée, le type d’engin de pêche utilisé est souvent un choix prédéterminé dicté par les espèces de poissons visées, les conditions physiques (type de fond, courants), les conditions atmosphériques et le type de bateau. La combinaison de ces facteurs signifie souvent qu’un seul type d’engin est utilisable pour cette pêche particulière.

Cependant dans la pêche au chalut, particulièrement dans la pêche artisanale côtière, il est parfois possible d’utiliser le chalut traîné en bœufs plutôt que le chalut classique. Le chalutage en bœufs peut réduire les coûts de carburant du couple de 25 à 30 pour cent par tonne de poisson (Aegisson et Endal, 1992) comparé au chalut à panneaux.

Tableau résumé 4

Propulsion mixte voile moteur

| Avantages | Inconvénients |
|---|---|
| > Les économies de carburant peuvent être importantes | <ul style="list-style-type: none"> x Pour son efficacité, le bateau doit avoir été conçu et construit dès le départ en pensant à la voile. Il est souvent très difficile d’adapter des voiles à un bateau de pêche à moteur déjà existant. |
| > Peut améliorer le confort du bateau | <ul style="list-style-type: none"> x Exige connaissance ou formation de l’équipage à l’utilisation des voiles. |
| > Améliore la sécurité du bateau | <ul style="list-style-type: none"> x Les voiles exigent également un entretien. x Les voiles demandent un effort supplémentaire important de la part de l’équipage, et il est évidemment plus facile de naviguer au moteur. |

Navigation

La navigation par satellite et les échosondeurs se répandent dans la pêche artisanale du fait de la baisse de leur prix et de leur encombrement réduit (surtout les GPS). Les aides à la navigation de ce type peuvent contribuer à l'économie d'énergie à hauteur de 10 pour cent (Hollin et Windh, 1984), suivant le type de pêche et la difficulté de repérer un point de pêche précis. Non seulement cet équipement aide le patron à retrouver facilement les lieux de pêche (ce qui diminue ainsi le gaspillage de carburant), mais il permet également d'identifier de nouveaux fonds et contribue à une meilleure sécurité de la navigation.

Les appareils de navigation par satellite comme les échosondeurs demandent une certaine connaissance de la navigation et sont utilisés plus efficacement avec les cartes marines.

PROPULSION MIXTE VOILE MOTEUR

L'utilisation de la voile comme propulsion auxiliaire peut apporter une économie importante de carburant (jusqu'à 80 pour cent pour des petits bateaux sur de longs parcours), mais la possibilité d'utiliser la voile n'est pas universelle. Des conditions bien spécifiques sont nécessaires pour que la navigation à la voile soit une technologie viable; elle dépend des conditions climatiques, de la conception du bateau de pêche, comme de l'attitude de l'équipage et de ses connaissances.

La voile exige des équipements supplémentaires sur le bateau tenant compte de la stabilité et de la conception du pont, et les voiles ne sont ordinairement valables que sur des bateaux spécialement conçus pour cette forme de navigation. Les petits bateaux de pêche peuvent avoir besoin de ballasts supplémentaires ou d'un flotteur extérieur pour améliorer à la fois la stabilité et les performances du bateau, quelle que soit l'orientation du vent par rapport au bateau. Sur tout bateau de pêche, les voiles gênent l'aptitude du bateau au travail car mât et gréement occupent un espace qui, autrement, aurait permis un pont dégagé.

La voile est un art en soi et, pour être efficace, l'équipage doit être à la fois compétent et motivé. La manœuvre des voiles constitue souvent une pénible corvée surtout sur les gros bateaux. Il est évident qu'il est plus facile pour un équipage de naviguer au moteur qu'à la voile.

Cependant, la voile permet d'économiser le carburant selon la force et la direction du vent par rapport à la route du bateau et à la longueur du voyage. En règle générale, les valeurs sont de l'ordre de 5 pour cent (pour un vent variable) à 80 pour cent (pour un petit bateau sur un

voyage long avec un vent de travers constant à 90°). Ces chiffres dépendent cependant des capacités de l'équipage à naviguer à la voile, de la forme de la coque et de l'état et de la forme des voiles. Il y a plusieurs types de gréements qui ont évolué dans les pêcheries du monde entier. Il est important que la conception du gréement pour un bateau de pêche soit simple, sûre et maniable.

- La forme d'un gréement pour un bateau de pêche doit être aussi simple que possible avec le minimum de mâture et de manœuvres courantes et dormantes.

Sur les petits bateaux, il vaut mieux utiliser un gréement à une seule voile que l'on peut réduire facilement et efficacement. Comme moyen secondaire de propulsion, les voiles contribuent grandement à la sécurité d'un bateau, surtout si celui-ci peut naviguer sous voile seule en cas de panne de moteur.

Mesures techniques

Ce chapitre traite des mesures d'économie d'énergie qui demandent d'investir dans un nouvel équipement ou de modifier l'équipement existant. La plupart des idées techniques exposées sont plus valables quand un propriétaire de bateau envisage de construire un nouveau bateau ou de remettre en état un bateau existant. Dans la mesure du possible, une certaine indication du coût des diverses solutions techniques avec l'économie de carburant que l'on peut en attendre est donnée. On n'a guère essayé d'entrer dans les détails des aspects financiers des coûts et des économies. Cela est principalement dû à la grande variation des coûts selon les régions géographiques où ce guide est applicable.

L'HÉLICE

L'hélice est l'élément technique le plus important sur un bateau de pêche. Sa conception et ses caractéristiques ont une influence directe sur le rendement énergétique. Un mauvais type d'hélice contribue très souvent à une inefficacité énergétique. Ce chapitre présente des concepts de base de dessin et de montage de l'hélice, et une méthode pratique et rapide pour vérifier approximativement si l'hélice installée convient est exposée à l'Annexe 4. Il est important de comprendre tout au long de ce chapitre que la conception d'une hélice n'est pas chose simple, surtout dans le cas des chalutiers où la spécification technique doit être confiée à un professionnel qualifié et expérimenté. Un tel appui peut être trouvé chez les agents des fabricants d'hélices et de moteurs ou, dans certains cas, auprès des services techniques des programmes gouvernementaux de développement des pêches.

A quoi sert une hélice? Cela semble une question évidente – une hélice transforme la puissance fournie par le moteur en une poussée propulsant le bateau sur l'eau. En concevant une hélice, on doit s'assurer qu'elle propulsera efficacement le bateau.

Facteurs de rendement de l'hélice

Diamètre. Le diamètre est le facteur essentiel pour déterminer l'efficacité de l'hélice. Une hélice travaille en repoussant l'eau à l'arrière du bateau, ce qui a pour effet de propulser celui-ci vers l'avant. En termes d'efficacité, il vaut mieux repousser vers l'arrière une grande quantité d'eau assez lentement que de rejeter une faible quantité

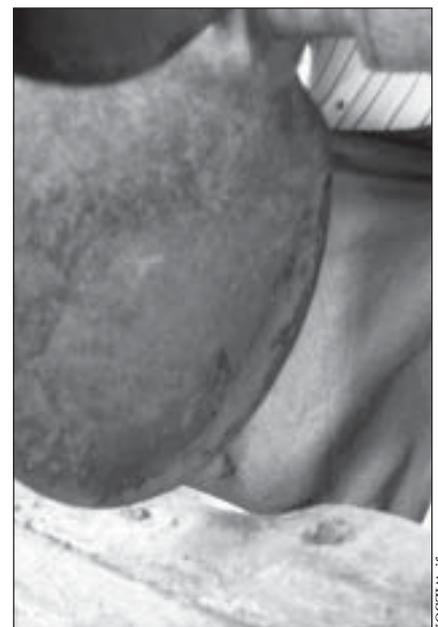
d'eau très rapidement, pour obtenir la même poussée vers l'avant. Ainsi le diamètre de l'hélice devrait toujours être aussi grand que possible, compte tenu de l'espace disponible entre les pales et la coque, de sorte que la plus grande quantité possible d'eau passe à travers l'hélice.

- Le diamètre de l'hélice doit être aussi grand que le permettent la forme de la coque et la disposition du moteur.

Une étude très documentée (Berg, 1982) de la mise en place d'une hélice d'un diamètre plus important sur un bateau de pêche existant a démontré une réduction de 30 pour cent de la consommation de carburant à la vitesse de croisière et une augmentation de 27 pour cent de la traction à quai (force maximale de remorquage). Dans ce cas précis, on avait remplacé hélice et réducteur et on avait installé une hélice d'un diamètre supérieur de 50 pour cent – cette opération n'avait été possible que parce que le bateau avait été construit à l'origine avec une cage d'hélice importante (l'espace où est logée l'hélice).

Vitesse de l'arbre (tr/min). Plus le diamètre de l'hélice est important et plus l'arbre tournera lentement pour absorber la même puissance. Par conséquent, pour avoir une hélice efficace, non seulement son diamètre devra être aussi important que possible mais, en conséquence, la vitesse de

Photo 1
Début d'érosion
provenant de la
cavitation près
du bord d'attaque
sur la face antérieure
de la pale



rotation de l'arbre devra être lente. Cela nécessite habituellement l'utilisation d'un réducteur entre le moteur et l'arbre porte-hélice. On doit cependant rappeler qu'une grande hélice et un réducteur complexe coûtent de toute façon plus cher qu'une hélice plus petite et un réducteur plus simple.

- On devrait choisir un réducteur donnant un maximum de 1 000 tr/min à l'hélice.

Cavitation. La cavitation est un problème résultant d'une hélice mal conçue et, bien qu'elle n'affecte pas directement le rendement en carburant, elle indique que le choix de l'hélice installée n'est pas bon et que, dans le temps, les effets de la cavitation conduiront à une consommation accrue de carburant.

La cavitation se produit quand la pression sur la face avant de la pale d'hélice devient si faible que des bulles gazeuses se forment et que l'eau bouillonne. Quand les bulles gazeuses dépassent la face de la pale et quittent la zone de dépression, elles éclatent et se condensent en eau. Généralement, les bulles se forment près du bord d'attaque de la face avant de la pale de l'hélice et elles s'écrasent près du bord de fuite avec un effet souvent plus net près de la pointe de la pale. L'éclatement des bulles peut paraître sans importance, mais c'est en réalité un mouvement très violent produisant une érosion et des piqûres à la surface de la pale d'hélice allant jusqu'à la fissuration du matériau des pales. Assez curieusement, la cavitation est associée à une *faible* consommation de carburant car l'hélice est incapable d'absorber l'énergie du moteur et le moteur tourne à charge partielle.

La seule solution à la cavitation est un changement d'hélice. On doit prévoir une hélice avec un plus grand nombre de pales, une surface de pales plus grande ou un diamètre plus important.

Nombre de pales. En général, pour une vitesse donnée de l'arbre porte-hélice (tr/min) moins l'hélice a de pales et

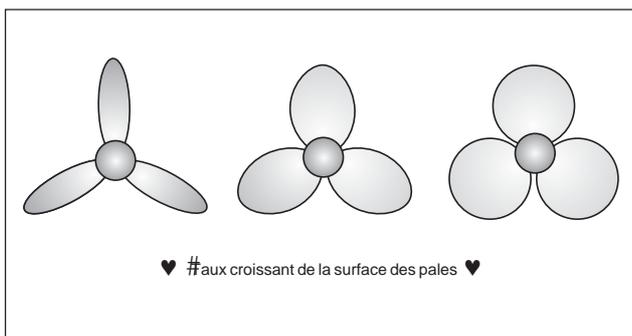


Figure 8
Taux de la surface des pales

mieux cela vaut. Cependant, on en déduit que, avec moins de pales, chacune subit une plus forte charge. Cela peut entraîner de nombreuses vibrations (en particulier avec une hélice à deux pales) et contribue à la cavitation. Quand le diamètre de l'hélice est limité par l'espace disponible, il vaut souvent mieux conserver une vitesse lente de l'arbre et absorber la puissance en utilisant plus de pales.

Surface de pales. Une hélice avec des pales étroites (ou un taux faible de surface de pale, voir figure 8) est plus efficace qu'une hélice à pales larges. Cependant, une hélice avec un taux faible de surface de pale est plus sujette à cavitation car la poussée produite par l'hélice est répartie sur une plus petite surface de pale. Tenir compte de la cavitation exige invariablement que le taux de surface de pale choisi soit plus élevé que la valeur la plus efficace.

Section de pales. L'épaisseur des pales d'une hélice a peu d'influence sur son rendement, compte tenu des normes exigées pour conserver une résistance suffisante des pales. Cependant, comme le taux de surface des pales, l'épaisseur de la section peut affecter la cavitation – des pales plus épaisses créent une aspiration plus importante et sont plus sujettes à la cavitation.

Moyeu. La dimension du moyeu d'hélice affecte directement le rendement de celle-ci. Cela est particulièrement vrai quand on envisage l'installation d'une hélice à pas variable qui a un moyeu nettement plus important que celui d'une hélice à pas fixe équivalente. En général, la chute de rendement d'une hélice à pas variable avec un gros moyeu est de l'ordre de 2 pour cent.

Une perte de rendement de même valeur est due également aux moyeux importants des hélices de moteurs hors-bord au travers desquels se fait l'échappement des gaz.

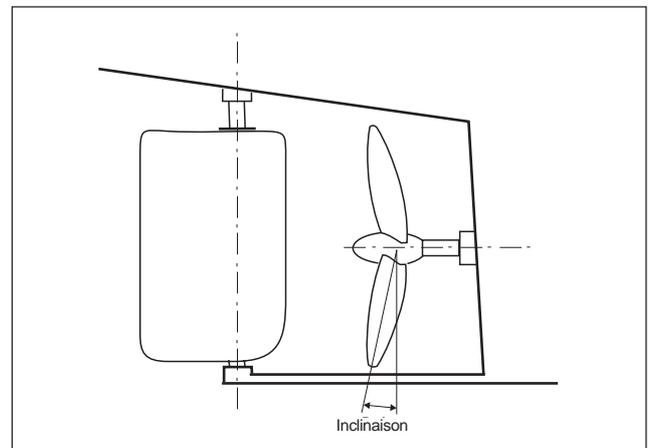


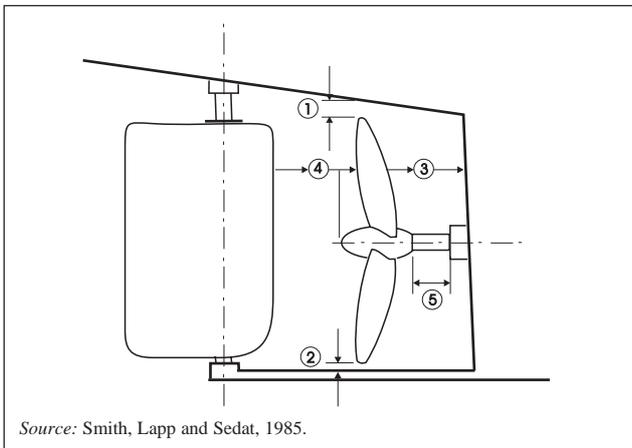
Figure 9
Inclinaison des pales

Inclinaison. L'inclinaison d'une pale d'hélice n'a pas d'effet direct sur l'efficacité de l'hélice, mais les effets d'interaction entre l'hélice et la coque sont importants. Souvent la forme de la cage dans la coque est telle que plus les pales sont inclinées vers l'arrière et plus le diamètre de l'hélice qui peut être installée est important, et l'inclinaison se révèle très utile. Une inclinaison plus importante demande cependant une hélice plus solide, plus lourde et plus coûteuse à installer.

Tableau 3
Dégagements, hélice à trois pales

| | (% du diamètre de l'hélice) |
|---|-----------------------------|
| 1 Dégagement minimal entre l'extrémité de la pale et la coque ¹ | 17% |
| 2 Dégagement minimal entre l'extrémité de la pale et la quille | 4% |
| 3 Distance minimale entre le massif et l'hélice ¹ à 35 % du diamètre de l'hélice | 27% |
| 4 Distance maximale de l'hélice au gouvernail à 35 % du diamètre de l'hélice | 10% |
| 5 Longueur maximale d'arbre nu | 4 x diamètre de l'arbre |

¹ Ces dégagements sont étroitement associés au nombre de pales et peuvent être estimés en $1 = 0,23 - (0,02 \times n)$, et $3 = 0,33 - (0,02 \times n)$ où n est le nombre de pales de l'hélice.



Source: Smith, Lapp and Sedat, 1985.

Figure 10
Dégagements



Photo 2
Garnir la cage d'hélice avec des pièces de forme, particulièrement à l'avant de l'hélice, réduit le rendement et augmente les vibrations

Photo 3
Dégagement insuffisant entre massif et hélice



J. WILSON

Photo 4
Espace libre très faible entre coque et extrémité des pales



J. WILSON

Espaces libres et cage d'hélice. Les distances entre l'hélice et la coque déterminent l'efficacité de l'hélice dans l'eau qui s'écoule le long de la coque et l'intensité des vibrations produites par l'hélice. Le tableau 3 indique les dégagements recommandés.

D'une manière générale, on peut dire que, plus l'hélice est dégagée, mieux cela vaut. Cependant, si les dimensions de l'espace libre sont limitées, des dégagements plus importants impliquent aussi un diamètre plus réduit de l'hélice, ce qui est très mauvais pour le rendement. Au stade de la conception, prévoir de grands dégagements a pour effet de rehausser la voûte et de contraindre à élargir les formes juste vers l'avant de l'hélice. Ces deux éléments augmentent la résistance de la coque dans l'eau. Une petite

J. WILSON

Photos 5 et 6
Mauvaise installation
– Noter les dégâts sur
les extrémités des
pales, une surface de
coque sale et une
mauvaise utilisation
de l'espace dans la
cage d'hélice



cage impose l'installation d'une hélice de petit diamètre, qui peut être incapable d'absorber efficacement toute la puissance du moteur, ce qui conduit à un mauvais rendement, des dégâts au moteur ou une faible capacité de traction.

On peut trouver une solution intermédiaire à une petite cage, par exemple:

- modifier la pente de l'arbre de couche (cela demande de remonter le moteur);
- rallonger l'arbre (ce qui implique souvent de déplacer le gouvernail);
- installer une hélice avec un taux plus fort de surface de pales.

En général:

- Les dégagements en bout de pale doivent être aussi faibles que possible, en respectant certaines limites, pour permettre l'installation de la plus grande hélice possible.
- La distance de l'hélice au gouvernail doit être faible pour conserver la maîtrise de la barre.
- La distance du massif à l'hélice doit être importante.

Dans la conception et l'installation des hélices de chalutier, l'espace entre extrémité de pale et coque peut être aussi faible que 8 à 10 pour cent du diamètre de l'hélice, l'inconvénient de l'augmentation des vibrations étant compensé par une plus forte poussée et un meilleur rendement dû à une hélice de plus grand diamètre.

L'espace minimal absolu entre hélice et coque ne doit jamais être inférieur à 50 mm quel que soit le bateau.

Etat des pales. Un mauvais état des pales d'hélice dû à des chocs, des salissures, la corrosion ou l'érosion réduit le rendement de l'hélice. Cet état de la surface des pales influe sur le rendement de l'hélice en fonction de la vitesse et de la charge de l'hélice – les hélices fortement chargées sont plus sensibles à l'état de surface.

Rugosité et défauts de surface. Le rendement d'une hélice est très influencé par la rugosité et les défauts de surface sur les parties extérieures de la pale, surtout sur le bord d'attaque de la face avant (basse pression) où la rugosité crée un début de cavitation qui provoque alors l'érosion du matériau de la pale et une rugosité plus importante de celle-ci. Sur les grandes hélices, la rugosité peut provoquer une augmentation de la consommation de carburant jusqu'à 4 pour cent en 12 mois d'utilisation.

Les avaries sur les bords de fuite des pales, et en particulier des pliages, diminuent les caractéristiques de portance de la section des pales, ce qui a pour résultat des charges trop faibles ou trop fortes pour la vitesse prévue de l'arbre porte-hélice. Cela aura un impact sérieux à la fois sur le rendement en carburant et, dans le cas d'un diesel, sur l'état du moteur. Les bateaux mus par un moteur hors-bord dans des hauts fonds ou qui montent sur les plages sont particulièrement susceptibles de mauvais rendement du fait d'hélices abîmées.

Encrassement. Les effets des algues et des mollusques sur le rendement des hélices sont beaucoup plus importants que ceux dus à la rugosité. L'étendue de ces effets dépend du fait que les algues restent attachées à l'hélice lorsque celle-ci est en service – s'il y a de la cavitation, la salissure s'en va des zones critiques périphériques. Des essais de la marine américaine ont montré que les algues, sur l'hélice seule, accroissaient la consommation de carburant de 10 pour cent après 7,5 mois.

L'entretien et le nettoyage des pales d'hélice peuvent se révéler intéressants avec un effort relativement réduit. La surface d'une hélice est très petite par rapport à la coque et, proportionnellement, on peut faire de plus grandes économies (ou plutôt on peut éviter des pertes) par unité d'effort en entretenant correctement des pales d'hélice.

Les grandes hélices exigent des remises en état et polissages périodiques, particulièrement si la cavitation, la corrosion ou les avaries sont importantes. Ces travaux doivent être réalisés par un personnel qualifié pour éviter de nouveaux problèmes.

Dispositifs particuliers. Des dispositifs annexes comme des ailerons, des conduits et tuyères peuvent avoir des effets bénéfiques sur le rendement des hélices, mais la différence dépend beaucoup de l'inefficacité de l'hélice d'origine et leur inadaptation à une bonne utilisation. On notera que les ailerons, conduits et tuyères demandent une adaptation spécifique. Ils peuvent coûter cher à installer et sont sujets à des avaries. Leur utilisation est spécifique (le cas de la tuyère est étudié page 20).

Etude de l'hélice – Avez-vous l'hélice qui convient?

La première étape pour vérifier qu'une hélice installée convient au bateau et au moteur est l'observation. Le bateau a-t-il les mêmes performances que d'autres de puissance et conception semblables? Si la réponse est non, il est important de *ne pas* sauter à la conclusion que l'hélice a été mal calculée. D'autres facteurs tels que l'état des surfaces immergées de la coque doivent également être pris en considération. Quand le bateau a-t-il été nettoyé et repeint pour la dernière fois? Quel est l'état de l'hélice? – est-elle propre, en bon état et lisse? Quelle est la puissance du moteur et dans quel état est-il? – donne-t-il toujours la même puissance?

L'hélice peut avoir été mal calculée si:

- le moteur n'atteint pas le régime prévu et est *surchargé*;
- le moteur *dépasse* la vitesse prévue à plein régime et est *sous chargé*;
- l'hélice est *surchargée* et montre des signes de cavitation et d'érosion superficielle.

Il est donc préférable de faire une vérification préliminaire avant de consulter un spécialiste des hélices ou un architecte naval pour une assistance ultérieure. A l'Annexe 4, une méthode simple pour faire une première estimation des paramètres de base d'une hélice est décrite. On doit noter que cette méthode est une version abrégée d'une méthode plus détaillée et n'est pas conçue comme un outil d'étude poussée.

Surcharge du moteur. La surcharge du moteur due à une hélice au pas trop fort est la source la plus courante d'un mauvais rendement énergétique. La surcharge peut aussi résulter d'une hélice au diamètre trop important mais cela est moins courant. Avec des moteurs diesels fixes, un signe évident de moteur surchargé est une quantité importante de fumée d'échappement noire avant d'atteindre la vitesse de rotation voulue. La surcharge peut griller les soupapes, fêler les têtes de cylindre, casser les segments des pistons et abrégier la vie du moteur. On doit se souvenir que, sur un moteur diesel, c'est la *charge* et *non* la *vitesse* qui détermine la consommation de carburant. Par conséquent, l'utilisation continue en surcharge crée une consommation élevée inutile de carburant et des coûts d'entretien plus élevés.

Sous-charge du moteur. La sous-charge d'un moteur due à une hélice au diamètre insuffisant ou au pas trop faible diminue les performances du bateau. Elle peut également abîmer le moteur si l'on permet à celui-ci de tourner plus vite que son régime normal. Le manque de charge d'un moteur peut très bien être suivi d'une faible consommation de carburant et souvent de cavitation.

Si l'examen préliminaire indique que l'on doit apporter des modifications à l'hélice, il est important de se souvenir que des modifications légères de pas peuvent être réalisées sans l'achat d'une hélice neuve. La reprise du pas d'une hélice est cependant un travail qui nécessite une spécialisation et l'hélice doit être envoyée à un fabricant pour la modifier.

Moteurs hors-bord. Le choix des hélices pour moteurs hors-bord est généralement plus restreint et, de ce fait, il y a moins de possibilités d'erreur! Un moteur hors-bord est souvent présenté à la vente avec une seule hélice, surtout dans les régions des pays en développement où se trouvent les communautés de pêcheurs et où les moteurs ne sont destinés qu'à un seul usage. Il peut cependant arriver d'avoir à commander une nouvelle hélice au cas, par exemple, où l'hélice d'origine est abîmée et, dans ce cas, il faut bien vérifier si elle est adaptée au bateau. La question importante est la même que pour les moteurs fixes – le moteur atteint-il sa vitesse prévue à pleine charge? S'il n'y parvient pas, on doit prévoir une hélice avec un pas plus faible et, dans le cas contraire, on doit prévoir une hélice avec un pas plus fort.

On peut estimer le pas idoine à partir de la figure 18 de l'Annexe 4, en suivant les mêmes principes que ceux utilisés pour les moteurs fixes. Si l'évaluation indique que le pas de l'hélice installée est bon, on doit essayer une hélice d'un diamètre différent (mais avec le même pas).

Chalutiers. La conception des hélices de chalutiers demande une attention spéciale car l'hélice est utilisée dans deux conditions totalement différentes – traction et «route libre».

Une hélice à pas fixe ne peut pas travailler dans des conditions optimales à la fois en traction et en route libre. Le dessinateur de l'hélice doit trouver un compromis basé sur le temps passé en mer par le bateau dans les deux cas. Pour des bateaux ayant un long parcours à faire à partir de leur port d'attache, les avantages à attendre d'une hélice dessinée avec une puissance de traction accrue (et par conséquent une capacité de pêche plus importante dans le cas d'un chalutier) peuvent être renforcés par l'augmentation de la dépense en carburant due au trajet et la conception se rapprochera d'une hélice avec un pas plus important. Un bateau travaillant à la journée et près de son port d'attache aura bien sûr intérêt à avoir une hélice prévue pour tracter.

L'installation d'une hélice à pas variable *peut* permettre de travailler efficacement tant en chalutage qu'en route libre, mais son utilisation implique à la fois savoir-faire et compétences. En général, l'utilisation d'hélices à pas variable n'est pas recommandée dans les pêcheries où l'on ne peut pas garantir une bonne mise au point du pas de l'hélice, car un pas incorrect peut facilement augmenter la consommation de carburant de façon importante.

Cependant, si une hélice à pas variable est bien conçue et utilisée, on peut en tirer des économies de carburant jusqu'à 15 pour cent par rapport à une hélice à pas fixe équipée d'une tuyère.

Tuyère. Une tuyère est un tube court entourant l'hélice. Dans certains cas, elle peut améliorer sensiblement le rendement du système de propulsion. Le tube affleure

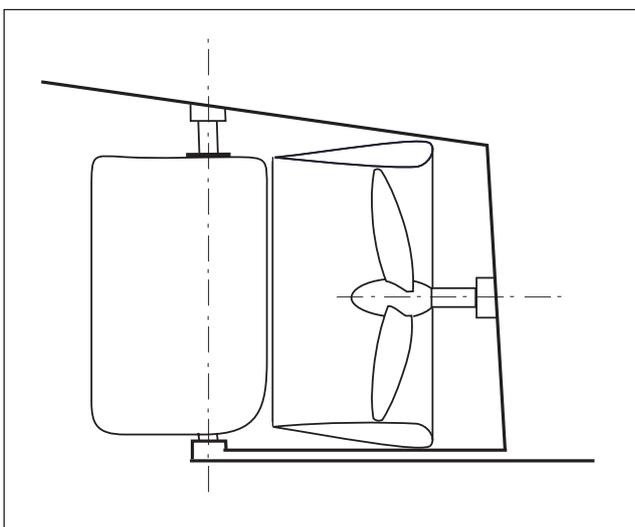


Figure 11
Hélice dans une tuyère

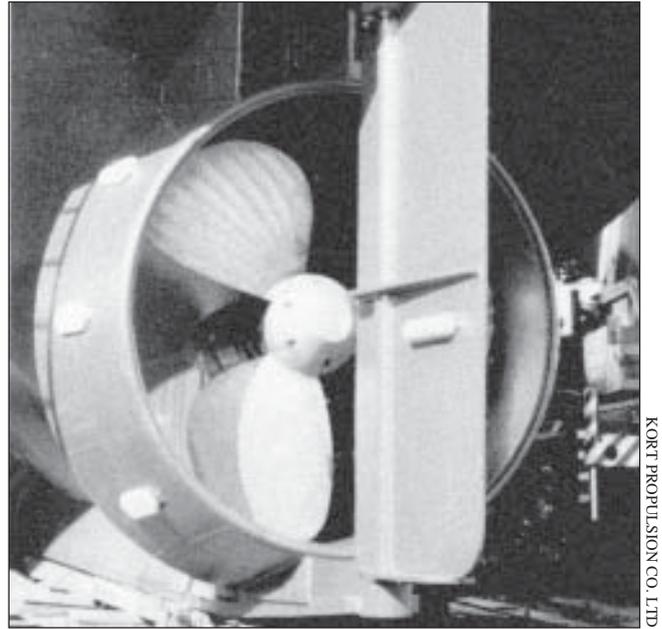


Photo 7
Tuyère d'hélice

l'hélice et est légèrement conique avec une section transversale en forme d'aile d'avion.

Une tuyère améliore le rendement du système propulsif de deux façons distinctes:

- Premièrement, la forme tubulaire aide à l'amélioration du rendement de l'hélice elle-même. Lors de leur rotation dans l'eau, les pales de l'hélice créent des zones de haute pression en aval de chaque pale et des zones de dépression en amont, et c'est ce différentiel de pression qui fournit la force pour déplacer le navire dans l'eau. Cependant, des pertes se produisent à l'extrémité de chaque pale quand l'eau s'échappe du côté haute pression de la pale vers le côté basse pression, ce qui est de peu d'intérêt pour propulser le bateau en avant. La présence d'un tube affleurant l'hélice réduit ces pertes en diminuant l'écoulement de l'eau aux extrémités de l'hélice.
- Deuxièmement, en plus de l'amélioration du rendement de l'hélice, la tuyère elle-même crée une force de propulsion d'une façon semblable à la sustentation créée par l'aile d'un avion. Le flux d'eau convergent s'écoulant autour de l'hélice interagit avec la section transversale en aile d'avion de l'anneau et produit une zone de basse pression à l'intérieur de la tuyère et une haute pression à l'extérieur. La forme conique de la tuyère aide à l'équilibre de ces forces qui crée une nette poussée en avant, qui peut représenter jusqu'à 40 pour cent de la poussée totale combinée de l'hélice et de la tuyère. L'effet est plus important quand le bateau se déplace lentement dans l'eau – à des vitesses plus

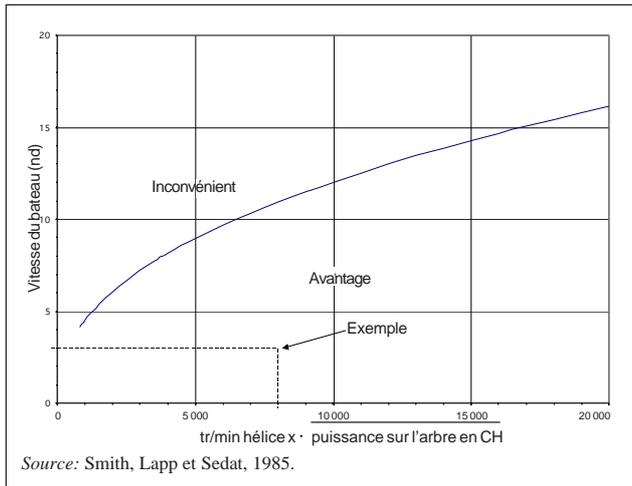


Figure 12
Vérification des avantages
d'une tuyère (bateau à
une seule hélice)

élevées (plus de 9 nœuds), la tuyère tend à produire plus de résistance que de poussée et a un effet négatif sur les performances.

Quand utiliser une tuyère. L'installation d'une tuyère d'hélice peut créer des économies de carburant ou une augmentation de la puissance de traction, mais pas dans tous les cas.

Comme mentionné ci-dessus, une tuyère a un effet très important aux vitesses lentes du bateau et est donc mieux adaptée aux chalutiers et dragueurs qu'aux autres types de bateaux de pêche. Même sur les chalutiers et dragueurs, les effets bénéfiques d'une installation de tuyère ne se feront réellement sentir qu'en action de pêche. Il est vraisemblable que la vitesse en route libre sera réduite.

Les calculs illustrés à la figure 12 peuvent aider à une première évaluation technique pour déterminer si l'installation d'une tuyère est bénéfique ou pas. Cela n'est qu'une évaluation et, s'il apparaît que cette installation est intéressante, on doit recourir aux services d'un architecte naval ou du fabricant d'hélices pour approfondir la question.

Dans cette figure, la vitesse du bateau est considérée comme l'élément essentiel de son exploitation (dans le cas d'un chalutier, la vitesse de chalutage et non la vitesse en route libre). La vitesse de rotation de l'hélice est calculée à partir de la vitesse à pleine puissance du moteur divisée par le rapport du réducteur:

$$\text{tr/min hélice} = \frac{\text{tr/min moteur}}{\text{rapport du réducteur}}$$

La puissance sur l'arbre est prise à la puissance maximale continue du moteur exprimée en CH.

Pour un chalutier équipé d'un moteur de 440 CH (à 1 900 tr/min) et un réducteur de rapport 5:1 et qui a une vitesse de chalutage de 3 nœuds, on utilise l'équation suivante pour calculer l'abscisse sur le graphique de la figure 12 :

$$\text{tr/min hélice} \times \overline{\text{CH}} \text{ sur l'arbre} = \frac{1\,900}{5} \times \overline{440} = 7971$$

L'ordonnée représente la vitesse de chalutage, soit 3 nœuds. Le point de coordonnées est nettement dans la zone des avantages et il peut être intéressant d'étudier l'installation d'une tuyère sur le plan technique. La prochaine étape consistera à demander l'avis d'un architecte naval ou d'un fabricant d'hélices.

Quelle est la différence avec une tuyère? Une tuyère bien adaptée peut améliorer la force de traction de 25 à 30 pour cent (d'après Smith, Lapp et Sedat, 1985) par rapport au mauvais rendement de l'installation à l'origine. Sur un chalutier, on peut utiliser cet avantage de trois façons différentes:

- On peut pêcher avec le même chalut à la même vitesse, mais avec une rotation plus lente de l'hélice, ce qui permet d'économiser le carburant. L'économie de carburant devrait être légèrement inférieure au gain de poussée et située aux environs de 20 pour cent (Anon., 1970).
- On peut pêcher avec le même chalut à plus grande vitesse. Cela n'économise pas le carburant mais devrait augmenter la puissance de capture.
- On peut pêcher avec un chalut plus grand à la même vitesse qu'auparavant.

On doit cependant se souvenir que les tuyères ne conviennent pas à tous les bateaux de pêche. En général, seuls les chalutiers tirent un bénéfice réel de l'installation d'une tuyère. Les inconvénients liés à l'installation d'une tuyère comprennent:

- perte de manœuvrabilité (avec une tuyère fixe);
- perte de puissance en marche arrière;

Tableau résumé 5

Installation d'une tuyère d'hélice (sur un chalutier)

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| > Augmentation de la force de traction | x Habituellement une légère réduction de la vitesse maximale en route libre |
| > Protection de l'hélice | x Rayon de braquage plus grand |
| > Les vibrations peuvent être réduites | x Manœuvrabilité réduite en marche arrière |
| > Plus grande puissance de capture ou économies de carburant | x Charge plus importante sur le gouvernail |
| | x Installation coûteuse |
| | x Peut nécessiter une nouvelle hélice |
| | x Peut exiger un nouveau gouvernail ou des modifications de gouvernail |

Source: Smith, Lapp et Sedat, 1985.

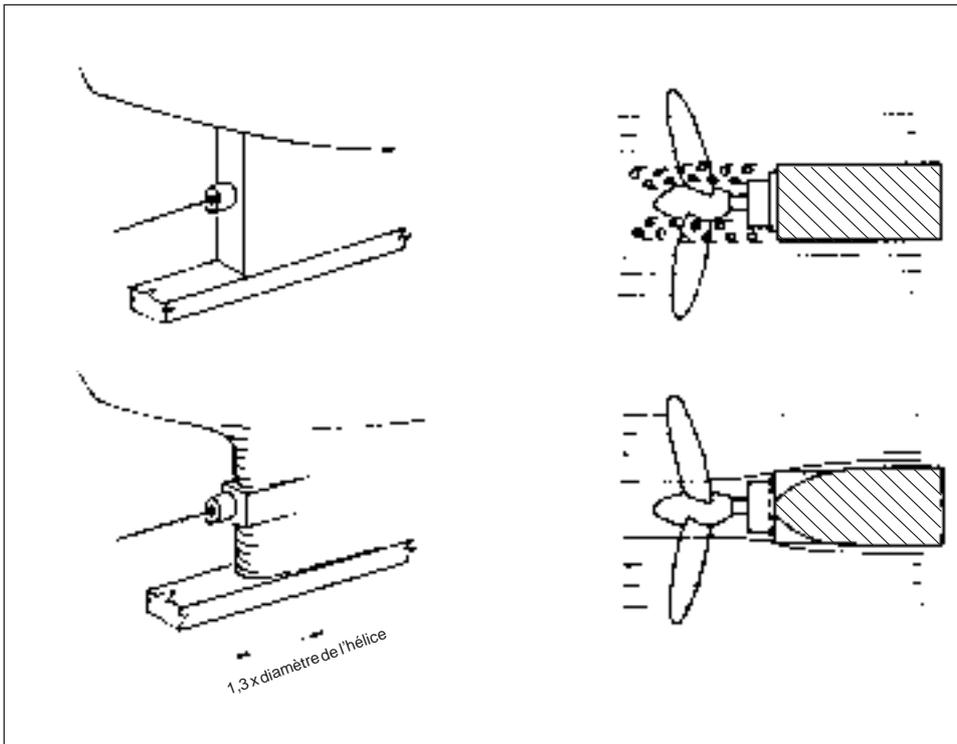


Figure 13
Profil du massif arrière ou talon
d'étambot

- vitesse plus faible en route libre;
- installation coûteuse;
- possibilité de cavitation importante à l'intérieur du tube.

Les tuyères peuvent avoir une utilisation limitée quand elles sont installées comme une solution de rattrapage. Si le bateau a été conçu pour avoir une hélice ouverte, on n'a souvent pas l'espace nécessaire dans la cage d'hélice existante pour monter une tuyère capable de loger une hélice qui pourra absorber la puissance du moteur.

DESSIN DE LA COQUE

Deux aspects du dessin de la coque influent directement sur le rendement énergétique d'un petit bateau de pêche. La forme de coque sous-marine à l'arrière, en particulier autour et juste à l'avant de la cage d'hélice, détermine le rendement de l'hélice dans le sillage de la coque. La forme entière de la coque, et en particulier sa sveltesse, affecte la résistance du bateau et, par conséquent, ses besoins de puissance et sa consommation de carburant.

Ecoulement de l'eau dans l'hélice

La section intitulée *L'hélice* donne quelques détails sur la conception de l'hélice et des dégagements entre celle-ci et la coque. Néanmoins, pour réaliser une installation d'une efficacité convenable, on doit faire attention à la forme de la coque autour de la cage d'hélice.

Dans une installation idéale, l'hélice travaillerait dans un courant d'eau régulier et sans remous. En fait, cela est impossible à réaliser du fait de la présence inévitable de structures portant le palier et l'arbre porte-hélice (le massif arrière, l'étambot avant, le skeg, le support du moteur hors-bord). Les perturbations causées par les structures peuvent être réduites en:

- ménageant une distance suffisante entre l'hélice et le massif (au moins 0,27 fois le diamètre de l'hélice; et
- le carénage du massif pour rendre les bords de fuite aussi fins et arrondis que possible.

La photo 8 montre un massif mal profilé qui affectera le rendement de l'hélice et produira une vibration accrue



Photo 8
Ce massif arrière a
encore besoin d'être
mieux caréné

Photo 9
Bon profilage à
l'avant de l'hélice



de celle-ci, surtout s'il s'agit d'une hélice à deux ou quatre pales. A la photo 9, on peut voir que le bord arrière du massif a été adouci, l'hélice travaillera donc dans un flux plus calme et régulier. L'idéal serait que le profilage commence à 1,3 fois le diamètre de l'hélice à partir de la face arrière du massif.

Forme de la coque

Dans la plupart des cas, la forme de la coque est ou un paramètre fixe (c'est-à-dire que le bateau existe déjà et la modification de la forme générale serait d'un prix prohibitif), ou est déterminée par un architecte naval suivant un processus minutieux de conception.

Cependant, en général, un bateau aux lignes élancées se conduit plus facilement qu'un bateau trapu. La courbe puissance/vitesse (voir figure 4, p. 7) varie suivant la forme de la coque. Avec un bateau trapu, la courbe a une pente plus forte et la vitesse maximale raisonnable (au-delà de laquelle la consommation de carburant devient excessive) est environ 15 pour cent plus faible que pour un bateau long et étroit. Les vitesses maximales recommandables sont données au tableau 2 (Gilbert, 1983).

Une proue élancée, bien dessinée, avec un angle de pénétration aigu, peut aider à réduire la résistance de vague. Cependant, une telle forme limite la capacité de transport par rapport à la longueur du bateau et peut ne pas être économiquement réalisable en dépit d'un meilleur rendement énergétique.

La forme de l'arrière du bateau influence également la résistance et on doit éviter les courbures trop serrées pour diminuer la division du courant (quand l'eau passant le long de la coque ne suit pas la forme de la coque créant

ainsi de petits tourbillons et une résistance accrue). En principe, la surface de la coque ne devrait pas avoir un angle supérieur à 15 ou 20° par rapport à l'axe (Schneekluth, 1988), mais on ne peut pas toujours appliquer cette règle surtout dans les bateaux plus trapus avec des formes plus pleines. Les parties de l'arrière les plus sujettes aux courbes serrées et aux angles aigus sont les zones juste au-dessous de la voûte et la partie juste à l'avant du sommet de la cage d'hélice. Quand on ne peut suivre l'angle préconisé par cet ouvrage, il vaut mieux ouvrir largement l'angle sur une courte longueur que de l'ouvrir peu sur une grande longueur.

Pour les bateaux lents (la plupart des bateaux de pêche), une poupe plate offre plus de résistance à l'eau qu'un arrière pointu ou arrondi, mais offre un espace plus important sur le pont et une capacité de stockage interne plus grande et est donc plus courante dans la construction de la plupart des petits bateaux.

MOTEURS

L'économie de carburant sur un bateau de pêche est toujours basée sur la taille et le type de moteur installé. Si le moteur installé est inefficace et mal conçu, par exemple, son utilisateur aura beau le ralentir, le bateau aura toujours un mauvais rendement en carburant. Dans de nombreux cas, on ne peut pas choisir le type de moteur à installer – les grands bateaux de haute mer et les chalutiers ont toujours un moteur diesel fixe pour des raisons de rendements en propulsion et carburant aussi bien que de fiabilité et de sécurité.

Cette section a pour but d'aider aux spécifications préliminaires d'un moteur pour un petit bateau de pêche de façon à obtenir un bon rendement en carburant. Les circonstances dans lesquelles on doit choisir entre plusieurs technologies disponibles sont soulignées comme dans le cas de bateaux propulsés par des moteurs hors-bord.

Quelle puissance?

La section *Conduite du moteur* traite des économies de carburant réalisables en naviguant à vitesse réduite. Une question importante soulevée est que, lorsqu'un bateau travaille à vitesse réduite (due à une réduction de l'admission), son moteur est en fait sous-employé. Il aurait mieux valu, dès le départ, que le propriétaire achète un moteur plus petit qui aurait pu être utilisé à 80 pour cent de la puissance maximale continue (PMC) (approximativement la vitesse la plus efficace du moteur) de façon à obtenir la même vitesse réduite du bateau. L'achat et le montage d'un moteur plus petit réduiraient non seulement les coûts d'investissement et de carburant, mais également d'entretien.

En se référant aux travaux précédents de Gulbrandsen (FAO, 1988), sur les petits bateaux de pêche (jusqu'à 11 m) utilisant les méthodes de pêche passives comme le filet maillant et la ligne, on peut faire les recommandations suivantes:

- Pour les moteurs diesels fixes, la puissance installée ne devrait pas dépasser 5 à 6 CH par tonne de déplacement.

Cela devrait déterminer correctement la taille d'un moteur diesel fixe qui, travaillant à 80 pour cent de sa PMC, devrait produire une vitesse de service d'environ $v = 2,16 \times \sqrt{L}$, où v est la vitesse du bateau en nœuds et L la longueur à la flottaison en mètres.

Par exemple, un bateau de pêche de 9,6 m avec une longueur à la flottaison de 8 m et un déplacement en route de 3,5 tonnes ne devrait pas avoir un diesel de plus de 21 CH (= $6 \times 3,5$). Ce moteur devrait donner au bateau une vitesse de route d'environ 6,1 nœuds (= $2,16 \times \sqrt{8}$) à 80 pour cent de sa PMC.

Dans des conditions tropicales, un moteur diesel produit légèrement moins de puissance et on peut augmenter la puissance installée de 10 pour cent, jusqu'à 6,6 H par tonne de déplacement.

Si l'on veut monter un hors-bord sur un bateau, on doit monter un plus gros moteur du fait que les hélices de hors-bord sont plus petites et moins efficaces.

- Pour les moteurs hors-bord, la puissance maximale devrait être de 7,5 à 9 CH par tonne de déplacement.

Les besoins de puissance établis pour des bateaux plus grands, utilisant des méthodes de pêche actives, dépendent surtout de la méthode de pêche utilisée, du nombre et de la taille des engins de pêche et, enfin, du temps passé pour se rendre sur les lieux de pêche.

La détermination de la taille du moteur d'un petit bateau de pêche peut être faite sans problèmes en s'en tenant simplement aux bases techniques. Toutefois, il faut toujours consentir à des compromis, et d'autres facteurs doivent entrer en ligne de compte, facteurs pouvant demander un moteur plus important que celui désigné plus haut tels que:

- la sécurité – surtout dans des régions soumises à des changements de temps soudains et violents;
- les conditions du marché – par exemple, est-il souvent nécessaire de rentrer au port rapidement pour éviter des bas prix pour la capture;
- le prestige et le statut du propriétaire ou l'utilisation d'un bateau rapide et puissant.

Choix du type de moteur

Les utilisateurs de petits bateaux de pêche côtiers peuvent avoir à faire face à un choix déroutant de moteurs à installer sur un bateau neuf ou pour remplacer un engin ayant atteint sa limite de vie utile. Les principaux facteurs influant sur le type de moteur choisi sont les suivants:

Consommation de carburant. La nature du moteur diesel fixe et celle du hors-bord à essence font que les caractères de consommation de carburant sont fondamentalement différents. Un moteur à essence consomme environ 2,4 fois autant de carburant par CH/heure qu'un moteur diesel. Pour compliquer encore les choses et comme indiqué ci-dessus, la taille plus faible de l'hélice (et le plus faible rendement) sur un moteur hors-bord signifie que 50 pour cent de plus de puissance que sur un moteur fixe équivalent pour obtenir la même vitesse sont nécessaires. La quantité de carburant consommée par un bateau propulsé par un moteur hors-bord peut être facilement 3,5 fois celle consommée par un bateau équipé d'un moteur diesel de même performance. Dans de nombreux pays, le carburant est nettement moins cher que l'essence et, en termes financiers, la différence de dépense entre les deux carburants peut être encore plus importante.

Investissement et crédit disponible. Le coût d'achat et de montage d'un moteur diesel fixe est considérablement plus élevé que celui d'un moteur hors-bord. Dans les situations où les économies sont limitées et le crédit introuvable, un hors-bord peut être le seul type de moteur accessible, et il peut être impossible d'envisager des technologies plus économes en carburant malgré des coûts d'exploitation plus faibles. Récemment, des moteurs diesels marins chinois ont commencé à apparaître dans les pêcheries artisanales et sont disponibles à environ 30 à 50 pour cent de moins que des moteurs japonais ou européens. Même si une telle réduction de prix est réalisée aux dépens de la qualité et de la durée, le moteur bon marché peut encore être le bon choix dans les cas de manque de capitaux et de taux élevés d'intérêt.

Taxes, droits et subventions. Les politiques locales et nationales favorisent souvent certaines technologies, soit en subventionnant certains carburants (tel est le cas du kérosène en Inde du Sud ou du mélange pour hors-bord au Sénégal), soit en proposant des taxes réduites pour l'importation de certains types de moteurs.

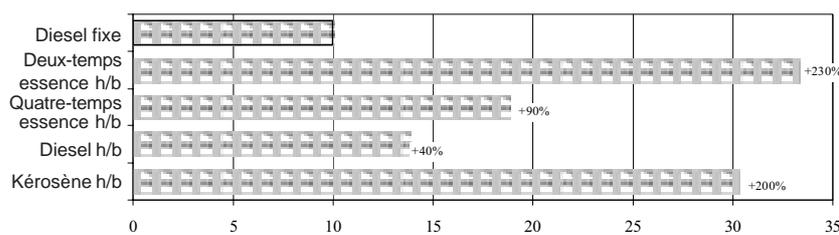
Durée d'utilisation. Sur le long terme, il peut être plus économique de posséder et d'utiliser un moteur diesel fixe qu'un hors-bord, non seulement à cause de son meilleur rendement en carburant, mais aussi en raison de sa plus longue durée de vie. Cependant, si le moteur n'est utilisé que quelques heures par an, il peut encore être plus

Tableau 4
Moteur diesel fixe

| Avantages | Inconvénients |
|---|---|
| > Permet l'installation d'une hélice efficace | x Coût d'achat élevé (2-4 fois le prix d'un hors-bord [h/b] équivalent) |
| > Bon rendement en carburant | x Installation compliquée et coûteuse |
| > Carburant généralement disponible et bon marché | x Un carburant de mauvaise qualité peut induire des coûts d'entretien plus élevés |
| > Technologie éprouvée | x Le poids |
| | x Nécessité d'un bateau solide |
| | x Les installations fixes ne conviennent pas aux échouages |

Consommation de carburant classique: 0,25 litre/CH/heure

Consommation réelle¹ des autres moteurs comparée à celle d'un diesel fixe:



¹ La consommation réelle inclut une tolérance pour la différence de rendement de l'hélice de chaque installation. Les chiffres dans cette colonne indiquent la quantité réelle de carburant consommée par un propulseur de même puissance.

intéressant d'envisager un moteur hors-bord. On ne peut pas généraliser quand on considère le minimum d'heures d'utilisation nécessaires pour justifier le choix d'un moteur diesel, car cela dépend des taxes et droits locaux, du type de bateau, du coût du carburant, de l'entretien, etc. De récentes études indiquent que si l'utilisation est supérieure à 250/350 heures par an, un moteur diesel fixe est sans doute justifié du point de vue économique. Il faut cependant noter que, dans certains pays, l'utilisation d'un moteur doit atteindre 650 heures par an avant que le diesel ne soit un bon choix technique.

Disponibilité des pièces de rechange et de compétence technique. Le choix des technologies est souvent assez limité. Pour qu'un certain type de moteur soit une option réalisable, il doit, non seulement être physiquement disponible sur place, mais on doit également pouvoir disposer des pièces de rechange et des compétences nécessaires à l'entretien.

Solidité structurelle du bateau. Si l'utilisateur envisage le montage d'un moteur diesel fixe sur un bateau, propulsé auparavant par un moteur hors-bord, le bateau devra inévitablement être renforcé et/ou modifié de façon à pouvoir recevoir un moteur et son arbre et résister à des vibrations plus fortes. Tous les bateaux, et en particulier les pirogues que l'on remonte sur les plages, ne peuvent pas être facilement adaptés au montage de moteurs fixes.

Moteurs diesels fixes. Les technologies sont sensiblement les mêmes dans la gamme de moteurs diesels susceptibles d'être montés sur des petits bateaux de pêche. Les petits moteurs diesels de type classique sont généralement recherchés sur-

tout pour des raisons de simplicité et de coût, alors que les plus gros sont équipés d'un turbocompresseur pour avoir un rendement maximal et économiser du poids. Le tableau 4 résume les points clés d'installation de moteurs diesels.

Turbodiesel. Un turbodiesel est équipé d'un petit compresseur entraîné par les gaz d'échappement et qui pousse l'air dans le moteur et augmente la puissance produite. Un turbodiesel devrait être plus léger et avoir un rendement de 15 pour cent plus élevé qu'un diesel classique de même puissance et consommer environ 0,21 litre/CH/heure.

Pour conserver un bon rendement, il est important que le turbocompresseur soit maintenu à pleine charge. Si l'on pense qu'un moteur va travailler longtemps à des charges intermédiaires, on devra plutôt choisir un diesel classique.

Moteurs hors-bord (h/b). Les moteurs hors-bord ont été créés à l'origine pour la plaisance et une utilisation occasionnelle, surtout à grande vitesse. Il y a très peu de modèles disponibles conçus spécialement pour des bateaux lourds et lents et cela est un facteur déterminant de leur mauvais rendement en carburant.

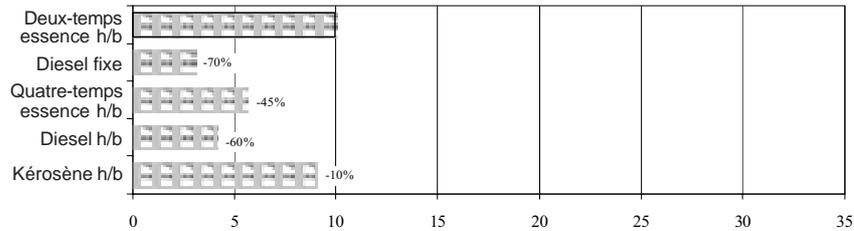
Tous les moteurs hors-bord ont le grand avantage de pouvoir être montés vite et facilement, et ceux inférieurs à 45 CH peuvent également être démontés facilement et mis en sécurité quand ils ne sont pas utilisés. Les modifications de structure nécessaires pour monter un moteur hors-bord sont relativement simples et ne demandent pas de connaissances spéciales.

Tableau 5
Moteur hors-bord deux-temps à essence

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> > Bon marché > Peut utiliser un carburant de mauvaise qualité > Bonnes performances en accélération rapide > Technologie éprouvée > Faible poids (1,3-1,8 kg/CH) | <ul style="list-style-type: none"> x Mauvais rendement en carburant x Durée de vie courte (2 ans) x Exige de l'huile deux-temps dans le carburant (cher) x L'huile de mauvaise qualité entraîne un manque de fiabilité et des coûts supplémentaires d'entretien x Des émissions importantes à l'échappement |

Consommation de carburant courante: 0,55 litre/CH/heure

Consommation réelle¹ de carburant d'autres moteurs comparée à celle d'un moteur hors-bord



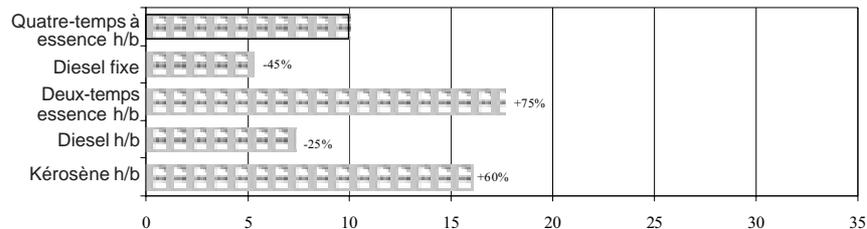
¹ La consommation réelle inclut une tolérance pour la différence de rendement de l'hélice de chaque installation. Les chiffres dans cette colonne indiquent la quantité réelle de carburant consommée par un propulseur de même puissance.

Tableau 6
Moteur hors-bord quatre-temps à essence

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> > Plus économique > Faibles émissions à échappement > Performances raisonnables > Vie plus longue (3-6 ans) > Fiabilité > Silencieux > Pas d'huile de mélange deux-temps dans l'essence | <ul style="list-style-type: none"> x Environ 35% plus cher qu'un deux-temps équivalent x Environ 15% plus lourd qu'un deux-temps équivalent x Technologie plus récente x L'entretien demande plus de connaissances x Requier du carburant de bonne qualité |

Consommation de carburant courante: 0,33 litre/CH/heure

Consommation réelle¹ de carburant d'autres moteurs comparée à celle d'un moteur hors-bord



¹ La consommation réelle inclut une tolérance pour la différence de rendement d'hélice de chaque installation. Les chiffres dans cette colonne indiquent la quantité réelle de carburant consommée par un propulseur de même puissance.

Il y a plusieurs types de moteurs hors-bord disponibles sur le marché, le plus répandu est le moteur classique deux-temps à essence, qui consomme un mélange d'essence et d'huile pour deux-temps. Cependant, les nouvelles technologies dans les moteurs hors-bord comprennent des moteurs quatre-temps et des moteurs à injection directe qui améliorent le rendement en carburant.

Hors-bord deux-temps à essence. Le moteur hors-bord deux-temps à essence est très répandu dans la pêche artisanale et surtout dans les pays en développement, souvent à la suite de programmes de motorisation du

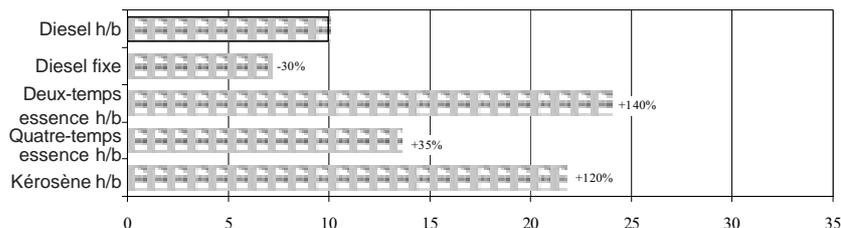
Département des pêches et du soutien des fabricants de moteurs. Ces moteurs sont relativement bon marché, les pièces de rechange et les connaissances techniques pour leur entretien sont généralement déjà disponibles sur place.

Hors-bord quatre-temps à essence. Les moteurs hors-bord quatre-temps à essence sont relativement récents dans la pêche artisanale, et bien qu'au début ils n'aient été disponibles que chez un grand fabricant, ils sont de plus en plus utilisés pour répondre aux nouveaux règlements concernant la pollution. L'entretien courant n'est pas compliqué techniquement, mais il peut encore être diffi-

Tableau 7
Moteur hors-bord diesel

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> > Très économique > Carburant bon marché et courant > Très bon maintien de la vitesse en charge > Ne nécessite ni mélange ni huile deux-temps | <ul style="list-style-type: none"> x Environ 2,5-3 fois le prix d'un deux-temps équivalent x Au moins 2 fois le poids d'un deux-temps équivalent x Accélération plus lente x Peu de fabricants, pas très répandu x Demande un entretien plus compétent x Demande un carburant propre et de bonne qualité x Moins de services d'entretien disponibles pour l'utilisateur x Les modèles à refroidissement par air sont bruyants |

Consommation normale de carburant: 0,25 litre/CH/heure
Consommation réelle¹ de carburant des autres moteurs comparée à celle d'un moteur hors-bord diesel:

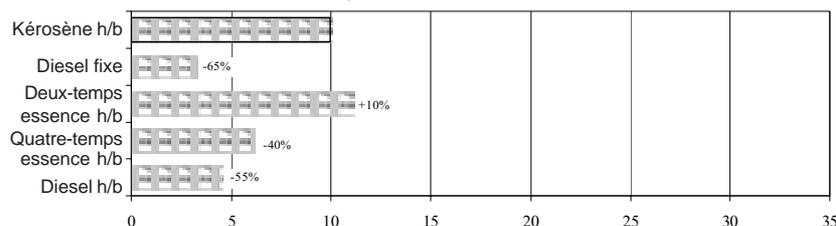


¹ La consommation réelle inclut une tolérance pour la différence de rendement de l'hélice de chaque installation. Les chiffres dans cette colonne indiquent la quantité réelle de carburant consommée par un propulseur de même puissance.

Tableau 8
Moteur hors-bord à kérosène

| Avantages | Inconvénients |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> > Consomme un carburant qui peut être bon marché > Prix semblable à celui d'un deux-temps | <ul style="list-style-type: none"> x Durée de vie plus courte qu'un moteur à essence x Le kérosène doit être 40 à 50 pour cent moins cher pour que le moteur soit viable x Le kérosène subventionné est souvent rare x Usure rapide, plus de carbone, durée de vie très courte x A besoin du mélange huile/essence deux-temps à faible vitesse pour démarrer et s'arrêter x Une réduction de vitesse augmente les coûts de carburant x A besoin de kérosène de bonne qualité |

Consommation normale de carburant: 0,5 litre/CH/heure
Consommation réelle¹ des autres moteurs comparée à celle d'un moteur hors-bord à kérosène



¹ La consommation réelle inclut une tolérance pour la différence de rendement de l'hélice de chaque installation. Les chiffres dans cette colonne indiquent la quantité réelle de carburant consommée par un propulseur de même puissance.

cile de trouver des mécaniciens compétents pour faire les révisions.

Les hors-bord quatre-temps à essence ont l'avantage important de fonctionner avec de l'essence sans mélange et ont un meilleur rendement en carburant que les deux-temps équivalents. A vitesse maximale, la consommation de carburant est d'environ 60 pour cent de celle d'un deux-temps équivalent, et tombe à environ 45 pour cent en vitesse de croisière. Les quatre-temps sont à la fois

légèrement plus lourds et plus chers que les équivalents deux-temps et sont mieux adaptés pour la pêche nécessitant de la puissance (drague) et dans les pêcheries où les bateaux doivent franchir de grandes distances jusqu'aux lieux de pêche.

Hors-bord diesel. Les moteurs hors-bord diesels ne sont pas très répandus dans la pêche artisanale surtout à cause du prix d'achat élevé et des difficultés d'entretien. Cepen-

nant, la technologie est maintenant assez bien maîtrisée et les moteurs sont particulièrement économes en carburant. Les moteurs hors-bord diesels sont les meilleurs pour les pêcheries demandant de nombreuses heures de moteur et qui sont bien desservies techniquement. Une série d'essais sur le terrain ont fait ressortir qu'un moteur hors-bord diesel ne serait viable face à un deux-temps à essence que s'il était utilisé annuellement 600 heures ou plus.

Hors-bord à kérosène. Les moteurs hors-bord à kérosène sont dérivés de deux-temps à essence modifiés pour fonctionner au kérosène. Le moteur a encore besoin du mélange essence/huile pour le démarrage et l'arrêt, et est donc un moteur bicarburant. Les moteurs hors-bord à kérosène sont utilisables seulement dans les pays où il y a des subventions importantes sur le prix du kérosène, par exemple en Inde. Leur utilisation demande beaucoup de précautions, particulièrement au démarrage et quand on les arrête, et leur durée de vie est inévitablement très courte.

Moteurs à arbre long. Le moteur à arbre long est une solution locale intéressante pour le problème de propulsion de petits bateaux de pêche. L'unité de propulsion consiste en un long arbre d'hélice souvent exposé qui est fixé au vilebrequin d'un petit moteur fixe ou d'auto. Le moteur est alors fixé au tableau du bateau par une bride pivotante et l'hélice et l'arbre sont immergés dans l'eau suivant un certain angle. L'arbre long dépend de la disponibilité locale de moteurs fixes très bon marché ou de moteurs d'automobiles adaptés aux embarcations de pêche, et la technologie est une façon ingénieuse et bon marché d'utiliser ces moteurs sur un bateau de pêche. Seuls les moteurs relativement petits (jusqu'à 20 CH) sont adaptables sur les installations à arbres longs utilisées en mer, car ils peuvent être difficiles ou dangereux à utiliser. Dans des eaux intérieures calmes, l'utilisation par des gens habiles, de moteurs jusqu'à 100 CH, est courante pour le transport de passagers et de marchandises.

De nombreuses installations à arbre long sont de conception locale, et on dispose de peu d'informations sur leurs performances. Un ensemble diesel consommera environ 0,25 litre/CH/heure mais l'hélice rapide (généralement en prise directe sur le moteur sans réducteur) sera inefficace et sa consommation sera semblable à celle d'un hors-bord à essence à quatre-temps.

Hors-bord à essence à injection directe. L'injection directe est une technologie relativement récente qui, jusqu'à présent, a été appliquée aux voitures et moteurs

hors-bord. On peut l'utiliser sur les moteurs deux- ou quatre-temps. Elle est fondée sur une technologie semblable à celle utilisée dans les moteurs diesel où le carburant est injecté sous haute pression directement dans la chambre de combustion du moteur. Deux constructeurs offrent des moteurs à injection et prétendent économiser environ 40 pour cent du carburant, allant jusqu'à 80 pour cent si on les compare à un moteur deux-temps courant, et avec des émissions plus faibles à l'échappement. Actuellement, on ne produit que des moteurs assez gros (le plus petit moteur disponible est de 135 CH). Cependant, dans les très prochaines années, des moteurs à injection plus petits seront sur le marché et pourront être utilisés dans la pêche artisanale. Le système d'injection à haute pression, qui constitue le noyau de la technologie de l'injection, sera probablement sensible à la pureté et à la qualité du carburant.

Montage des moteurs

Le montage d'un moteur sur les bateaux de pêche est souvent un facteur oublié dans le rendement en carburant. Si un moteur est mal monté, il travaillera au-dessous de son niveau d'efficacité prévu.

Montage de moteur hors-bord. Quand on monte un moteur hors-bord, on doit faire attention à la bonne immersion de l'hélice. Pour une barque à vitesse relativement faible comme un bateau de pêche, la plaque anti-aspiration (la plaque juste au-dessus de l'hélice) doit être à environ 2,5 à 5 cm au-dessous du bas du tableau.

L'installation de moteurs hors-bord dans les grandes pirogues traditionnelles impose le montage latéral plutôt que l'installation axiale dans un puits ou sur un petit tableau pour des raisons de coût et de structure. Quand on étudie l'éventualité du coût supplémentaire d'une installation dans l'axe du bateau, l'utilisateur doit savoir que le montage latéral, non seulement crée une tendance à virer, mais réduit également la vitesse maximum de 0,5 nœud, ce qui équivaut à une perte d'environ 4 CH ou 2 litres de carburant par heure sur ce type de pirogue.

Pente de l'arbre d'un moteur fixe. Comme on l'a dit plus haut, une pente importante peut permettre de monter une hélice d'un diamètre plus important. Cependant, si on augmente la pente, l'hélice commence à tirer vers le bas plutôt que vers l'avant et on gaspille du carburant. L'angle maximum recommandé pour un arbre porte-hélice est d'environ 15°.

Le choix d'une pente d'arbre plus importante introduit également une charge variable importante sur les pales de

l'hélice. Cela est dû au fait que, comme les pales tournent vers le haut, elles reculent devant l'eau qui vient et quand elles tournent vers le bas elles se déplacent à contre-courant. Il en résulte des angles d'attaque variables, des vibrations et rapidement une cavitation.

Echappement et circulation d'air

Tout moteur, qu'il soit monté dans une salle des machines sur un grand bateau ou dans un coffre sur un plus petit bateau, doit non seulement avoir accès à l'air frais pour la carburation, mais la ventilation doit être suffisante pour que les gaz d'échappement puissent facilement sortir. Un échappement et une arrivée d'air frais insuffisants peuvent facilement coûter 10 pour cent de carburant en plus à l'utilisateur.

Prise d'air. Une circulation d'air suffisante dans la salle des machines ou le coffre du moteur est importante, non seulement pour alimenter la combustion dans le moteur, mais également pour empêcher la surchauffe dans la salle des machines ou le coffre du moteur. Cela est surtout important dans le cas de moteurs à refroidissement par air où la circulation d'air est le seul moyen pour dissiper la chaleur du moteur.

A titre indicatif, on peut estimer que la section de la prise d'air de la chambre des machines ou du coffre du moteur doit être au moins de 8 cm² par CH pour un moteur à refroidissement par eau (c'est-à-dire qu'un moteur de 40 CH doit avoir une prise d'air d'au moins 40 x 8 = 320 cm²). Un moteur avec refroidissement à air demande une prise d'air plus importante dont les dimensions

minimales sont habituellement indiquées par le fabricant. Dans toute salle des machines ou coffre de moteur, la prise d'air qui aboutit au point bas de la salle des machines doit fournir l'air frais, tandis que l'air chaud doit sortir par le haut de la salle ou du coffre.

Si un diesel manque d'air, l'échappement laisse sortir une fumée noire. On doit y faire attention car cela peut aussi indiquer d'autres problèmes mécaniques (voir Chapitre *Entretien du moteur*).

Sortie d'air. Une partie de l'air qui entre dans la salle des machines ou dans le coffre du moteur s'en va par l'échappement, mais on doit également ménager une ventilation pour éviter l'accumulation de chaleur dans la salle des machines ou le coffre du moteur. L'air chaud doit ressortir par le haut de la salle des machines ou du coffre du moteur, où la température est la plus élevée. La section de la sortie d'air doit être sensiblement la même que celle de l'entrée soit environ 8 cm² par CH pour un moteur refroidi à l'eau.

Echappement du moteur. Le tuyau d'échappement doit être aussi rectiligne que possible et on doit éviter les coudes à 90° à petit rayon car chaque coude peut réduire l'échappement de 25 pour cent. Le diamètre du tuyau d'échappement doit être indiqué par le fabricant. S'il est trop petit ou comporte trop de coudes, il se crée une contrepression, ce qui diminue la puissance et, dans les cas extrêmes, produit une fumée blanche à l'échappement.

Enregistrement des données

La majorité des pêcheurs artisanaux ne tiennent que les livres comptables indispensables. D'habitude, ceux-ci donnent les éléments suffisants pour satisfaire les agents du fisc ou un propriétaire absent, ou encore pour permettre de diviser profits et coûts entre les membres de l'équipage. Il est rare que ces livres soient tenus pour contrôler les performances du bateau ou de l'équipage.

Cependant, pour que l'on puisse se faire une idée sur le rendement opérationnel d'un bateau, la tenue minimale de livres comptables est d'une importance fondamentale. L'archivage quotidien est l'une des quelques méthodes grâce auxquelles le propriétaire ou l'usager peut se rendre compte des changements dans la performance d'un bateau ou être capable de comparer les performances d'un bateau avec celles d'autres bateaux. La collecte des informations simples sur les performances fournit les bases pour le choix de la vitesse optimale et – à long terme – est la seule méthode par laquelle le propriétaire pourra évaluer la justification d'un investissement dans de nouvelles technologies (voir Annexe 3).

Les registres devraient être le «baromètre» d'une entreprise de pêche, illustrant les hauts et les bas et mesurant succès et échecs. On doit observer quelques principes importants dans l'archivage pour que les renseignements collectés soient utiles et l'on doit faire attention aux points suivants:

- *Soyez concis.* Quelle information est réellement nécessaire?
- *Recueillez seulement* ces informations, car le reste n'est qu'un surcroît de travail.
- *Relevez l'essentiel.* Essayez de rassembler l'information de base – plus les informations sont complexes, moins elles ont de chances d'être précises.
- *Soyez cohérent.* Quelles que soient les informations, celles-ci doivent dans la mesure du possible être recueillies de la même façon et par les mêmes personnes.
- *L'information doit être régulière et fréquente.* Notez les informations souvent et au moment où l'évènement se produit. Il est difficile de se souvenir des détails d'une sortie de pêche qui a eu lieu il y a six mois! C'est une bonne idée de noter les informations après chaque sortie de pêche et de faire ensuite des résumés mensuels.

Dans le but de vérifier le rendement en carburant, les principaux éléments d'information que l'on doit recueillir régulièrement comprennent:

- les quantités de carburant et d'huile achetées;
- le coût du carburant et de l'huile achetées;
- le nombre d'heures d'utilisation du moteur;
- les distances parcourues (si le bateau est équipé d'un loch enregistreur).

Pour estimer les gains et les coûts du bateau, on doit également avoir des fichiers sur:

- le poids des prises et leur valeur;
- les coûts d'entretien;
- les autres frais journaliers comme la nourriture de l'équipage, les appâts, la glace et les coûts portuaires et de déchargement;
- les salaires ou parts de l'équipage.

Tableau 9A

Coûts – Août 1998

| Date | Éléments de coût | Quantité | Coûts (\$EU) | Remarques |
|------|------------------|------------|--------------|-----------------------------------|
| 12/8 | Carburant | 200 litres | 70 | |
| 12/8 | Glace | 500 kg | 25 | |
| 19/8 | | | | 30 heures d'utilisation du moteur |
| 20/8 | Parts équipage | | 195 | |
| 20/8 | Filtres à huile | 2 | 22 | |

Tableau 9B

Gains – Août 1998

| Date | Ventes | Quantité | Valeur (\$EU) |
|------|-----------------------------------|----------|---------------|
| 19/8 | Poisson – 1 ^{re} qualité | 150 kg | 300 |
| 19/8 | Poisson – 2 ^e qualité | 300 kg | 360 |

On devrait prendre soin également de noter les dates des dépenses et des ventes. Sans ces dates, il est difficile de faire des résumés périodiques. Un livre de comptes est utile pour ventiler les détails des coûts, activités et gains. Les tableaux 9A et 9B indiquent une présentation possible de ces informations.

Organisez bien les tableaux en utilisant une nouvelle ligne pour chaque élément de coût, vente (gains) ou remarques. En commençant une nouvelle paire de pages pour chaque mois sera utile lorsqu'il faudra écrire les résumés mensuels.

Aide aux décisions

On a très peu parlé dans ce guide de certains aspects importants tels que celui de savoir s'il est intéressant, et à quel moment, d'investir dans une technologie apportant un meilleur rendement du carburant. Les différences importantes entre pays et régions des prix de moteurs, carburant et main-d'œuvre qualifiée font qu'il est inutile de présenter des indications financières chiffrées. Cependant, le calcul de base qui suit peut aider un utilisateur de bateau dans ses décisions d'investir. On notera que la méthode n'est qu'une approximation rapide. Si on envisage un investissement important, il est indispensable de faire une analyse financière approfondie.

La dépense totale en capital doit être calculée en additionnant le prix d'achat, le coût du montage, la perte d'exploitation pendant l'installation plus le coût d'entretien *supplémentaire* annuel occasionné par le nouvel investissement. La perte nette d'exploitation sera estimée en multipliant le nombre de jours où le navire sera hors service par les recettes

journalières nettes normales du propriétaire (après déduction des coûts et des parts de l'équipage) du bateau.

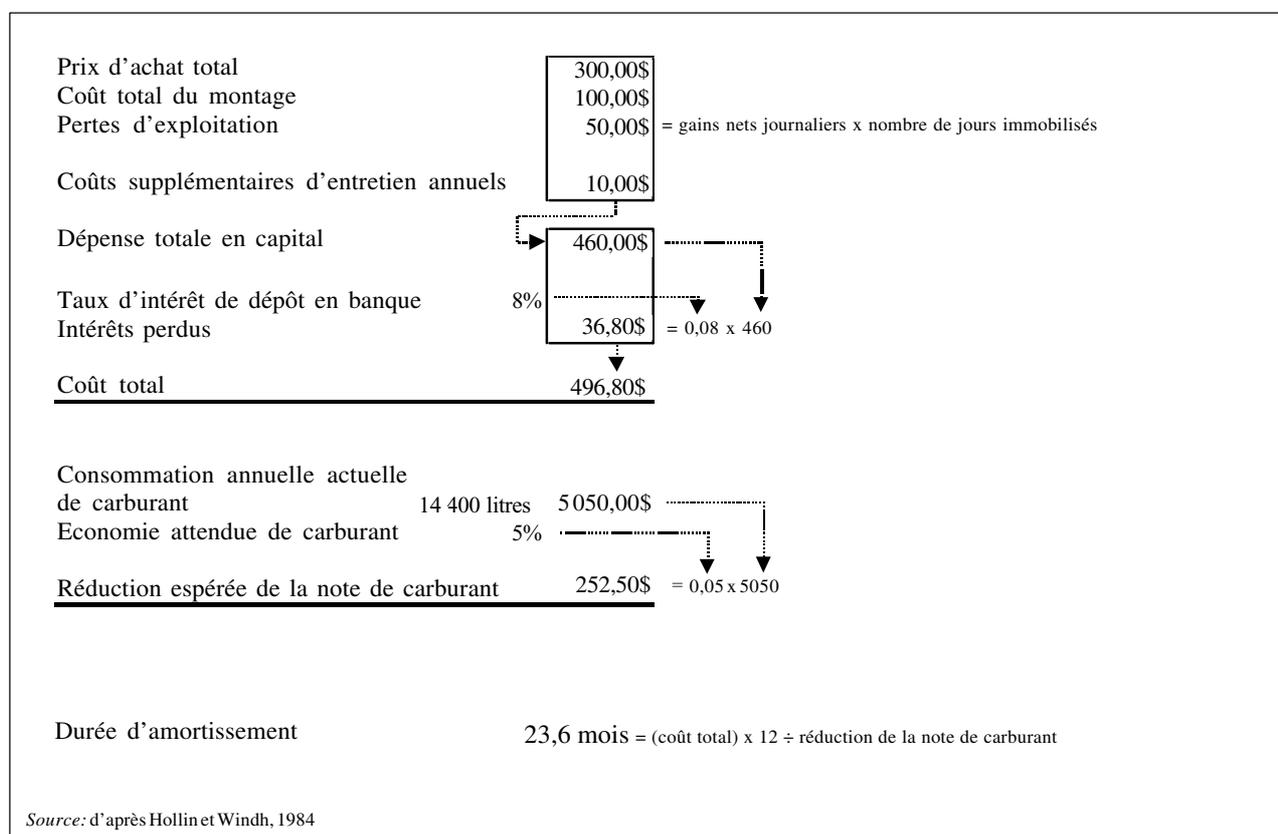
L'argent destiné à l'investissement aurait pu être laissé en banque et aurait rapporté un intérêt qui est effectivement perdu. L'intérêt perdu est calculé en multipliant le taux d'intérêt bancaire par la dépense totale en capital. Le coût total est la somme des intérêts perdus et du capital total dépensé.

Les économies annuelles de carburant escomptées doivent être estimées à partir des chiffres d'économies de carburant en rapport avec le nouvel investissement (comme ceux présentés dans ce guide) multipliés par la dépense actuelle totale annuelle de carburant. Celle-ci doit être estimée à partir des relevés actuels.

La période de remboursement de l'investissement est alors calculée en divisant le coût total par la réduction escomptée du coût de carburant, et multipliée par 12 pour convertir d'années en mois. Il est très important que la période de remboursement soit *plus courte* que la durée de vie utile de l'équipement à acheter.

Le calcul ci-dessous est seulement un exemple et n'est fondé sur aucun cas particulier.

Figure 14
Exemple d'évaluation d'un investissement dans une technologie améliorant le rendement en carburant



Un guide pour une vitesse optimale

La méthode décrite ci-dessous pour évaluer la vitesse optimale d'un bateau est quantitative par nature et demande une capacité raisonnable pour collecter les renseignements de base sur les performances du bateau de pêche en question et pour faire les calculs fondés sur ces informations.

Comme il est dit dans le chapitre *Conduite du moteur*, une part importante dans le calcul de la vitesse optimale d'un bateau dépend de l'évaluation du temps du capitaine qui est souvent floue et généralement difficile à estimer. La méthode développée ci-dessous peut traiter d'un bateau en particulier et de vitesses de moteur auxquelles il ne serait pas raisonnable de travailler quelles que soient les

circonstances, indépendamment de l'estimation du temps du capitaine. Le facteur de base du choix d'une vitesse optimale est la compensation obtenue – en économisant le carburant en naviguant à plus faible vitesse – du «coût» payé par le capitaine pour son arrivée tardive.

Qu'est-ce que je risque de gagner en ralentissant?

Le montant gagné par heure de retard est particulier à chaque bateau et à son chargement. Il n'y a pas deux bateaux avec les mêmes caractéristiques. Le montant gagné par heure en naviguant plus lentement peut être exprimé de la façon suivante:

Equation 1:

$$\text{Montant/heure} = \frac{\text{Réduction de la dépense de carburant}}{\text{Augmentation du temps de navigation}} = \frac{\text{Prix du carburant} \times \text{économie de consommation}}{\text{Augmentation du temps de navigation}}$$

La réduction de consommation de carburant est calculée sur la base de la différence du carburant utilisé pour faire le même voyage à une vitesse légèrement inférieure.

Equation 2:

$$\text{Réduction de consommation de carburant} = (\text{Distance effectuée} \times \text{litres/mn à } V_1) - (\text{distance effectuée} \times \text{litres/mn à } V_2)$$

où V_1 et V_2 sont respectivement la vitesse originale et la vitesse réduite.

L'augmentation du temps de voyage est calculée sur la base des vitesses et de la distance parcourue.

Equation 3:

$$\text{Augmentation du temps de voyage} = \frac{\text{Distance parcourue}}{V_2} - \frac{\text{Distance parcourue}}{V_1}$$

En introduisant les équations 2 et 3 dans l'équation 1:

$$\text{Montant par heure} = \frac{\text{Prix du carburant} \times \text{Réduction de consommation}}{\text{Augmentation du temps de voyage}}$$

Equation 4:

$$\text{Valeur par heure} = \frac{\text{Prix du carburant} \times (\text{litres/mn à } V_1 - \text{litres/mille à } V_2)}{(1/V_2 - 1/V_1)}$$

Pour faire ce calcul, on doit recueillir certaines informations de base et dresser un tableau pour mesurer la consommation de carburant (litres par mille) face à la vitesse du bateau. Le bateau doit avoir un loch et un compteur de carburant ou compte-tours du moteur. La précision du calcul est augmentée par l'utilisation d'un débitmètre plutôt que d'un tachymètre. On doit remplir un tableau semblable au tableau 10.

Les informations dans les colonnes A, B et C devraient être relevées en mer, dans des conditions bien déterminées et avec une cargaison précise. On doit prendre soin d'éviter les effets du vent et, si nécessaire, les notes doivent être prises tant à l'aller qu'au retour – tous deux avec vent arrière et vent debout.

Si on dispose d'un débitmètre sur le carburant, il n'est pas nécessaire de noter les tr/min et on peut laisser la colonne A en blanc. Si on n'a pas de débitmètre, on doit alors calculer l'information de la colonne C à partir des tr/min (colonne A),

$$\text{Consommation de carburant à tr/min actuel} = \left(\frac{\text{tr/min actuel}}{\text{tr/min à PCM}} \right)^3 \times \text{consommation de carburant à PCM}$$

Dans l'exemple présenté au tableau 10, le bateau était équipé d'un moteur réglé à 154 CH à 1 900 tr/min. A cette vitesse, le fabricant a établi une consommation de 0,21 litre/CH/heure, soit une consommation de carburant de 32,4 litres/heure à PCM. La consommation à 1 500 tr/min par exemple a donc été estimée à:

$$\text{Consommation à 1 500 tr/min} = \left(\frac{1500}{1900} \right)^3 \times 32,4 = 15,9 \text{ litres/heure}$$

La colonne D est le résultat de la division du chiffre de la colonne C par la colonne B pour chacune des lignes.

La colonne E est calculée en utilisant l'équation 4 fondée sur la ligne traitée et l'information de la ligne au-dessus. Prenons la ligne 1 500 tr/min par exemple:

$$\text{Montant par heure} = - \frac{\text{Prix du carburant} \times (\text{litres/mn à } 8,8 \text{ nœuds} - \text{litres/mn à } 8,1 \text{ nœuds})}{(1/8,1 - 1/8,8)}$$

$$\text{Montant par heure} = - \frac{0,3 \times (1,81 - 1,53)}{(1/8,1 - 1/8,8)} = 8,52\$$$

Les résultats doivent alors être reportés sur un graphique de montant par heure par rapport à la vitesse du bateau (colonne B par rapport à la colonne E) comme le montre la figure 1 de l'Annexe.

La forme de la courbe est très explicite car elle comprend non seulement l'interaction complexe de l'hélice et de la coque, mais également la valeur implicite du carburant. Elle s'appliquera tout particulièrement au bateau mais également aux conditions économiques actuelles. D'autres exemples de courbes sont donnés à la figure 12. A des

Tableau 10
Résultats d'essais

| A | B | C | D | E |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| tr/min moteur | Vitesse (nd) | Litres/heure | Litres/mille | Coût (\$EU/heure) |
| 1 100 | 6,7 | 6,3 | 0,94 | |
| 1 200 | 7,1 | 8,2 | 1,15 | 7,54 |
| 1 310 | 7,7 | 10,6 | 1,38 | 6,27 |
| 1 380 | 8,1 | 12,4 | 1,53 | 7,18 |
| 1 500 | 8,8 | 15,9 | 1,81 | 8,52 |
| 1 600 | 9,2 | 19,4 | 2,11 | 17,70 |
| 1 700 | 9,6 | 23,2 | 2,42 | 20,82 |
| 1 800 | 9,9 | 27,6 | 2,79 | 34,71 |
| 1 900 | 10,1 | 32,4 | 3,21 | 63,78 |

Prix du carburant: 0,30 dollar EU par litre.

la consommation de carburant donnée par le fabricant pour la PMC et la règle de l'hélice. A chaque niveau particulier de tr/min, la consommation de carburant peut être estimée à:

vitesse où la courbe est relativement plate, la vitesse de route peut être augmentée avec une très faible pénalité, par exemple entre 7 et 8,8 nœuds dans la figure 11. Il serait mal avisé de mener ce bateau dans ce champ de vitesse. Aux vitesses où la courbe est pentue, on a beaucoup d'intérêt à ralentir. Les vitesses les plus favorables sont donc à ces points où la courbe se redresse de façon sensible. Cependant, de façon à compenser le «coût» de l'heure dû à une navigation plus lente avec des économies de coût de carburant/heure, on doit évaluer le coût du patron/heure.

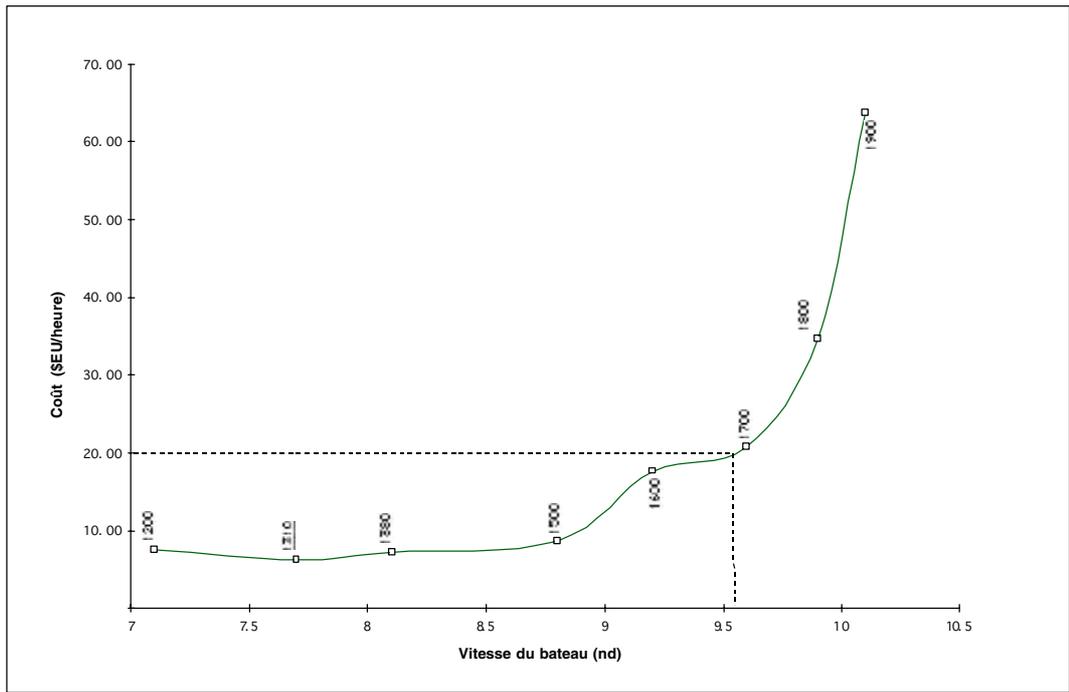
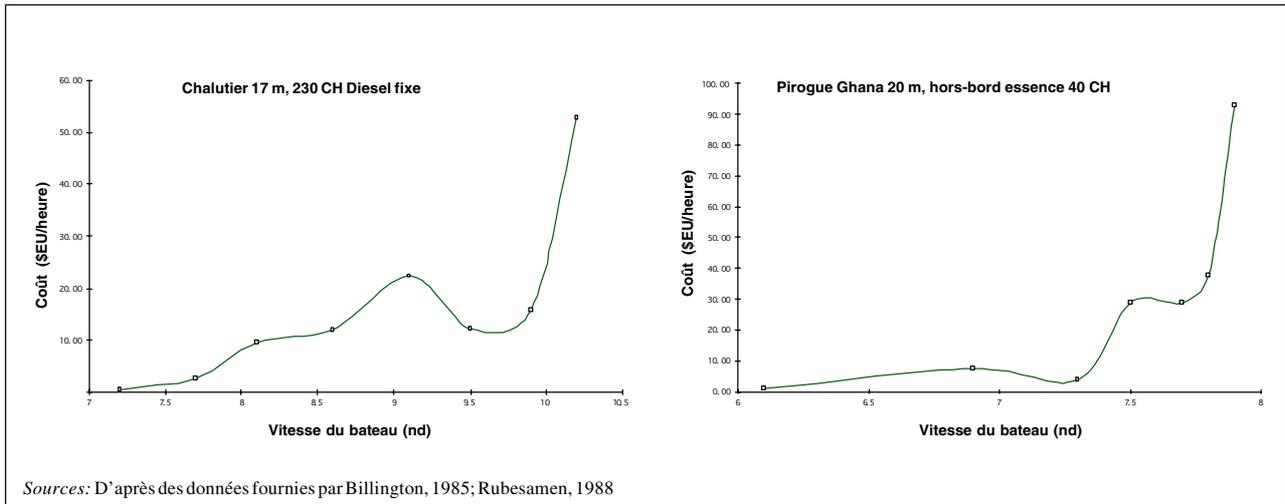


Figure 15
Exemple de courbe
coût du temps/vitesse
du bateau

Figure 16
Autres exemples coût/
vitesse



Combien vaut mon temps?

L'estimation de la valeur du temps du patron peut être faite comme l'évaluation du coût de son arrivée tardive. On pourrait par exemple demander: «Serais-je disposé à arriver une heure plus tard si quelqu'un me donnait 1 000 dollars?» Dans ce cas, la réponse serait sans doute oui. Toutefois, si la compensation n'était que de 50 cents, elle serait probablement non. Ainsi, la valeur d'une heure supplémentaire se situe quelque part entre 50 cents et 1 000 dollars.

On devrait répéter la question en diminuant progressivement cette valeur de 1 000 dollars jusqu'à ce que la décision devienne incertaine et qu'une limite supérieure puisse être établie (par exemple 25 dollars). De la même façon, la question pourrait être posée à nouveau en partant

de 50 cents et en montant pour avoir une limite basse (par exemple 15 dollars). L'estimation du temps du capitaine du bateau se situe entre les deux et peut être estimée comme une moyenne (dans ce cas 20 dollars). Il s'agit de la valorisation par heure du coût pour le patron de son arrivée tardive.

À noter qu'il n'est pas si important d'avoir une estimation précise de la valeur du temps du patron, car la forme de la courbe des économies du bateau peut être telle que des limites peuvent être établies par simple bon sens.

En combinant les données du bateau échantillon dans le graphique et la valorisation de l'échantillon ci-dessus, on peut estimer une vitesse de route optimale à un peu plus de 9,5 nœuds à environ 1 680 tr/min.

Méthode Crouch de calcul d'hélice

Cette annexe présente un procédé *d'estimation* du diamètre et pas d'hélice pour un bateau et un moteur donnés. Il est fondé sur une méthode empirique et une formule étudiées par George Crouch bien que certaines des procédures aient été simplifiées par l'intégration de formules trouvées par Dave Gerr (Gerr, 1989). Les graphiques devraient permettre un examen rapide d'un projet d'hélice existant ou proposé – ils ne sont pas censés faire partie d'un processus d'étude approfondie d'une hélice. Leur utilisation est limitée aux *hélices à trois pales*, de section ogivale (une face plate avec une courbe symétrique au dos) et avec un ratio de largeur moyenne de la pale de 0,33.

Seules des informations de base concernant l'installation et le bateau sont nécessaires pour réaliser un premier examen d'hélice. Cela se limite à:

- tr/min de l'hélice en marche;
- tr/min de l'hélice à PMC;
- la vitesse de croisière requise;
- la puissance donnée par l'arbre à hélice à PMC.

Estimation du pas de l'hélice

Les figures 17 et 18 de l'Annexe présentent des courbes pour l'estimation du pas basée sur la vitesse du bateau et les tr/min de l'hélice. Les deux figures donnent la même information, mais couvrent des gammes différentes de tr/min. Les courbes comprennent une correction pour le glissement qui peut être estimé comme fonction de la vitesse du bateau (pour plus de détails, voir Gerr, 1989). Il est très important que la vitesse de navigation requise reflète la puissance installée et le type de bateau (voir figure 4, p. 7, et la section *Moteurs*). Si le bateau existe déjà, suivant les courbes de cette Annexe, la vitesse de navigation choisie devrait être la vitesse actuelle du bateau.

Les graphiques doivent être lus en entrant selon l'axe horizontal les tr/min correspondant à la vitesse de l'hélice à vitesse de croisière. On trace une verticale jusqu'à couper la courbe correspondant à la vitesse de croisière requise. De ce point d'intersection, on trace une horizontale jusqu'à l'axe de gauche où on peut lire le pas.

On supposera que l'on a un bateau de 15 m avec un moteur

fournissant un maximum de 150 CH (à l'hélice) à une vitesse moteur de 1 800 tr/min par l'intermédiaire d'un réducteur 3:1. La vitesse de croisière choisie est de 8 nœuds à une vitesse moteur de 1 650 tr/min. On doit lire la figure 7 en entrant la vitesse de l'hélice en croisière, 550 tr/min (= $1\ 650 \div 3$, dû au réducteur). On trace alors à ce point une ligne verticale jusqu'à la courbe de 8 nœuds. À cette intersection, on lit le pas sur l'axe vertical à 31 pouces (= $31 \times 2,54 \text{ cm} = 78,75 \text{ cm}$)

Estimation du diamètre de l'hélice

On estime le diamètre de l'hélice de la même manière que le pas. Les figures 19 et 20 montrent les diagrammes pour l'estimation du diamètre; ceux-ci cependant devront utiliser les tr/min à l'hélice quand le moteur développe sa puissance maximale. On trace une ligne verticale de ce point pour rencontrer la courbe correspondant à la puissance fournie à l'hélice. Le diamètre de l'hélice est lu sur l'axe vertical au niveau de cette intersection.

Dans le cas souligné ci-dessus, on entre dans le diagramme à 600 tr/min (= $1800 \text{ tr/min} \div 3$), et on trace une ligne jusqu'à la courbe des 150 CH. À cette intersection, le diamètre correspondant est de 38 pouces (= $38 \times 2,54 = 96,52 \text{ cm}$)

Adaptations aux hélices à deux et quatre pales

Pour trouver le pas et le diamètre d'une hélice à deux ou quatre pales, réaliser l'estimation comme ci-dessus et multiplier les résultats par les facteurs donnés au tableau 11. Dans le cas ci-dessus, pour une hélice à quatre pales, le pas sera $31 \times 0,98 = 30,4$ pouces, et le diamètre = $38 \times 0,94 = 35,7$ pouces.

Confronté à la nécessité de changer une hélice existante pour réduire ou augmenter la charge du moteur, il y a quelques méthodes empiriques qui peuvent s'avérer utiles:

Tableau 11

Coefficients d'adaptation aux hélices à deux et quatre pales

| | Diamètre | Pas |
|-----------------------|----------|------|
| Hélice à deux pales | 1,05 | 1,01 |
| Hélice à quatre pales | 0,94 | 0,98 |

Source: Gerr, 1989.

- 1 cm de diamètre absorbe le couple de 2 ou 3 cm de pas.
- 5 cm de pas diminuent la vitesse du moteur de 450 tr/mn (très approximatif).
- Une hélice carrée (pas = diamètre) est assez courante mais n'est pas forcément la meilleure.

En divisant la vitesse de rotation de l'hélice par 2 et en augmentant son diamètre du tiers (1/3), le rendement est amélioré du quart (1/4).

Sources: Gerr, 1989 et Aegisson et Endal, 1992.

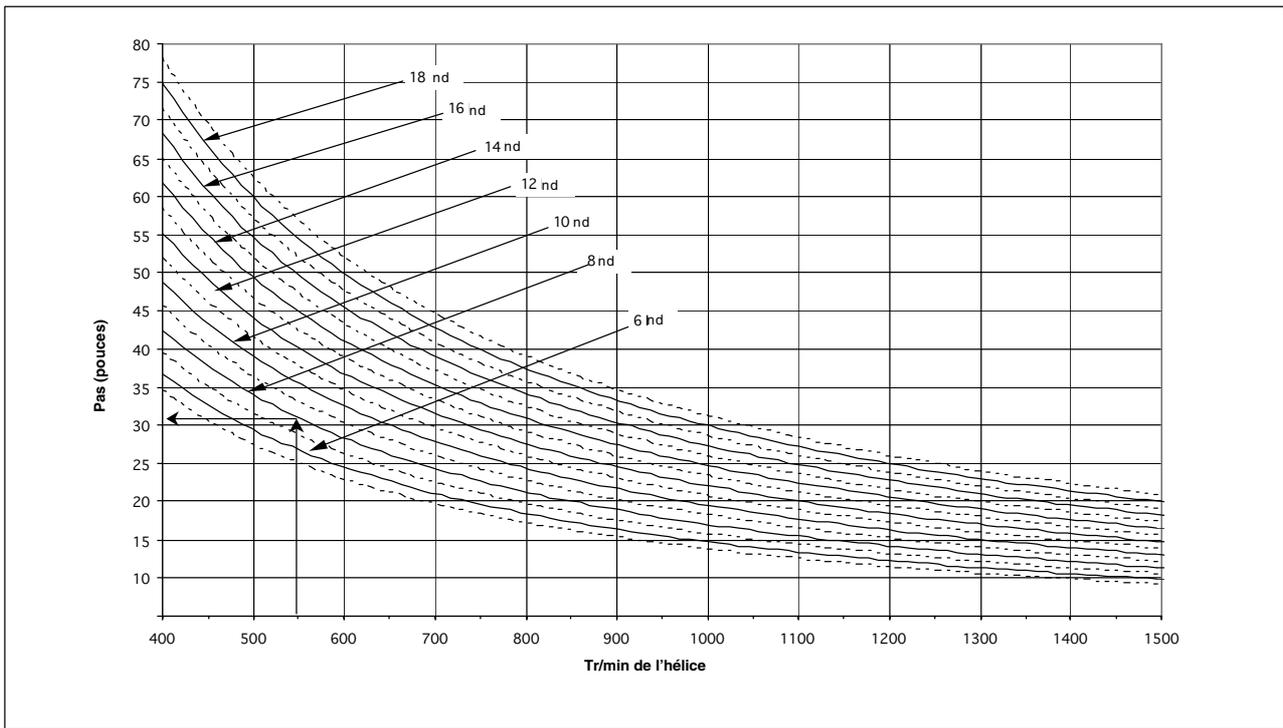


Figure 17
Diagramme de pas d'hélice (400 - 1 500 tr/min)

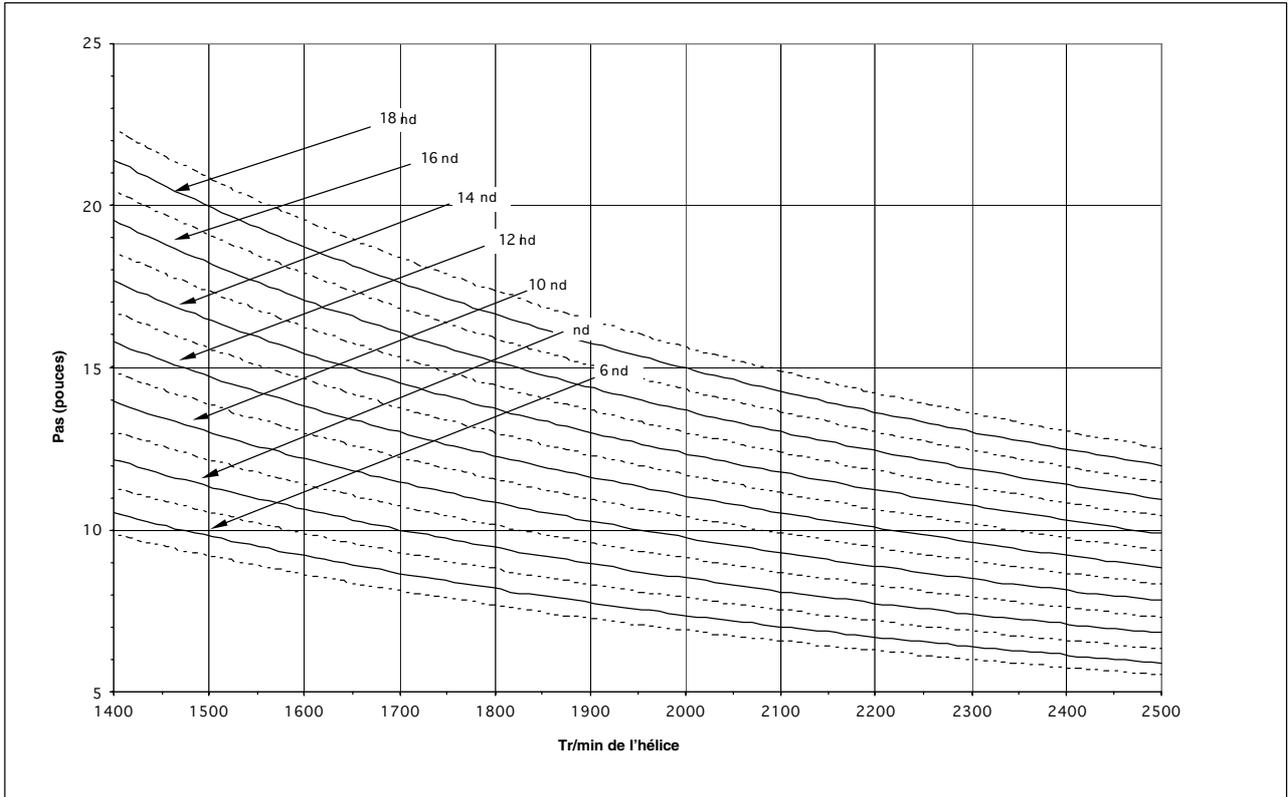
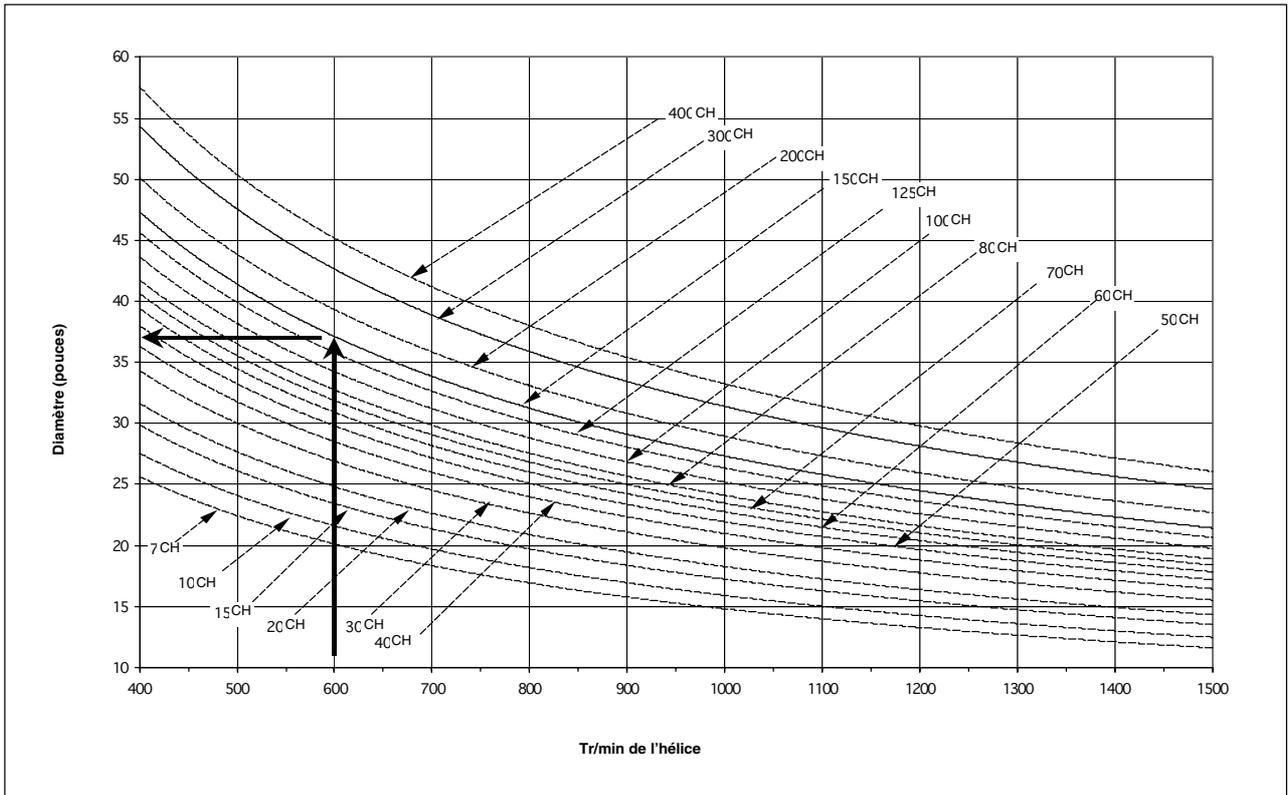


Figure 18
Diagramme de pas d'hélice (1 400 – 2 500 tr/min)

Figure 19
Diagramme de diamètres d'hélice (400 – 1 500 tr/min)



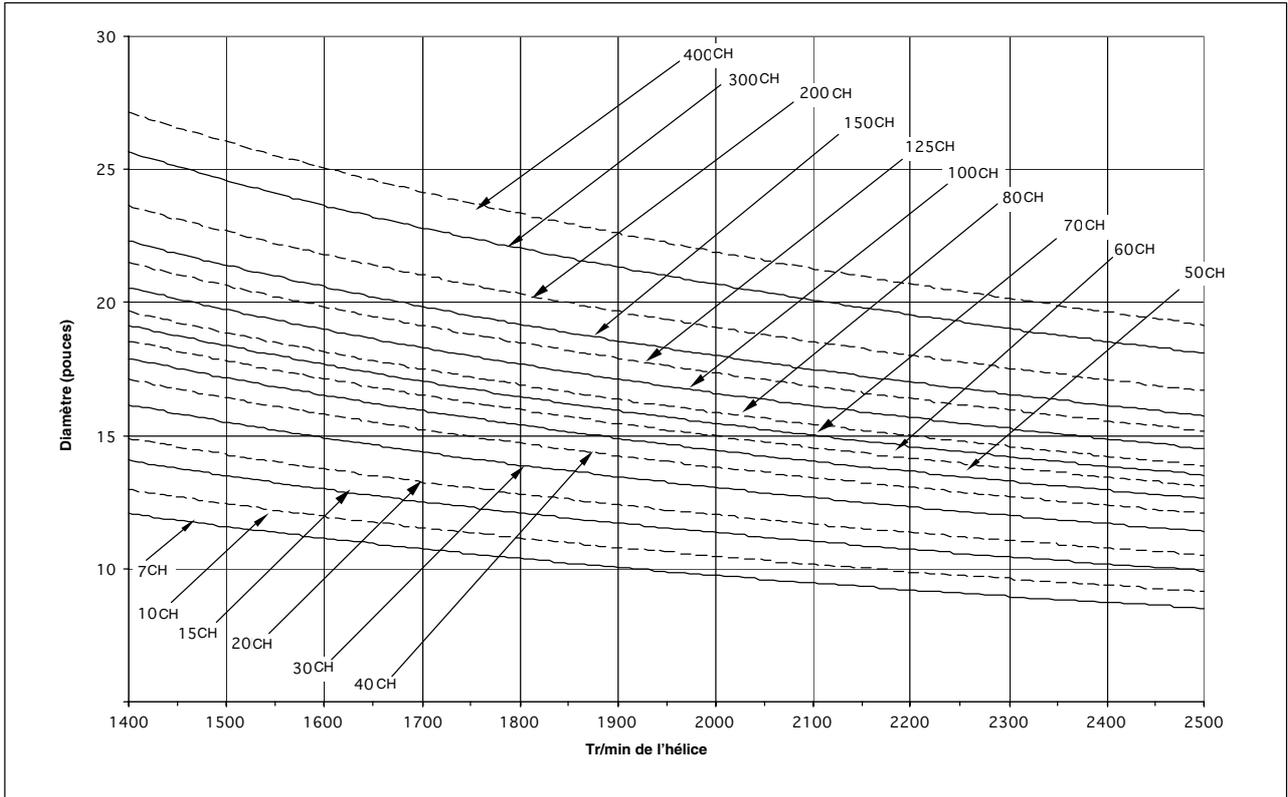


Figure 20
Diagramme de diamètres d'hélice (1 400 – 2 500 tr/min)

Bibliographie

- Aegisson, G. et Endal, A.** 1992. *Energy conservation programme in the Indian fisheries*. Energy conservation programme. IND38 Ref. 402009.00.02.92. Marintek, Norvège.
- Annamalai, V. et Kandoran, M.** 1996. Trends and cycles in fishery returns from motorised traditional fishing craft. *Fishery Technology*, 33(1). Central Institute of Fisheries Technology, Cochin, Inde.
- Annamalai, V. et Kandoran, M.** 1990a. Economics of motorised traditional craft. *Fishery Technology*, 27. Central Institute of Fisheries Technology, Cochin, Inde.
- Annamalai, V. et Kandoran, M.** 1990b. Motorising traditional craft: Problems and prospects of the innovation. *Fish Technology Newsletter*, VI(oct.-déc.). Central Institute of Fisheries Technology, Cochin, Inde.
- Anon.** 1987. *Engine model L40 stern arrangement*. Yanmar Diesel Engine Co, Japon.
- Anon.** 1970. Efficient propulsion. *Research and Development Bulletin*, 36. White Fish Authority.
- ASEAN/UNDP/FAO.** 1981. *Basic data for designing propeller and boat*. Fuktomi Report on the training course on small-scale fisheries extension. Ref. RAS/84/016. ASEAN/UNDP/FAO Regional Small-scale Coastal Fisheries Development Project.
- Ayyappan Pillai, S. et Sreedharan Namboodiri, K.** 1991. Problems in mechanisation of low-energy fishing craft for coastal water. In *Proceedings of the National Workshop on Low-energy Fishing*. Society of Fisheries Technologists, Inde.
- Baird, N.** 1998. *World marine engine propulsion systems*. Baird Publications Ltd, Melbourne, Australie.
- Bartlett, T.** 1996. The right prop. *Motorboat and yachting*, June.
- Berg, A.** 1982. *Full-scale experiences with propeller re-installation on a purse seiner*. Paper presented at the International Conference on Propulsion for Small Craft. Royal Institution of Naval Architects, Londres.
- Billington, G.** 1985. Fuel use control in the fishing industry. *Proceedings of the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design*. Ref. R 103. Marine Institute, St John's, Newfoundland, Canada.
- Boopendranath, M.** 1996. *Approaches to energy conservation in fishing*. Regional Training Course in Commercial Fishing Technology. Training Department. Southeast Asian Fisheries Development Centre, Thaïlande.
- Byrne, D. et Ward, G.** 1982. *The cost of hull roughness versus the cost of hull smoothness*. Paper presented at the Conference on Priorities for Reducing the Fuel Bill. Institute of Marine Engineers.
- Calisal, S.M.** 1985. Methods to reduce fuel consumption of fishing vessels, *BMT Abstracts*, 41(12).
- Campbell, J. et Beare, R.** 1986. *The evaluation of vessel and engine performance*. Kambia Fisheries Development Project. MacAlister Elliott and Partners, Lymington, Royaume-Uni.
- Carter, G. et Martin, M.** 1964. *Parafin engine performance*. Ref. Report D.150/8. Westfair Limited, Royaume-Uni.
- Centre d'Assistance pour la Motorisation des Pirogues (CAMP).** 1988. *Experimentation of Yanmar diesel motors in Senegal*.
- Dahle, E.** 1982. *Fuel saving and fuel conservation in fishing*. Paper Presented at the International Conference on Propulsion for Small Craft. Royal Institution of Naval Architects, Londres.
- Dickson, W.** 1988. Energy savings in fisheries and evaluation of its effects. In *Proceedings of the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design*. Marine Institute, St John's, Newfoundland, Canada.
- Diffey, S.** 1991. Experiences in the use of Yanmar diesel outboard engine: Outer Island Fisheries, FAO Regional Fishery Support Programme, Kiribati. Fidji. (communication interne)
- Dyne, G.** 1983. *Ship propulsion improvement*. Eighth school ship design for fuel economy., West European Graduate Education in Marine Technology, Gothenburg.
- FAO.** n.d. *Fuel consumption in fishing*. Par E. de Boer. Rome. (en préparation)
- FAO.** n.d. *Some notes on the search for sustainable and more fuel-efficient propulsion for artisanal fishing canoes*. Par R. Beare. Rome. (communication interne)
- FAO.** 1971. *Notes on characteristics recommendations for outboards engines in coastal fishing*. by A. Witzenburg. Rome. (document interne)
- FAO.** 1981. *Fuel consumption in fishing*. Par E. de Boer. Rome. (rapport interne)

- FAO.** 1983. *Report on fitting outboard motors to Ghanaian fishing canoes.* By Rawson, G. Rome. (document interne)
- FAO.** 1985a. *A preliminary account of attempts to introduce alternative types of small craft into West Africa.* By Ø. Gulbrandsen. Programme for Integrated Development of Artisanal Fisheries in West Africa (IDAF), Cotonou. Ref. WP3. Rome.
- FAO.** 1985b. *Feasibility study on the use of 4-stroke petrol outboard motors on small size traditional fishing canoes in West Africa.* Par J. Fyson. Rome. (document interne)
- FAO.** 1985c. *Practical fuel saving guide for skippers.* Par E. de Boer. Rome. (rapport interne)
- FAO.** 1985d. *Report on a trip to West Africa.* By Ø. Gulbrandsen. Rome.
- FAO.** 1985e. *TCP assistance to artisanal fisheries,* Par J. Fyson, N. Coackley, Ø. Gulbrandsen et N. Vikanes. Rome. (rapport interne)
- FAO.** 1987a. *Economies de carburant et engins de pêche.* Par M. Ferretti. In *GFCM. Studies and Reviews.* Ref. No. 62. Rome.
- FAO.** 1987b. *Energy saving on trawlers: some factors related to design and propulsion.* Par G. Messina. In *GFCM. Studies and Reviews.* Ref. No. 62. Rome.
- FAO.** 1987c. *Review of field projects in small-scale fisheries in West Africa.* Par S. Akester. Rome.
- FAO.** 1987d. *Seamanship, sailing and motorisation.* By D. Davy. Programme for Integrated Development of Artisanal Fisheries in West Africa (IDAF), Cotonou. Ref. IDAF/WP/18. Rome.
- FAO.** 1988. *Recent developments of the artisanal fisheries in Ghana.* Par J. Haakonsen. Programme for Integrated Development of Artisanal Fisheries in West Africa (IDAF), Cotonou. Ref. IDAF/WP/21. Rome.
- FAO.** 1989a. *Diesel outboard engine statistics.* By R. Beare. Integrated Development of Rural Fishing Villages. Rome. (document interne)
- FAO.** 1989b. *Fuel consumption data.* Programme for Integrated Development of Artisanal Fisheries in West Africa (IDAF), Cotonou. Rome.
- FAO.** 1990. *Fishing craft development in Kerala.* Par Ø. Gulbrandsen et M. Andersen. Ref. TCP/IND/8852A.
- FAO.** 1991. *Cost and earnings and credit studies on the Ghanaian canoe fisheries.* Par E. Callerholm Cassel. Programme for Integrated Development of Artisanal Fisheries in West Africa (IDAF). Cotonou Ref. IDAF/WP/34. Rome.
- FAO.** 1995a. *Code de conduite pour une pêche responsable.* Rome.
- FAO.** 1995b. *Technology developments in capture fisheries.* Par D. MacLennan. Rome.
- FAO/Fishing News Books.** 1985. *Design of small fishing vessels.* Fyson J., éd. Ref. N20 266031. Rome.
- Gerr, D.** 1989. *The propeller handbook.* Nautical Books, Londres.
- Gifford, E. et Palmer, C.** 1985. *Energy saving and rig development for artisanal fishing boats.* International Conference on Design, Construction and Operation of Commercial Fishing Vessels. Florida Sea Grant College, Etats-Unis.
- Gilbert, L.** 1983. *Fishing vessel fuel control.* Fishing Industry Training Council, Nouvelle-Zélande.
- Government of Western Samoa.** 1988. *Testing of diesel outboard engines for the Alia small boat fishery in Western Samoa.* Fishery Division, Government of Western Samoa 20th Regional Technical Meeting on Fisheries. Ref. 20/WP.35. South Pacific Commission.
- Gulbrandsen, Ø.** 1988. *Small fishing craft in developing countries - what is the experience?* Paper presented at the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design. Marine Institute, St John's, Newfoundland, Canada.
- Hearn, Prof. G. et Yaakob, Omar Bin.** 1997. *Power, performance and operability of 24 m fishing boats - by design?* Paper presented at the Conference on Power, Performance and Operability for Small Craft. Royal Institution of Naval Architects, Londres.
- Henderson, K.** 1992. *The outboard motor manual.* Adlard Coles Nautical. Londres.
- Hochstadt, H.** 1997. *Direct injection automotive engines.* Paper presented at the Australia-Korea Automotive Technology Symposium.
- Hollin, D. et Windh, S.** 1984. *Cutting fuel costs: Alternatives for commercial fishermen.* Texas A&M University Sea Grant College Program, Etats-Unis.
- Houston, Dr. R et Newmann, R.** 1997. *Direct injection 4-stroke gasoline engines, the orbital combustion process solution.* Paper presented at the Euro IV Conference on the Challenge of Future Technologies and Systems. Institute of Mechanical Engineers, Londres.
- Intermediate Technology Development Group.** 1989. *Small engines development for artisanal fishing boats in South India.* Report to the ODA Joint Funding Scheme. Royaume-Uni.
- Jones, T.** 1996. *The four-stroke option.* *Motorboat and Yachting*, June.
- Joselin, Prof. P.** 1989. *Performance of imported outboard engines in Indian conditions.* Paper presented at the National Workshop on Technology for Small-scale Fishworkers. South Indian Federation of Fishermen Societies, Trivandrum, Inde.

- Kasahara T. & Bokura, D.** 1988. *Future trends in outboard motors*. Paper presented at the World Symposium on Fishing Gear and Fishing Vessel Design. Marine Institute, St John's, Newfoundland, Canada.
- Kazuyuki, T.** 1984. *How to operate a small diesel engine for fishing boats*. Training Department. Ref. TD/TRB/No 33. South East Asian Fisheries Development Center.
- Kazuyuki, T.** 1985. *Maintenance of diesel engines for fishing boats*. Training Department. Ref. TD/TRB/No. 36. South East Asian Fisheries Development Center.
- Lange, K.** 1988. *Fuel consumption tests with Ghana plank herring boats*. GTZ Fisheries Pilot Project, Tombo, Sierra Leone.
- Laurence, C.** 1984. *Vessel operating economics*. Fairplay Publications, Londres.
- Leighton, S. et Cebis, M. et al.** 1994. *The OCP small engine fuel injection system for future two-stroke marine engines*. International Off-Highway and Powerplant Congress & Exposition. Ref. SAE, Paper 941687. Society of Automotive Engineers, Milwaukee, Etats-Unis.
- Lundgren, G.** 1985. *A simple method to determine optimum vessel speed*. Paper presented at the International Conference on Design, Construction and Operation of Commercial Fishing Vessels. Florida Sea Grant College, Etats-Unis.
- MacAlister, R.G.** 1985. The application of sail in fisheries development. In *Proceedings of the Regional Conference on Sail-Motor Propulsion*. AsDB, Manille.
- MacAlister Elliott et Partners, éds.** 1988. *Sails as an aid to fishing*. MacAlister Elliott & Partners, Lymington, Royaume-Uni.
- Manohar Doss, R. et al.** 1997. Returns from motorised traditional craft in Veraval coast. *Fishery Technology*, 34(2). Central Institute of Fisheries Technology, Cochin, Inde.
- Marbury, F.** 1983. *The finer points of slow steaming*. Ship costs and energy symposium proceedings. Ref. Paper C-4. Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York.
- Martin, M.** 1989a. *Initial work on parafin operation of the QUB90 engine*. Ref. Report S54. Westfair Limited for British Seagul, Royaume-Uni.
- Martin, M.** 1989b. *Issues in the design of kerosene outboard motors for use in fisheries*. Paper presented at the National Workshop on Technology for Small-scale Fishworkers. South Indian Federation of Fishermen Societies, Trivandrum, Inde.
- Martin, M. et Magee, J.** 1989. *Further work on kerosine operation of the 'Kingfisher' engine*. Ref. Report S99. Westfair Limited for British Seagul. Royaume-Uni.
- National Institute for Oceanographic and Marine Research.** 1988. *Short, medium and long term propulsion systems for the small scale fisheries of Nigeria*. Lagos.
- Nova Scotia Department of Fisheries.** 1989. *Technology transfer - energy conservation*. Canada.
- Panikkar, K. et al.** 1991. A study on economics of different fishing techniques along the Kerala coast with special reference to fuel efficiency. In *Proceedings of the National Workshop on Low-energy Fishing*. Society of Fisheries Technologists, Inde.
- Patience, G.** 1982. The contribution of the propeller to energy conservation in ship operation. Conference on Priorities for Reducing the Fuel Bill. *Trans ImarE*, 1982 (94). Ref. Paper C99. Institute of Marine Engineers.
- Plueddeman, C.** Fab four - Comparison test. *Popular Mechanics Magazine*. Hearst Corporation.
- Rübesamen, K.** 1988a. *Fuel consumption test: Modified Ghana planked diesel boat, traditional Ghana planked outboard boat*. GTZ Fisheries Pilot Project, Tombo, Sierra Leone.
- Rübesamen, K.** 1988b. *Fuel saving propulsion diesel inboard motorisation of Ghana planked boats, Tombo, Yawri Bay*. GTZ Fisheries Pilot Project, Tombo, Sierra Leone.
- Rübesamen, K. et During, S.** 1988. *Fuel saving propulsion for Ghana planked boats, Tombo, Yawri Bay*. GTZ Fisheries Pilot Project, Tombo, Sierra Leone.
- Schneekluth, H.** 1988. *Ship design for fuel efficiency and economy*. Butterworths, Londres.
- Sewel, R. et Sainsbury, J.** 1985. *Performance measurements of a 25 ft sail-assisted fishing vessel*. Paper presented at the International Conference on Design, Construction and Operation of Commercial Fishing Vessels. Florida Sea Grant College, Etats-Unis.
- Shahul Hameed, M. et Asok Kumar, K.** 1991. Problems of energy optimization in fisheries. In *Proceedings of the National Workshop on Low-energy Fishing*. India, Society of Fisheries Technologists.
- Sheshappa, D.** 1991. Design of propulsion plants for energy efficient fishing vessels. In *Proceedings of the National Workshop on Low-energy Fishing*. Society of Fisheries Technologists, Inde.
- Smith, C.F.** 1985. *The proper propeller*. New York Sea Grant, Etats-Unis.
- Smith, C.F., Lapp, P. et Sedat, R.** 1985. *Should there be a propeller nozzle on your trawler?* New York Sea Grant, Etats-Unis.
- Svensen, T.** 1982. *Techno-economic reasons for selecting fuel saving priorities*. Paper presented at the Conference on Priorities for Reducing the Fuel Bill. Institute of Marine Engineers. Country?

- Swedish International Development Authority/FAO.** 1986a. *Pivoting engine installation for beachlanding boats*. Par A. Overa. Bay of Bengal Programme. Ref. BOBP/WP/44. Madras, Inde.
- Swedish International Development Authority/FAO.** 1986b. *Reducing the fuel costs of small fishing vessels*, by Gulbrandsen, Ø. Bay of Bengal Programme. Ref. BOBP/WP/27. Madras, Inde.
- Swedish International Development Authority/FAO.** 1987. *Fishing trials with beach landing craft at Uppada, Andhra Pradesh, India*. By L. Nyberg. Bay of Bengal Programme. Ref. BOBP/WP/56. Madras, Inde.
- Swedish International Development Authority/FAO.** 1991. *Report on technical consultation on small craft and propulsion systems*. Bay of Bengal Programme. Madras, Inde.
- Swedish International Development Authority/FAO.** 1993a. *Developing and Introducing beach landing craft*. By V. Pietersz. Bay of Bengal Programme. Ref. BOBP/REP/54. Madras, Inde.
- Swedish International Development Authority/FAO.** 1993b. *Development of canoes in Shri Lanka*. Par G. Pajot et Ø. Gulbrandsen. Bay of Bengal Programme. Ref. BOBP/REP/59. Madras, Inde.
- Swedish International Development Authority/FAO.** 1993c. *Safety at sea*. Par Ø. Gulbrandsen et G. Pajot. Bay of Bengal Programme. Ref. BOBP/MAG/16. Madras, Inde.
- Swedish International Development Authority/FAO.** 1993d. *Small offshore fishing boats in Shri Lanka*. Par Pajot, G. Bay of Bengal Programme. Ref. BOBP/REP/61. Madras, Inde.
- Thankappan Achari, T.** 1989. *Socio-economic impact of motorisation*. Paper presented at the National Workshop on Technology for Small-scale Fishworkers. South Indian Federation of Fishermen Societies, Trivandrum, Inde.
- Towsin, R.L.** 1983. *Bottom condition and fuel conservation*. Eighth school ship design for fuel economy. Gothenburg, West European Graduate Education in Marine Technology.
- Towsin, R.L. et Byrne, D.** 1980. Speed, power and roughness: The economics of outer bottom maintenance. *Trans RINA*, 1980 (122). Royal Institution of Naval Architects, Londres.
- Towsin, R., Byrne, D., Svensen, T. et Milne, A.** 1981. Estimating the technical and economic penalties of hull and propeller roughness. *Trans SNAME*, 1981(82). The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York.
- Traung, J.-A.** 1975. *Fishing boats of the world*. Fishing News Books, Royaume-Uni.
- Umeda, N.** 1997. *Proceedings of the International Workshop on Fishing Vessel Technology*. Ref. No. 6. National Research Institute of Fisheries Engineering, Hasaki, Japon.
- University of Michigan/The Society of Naval Architects and Marine Engineers, eds.** 1996. *Proceedings of the Small Craft Marine Resistance and Propulsion Symposium*. University of Michigan/The Society of Naval Architects and Marine Engineers, New York.
- Vivekanandan, V.** 1991. Kerala fisheries - Growing energy inefficiency. In *Proceedings of the National Workshop on Low-energy Fishing*. Society of Fisheries Technologists, Inde.
- Ward, N.** 1985. *The performance of high-speed fishing vessels in service*. Industrial Development Unit. Ref. Tech Rep No. 257. Sea Fish Industry Authority, Royaume-Uni.
- Webster, P.** The Honda revolution. *Fisherman & Boatowner Magazine*.
- Wilson, J. et Davy, D.** 1993. *Field trials of artisanal fishing vessels*. Ref. R4223. MacAlister Elliott & Partners, Lymington, Royaume-Uni.
- Woods Hole Oceanographic Institute.** (n.d.) *Marine fouling and its prevention*, United States Naval Institute, Maryland, Etats-Unis.
- Woodward, J.** 1973. *Matching engine and propeller*. The Department of Naval Architecture and Marine Engineering. Ref. 142. USA, University of Michigan.
- Yamamoto, S.** 1982. *Stern equipment for small fishing boats*. Training Department. Ref. TD/TRB/No.24. Southeast Asian Fisheries Development Center.