



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ DE TULEAR



Rapport de stage

PROJET SEACUSEY APPUI A LA COGESTION ADAPTIVE DE LA PECHERIE D'HOLOTHURIE AUX SEYCHELLES

Étude de la durée de pêche effective des holothuries en
plongée autonome aux Seychelles

RAKOTONJANAHARY Fidèle

Maitre de stage IRD : Dr Marc Léopold

Maitre de stage IH.SM : Dr Jamal Mahafina A.

Période du stage : Juin - Septembre 2018

Novembre 2018

Résumé

La pêche aux holothuries apporte beaucoup d'argent dans le secteur pêche aux Seychelles dont environ 10 millions de US\$ par an. Par la forte demande venant des pays asiatiques. Les stocks d'holothuries dans ces îles sont en diminution actuellement. La pêche aux holothuries s'effectue en utilisant des bateaux et des équipements de plongé. Les activités de pêches s'effectuent en générales dans des zones de profondeurs entre 10 à 50 m.

Cette étude a pour objectif de fournir plus d'information pour contribuer à la création d'un outil de gestion durable de la ressource. On veut évaluer les stocks à partir des données de pêche, et plus précisément des captures par unité d'effort.

Le résultat attendu de cette étude est alors d'estimer et d'évaluer la durée de pêche effective par plongée et les paramètres qui l'influencent. Deux sources de données ont été utilisées. D'une part données enregistrées à partir des sondes que les plongeurs utilisent durant leurs activités dont la fréquence de capture de données sur les profondeurs s'effectue tous les 10 secondes et d'autres part d'autres données que les sondes n'enregistrent pas mais ce sont les pêcheurs qui les déclarent telles que : Le nom du navire utilisé, le nom de la sonde que chaque équipe utilise, la profondeur, la durée des plongées (descente, pêche, remonte), le capture. Les résultats obtenus montrent que : La durée de pêche effective environs 21.10 mn a été estimée environs 61% de la durée totale de la plongée qui est en moyenne 34.09 mn. Les 39% restants environs 13 mn correspondaient aux temps dépensés a la descente, la remonté et les paliers après la pêche effective.

Les données déclarées par les pêcheurs n'étaient pas significativement différentes des données enregistrées par la sonde malgré un manque de précision et de rigueur constaté pendant la saisie. Les variables qui influençaient significativement la durée de pêche effective étaient durée totale de la plongée, la profondeur moyenne de la zone de pêche et le variables équipes. Il est primordial de fournir des informations scientifiques et outils fiable pour assurer la gestion durable de cette ressource. D'autres thèmes de recherche seraient alors obligatoires pour répondre à ces besoins.

Table des matières

1. Introduction	4
2. Matériels et méthodes	6
2.1. Collecte des données.....	6
2.2. Données de pêche.....	6
2.3. Profil de plongées correspondants	6
2.4. Traitement et analyse des données	6
3. Résultats	8
3.1. Nombre de plongée.....	8
3.2. Analyses des données enregistrées par les sondes.....	10
3.2.1. Analyse du temps de pêche à partir des profils bathymétriques	10
3.2.2. Effet de la profondeur sur la durée de plongée et la durée de pêche.....	11
3.2.3. Relation entre la durée de pêche en fonction du nombre (numéro) de plongée en une journée	11
3.2.4. Analyse des données enregistrées couplés avec les données déclarées.....	13
.....	14
3.2.4.2. La profondeur déclarée avec les profils bathymétriques.	14
3.2.4.3. Relation entre la durée de pêche réelle, durée de pêche déclaré et profondeur déclarées	15
3.2.5. Capture par unité d'effort (CPUE).....	16
4. Discussion.....	17
5. Conclusion.....	19
6. Annexes	21

1. Introduction

Dans les petits états insulaires en développement comme Seychelles qui sont éloignées des territoires continentaux, les ressources naturelles y sont rares. L'économie est très dépendante d'un nombre réduit de secteurs économiques, à savoir le tourisme et les activités liées à la pêche. La contribution de la pêche artisanale/traditionnelle au PIB du pays et les ressources qu'elles génèrent dépassent celles du tourisme. Les exportations des produits de la pêche représentent plus de 90 % du total. La ressource en holothuries qui participe au développement de l'économie de Seychelles sont concernées. Les holothuries ont été pêchés depuis plus d'un siècle (Cariglia et al. 2013), mais a connu un développement remarquable ce dernière décennie (Aumeeruddy, et al. 2015). Exporter surtout vers la chine, Hong Kong, Malaysia et Singapore qui sont les principales clients (Aumeeruddy et Conand 2008).

Les stocks montrent un signe d'épuisement remarquable, les pêcheurs devraient élargir ses zones de pêches pour en avoir beaucoup et que les espèces à fortes valeurs commerciales diminuent en qualité/quantité (Aumeeruddy et Skewes 2005). La gestion de la pêche aux holothuries est en effet exigée à cause de la forte demande des pays importateurs afin de le pérenniser et d'éviter l'épuisement du stock (Cariglia et al. 2013). Le projet SEACUSEY en partenariat avec le SFA (Seychelles Fishing Authority) et les pêcheurs a été créé pour assurer la durabilité du secteur économique lié aux ressources en holothuries aux Seychelles grâce à une gestion adaptative, précautionneuse et concertée. Il s'agit d'établir un modèle statistique permettant de déterminer l'abondance du stock commercial en fonction des captures effectuées par les pêcheurs.

Pour la présente étude, l'objectif est d'évaluer l'effort de pêche effective afin d'apporter un élément de plus pour améliorer la création d'un outil pour une pêche responsable et pour la gestion rationnelle des ressources en holothuries aux Seychelles que le projet SEACUSEY entretienne. La pêche responsable consiste à une exploitation contrôlée des ressources afin d'optimiser les retombées économiques, sociale et écologiques qui sont les trois piliers du développement durable d'un pays. C'est en effet un arbitrage continu qui est chapeauté par les administrations de tutelle avec la participation des acteurs du développement, notamment du secteur publique, privée, de l'organisation de la société civile avec les organismes de recherche scientifiques et technologiques.

Les holothuries sont des ressources à haute valeur commerciale, activement recherchées et exportées vers les pays asiatiques. Ses produits transformés, comme la bêche de mer (trévang), constituent une importante source de revenus pour les populations côtières. La pêche aux

holothuries s'est rapidement développée aux Seychelles au cours des sept à huit dernières années en raison de la forte demande sur le marché international et de la hausse des prix de ce produit.

|

2. Matériels et méthodes

2.1. Collecte des données

Aux Seychelles, la pêche aux holothuries s'effectue en utilisant des bateaux de pêche et des équipements de plongées. Nous avons pu collecter les données nécessaires dans ce travail en adoptant une collaboration en condition réelle, en mettant à la disposition des pêcheurs trois navires, tels que : Escapade, Galate et Great White. A bord de chaque bateau, deux équipes constituer au moins par 2 plongeurs dont chacun est équipé par une sonde. L'étude a été réalisée entre le mois de février jusqu'au mois de juin 2018.

2.2. Données de pêche

Pour les captures, les données proviennent des carnets de pêche (logbook) enregistrées par le capitaine de navire avec d'autres informations basiques qui ont été collectées par l'équipe de la SFA et qui assurent la saisie de toutes les informations dans un ordinateur. Les données que le logbook contient s'agit uniquement de la profondeur et la durée totale de plongée ainsi que les captures (nom de l'espèce et la quantité d'holothurie capturée).

2.3. Profil de plongées correspondants

Les sondes ont été utilisées et servent à collecter les variables suivantes : équipes TDR « nom du sonde », dates, heures, profondeur durant les activités de plongée et la température tous les 10s (modifiable selon les besoins). Fixés sur les équipements de plongé (jacket), les sondes enregistrent automatiquement ces paramètres quelque seconde après l'immersion des plongeurs selon les réglages. Les sondes s'arrêtent automatiquement juste quelque seconde après que les plongeurs sortent de l'eau (fin de plongé).

Dès que les plongeurs sont arrivés sur le site de débarquements, les techniciens de la SFA récupèrent les données et les téléchargent dans un ordinateur sous format « .csv ». L'extraction des données s'effectuait ensuite sur Microsoft Excel, et suivie d'une classification pour faciliter la lecture. Ces informations sont ensuite insérées et fusionnées avec les données provenant des logbook pour former la donnée finale (full data).

2.4. Traitement et analyse des données

Nous commençons à procéder ensuite au différent calcul à partir des tableaux croisés dynamique. Les moyennes de la durée total des plongées, de la durée de pêche, de la profondeur minimale, profondeur maximale et profondeur moyenne.

Une modélisation linéaire simple (lm sur R) afin d'étudier la relation entre les variables.

2.4.1. Calcul des profondeurs (Min, Max, Moyenne)

Les coefficients de corrélations linéaires entre les variables suivantes sont calculés : la profondeur déclarée et la profondeur moyenne, entre la profondeur déclarée et la profondeur maximale, et enfin entre la profondeur déclarée et la profondeur minimale.

Nous avons aussi étudié les facteurs qui influencent la durée de pêche par l'analyse de la régression linéaire multiple, en suite une étude de la durée de pêche effective en fonction de la durée de plongée totale avec la profondeur, l'équipe et le numéro de plongée aussi ont été réalisés.

2.4.2. Calcul de la relation entre la durée totale de plongée et la durée de pêche effective

Il s'agit de faire une analyse des corrélations linéaires entre la durée totale de plongées et la durée déclarée, une corrélation linéaire de la durée de pêche et la durée totale, une corrélation la durée des plongées et les profondeurs déclarées et en fin un modèle mixte en utilisant les profondeurs déclarées. Pour les captures, le calcul de l'effort de pêche (CPUE) a été calculé en divisant le nombre d'holothuries capturées par le temps de la pêche effective. Les scripts utilisés sont indiqués dans l'annexe 1.

2.4.3. Analyse de régression linéaire multiple pour les variables qui influencent la durée de pêche effective.

Une analyse de régression linéaire multiple a été réalisée pour évaluer les relations entre la durée de pêche effective (variable expliquée) et les variables qui pourraient bien influencer ce dernier (les prédicteurs). Tous les prédicteurs ont été testé sur la variable expliquée, l'objectif étant d'obtenir le minimum de variables (prédicteurs) expliquant le maximum de variance.

Dans un premier temps, les observations ont été centré-réduites, c'est-à-dire que les données de chaque variable ont été arrangés de sorte à avoir une moyenne égale à 0 et une valeur d'écart-type égale à 1. Par conséquent, les données varient de -1 pour les valeurs les plus faibles à 1 pour les valeurs les plus élevées. Cette étape a été réalisé en utilisant la fonction *scale* de l'extension BASE de R (*R Development Core Team, 2017*). Elle permet de faciliter les interprétations et les comparaisons des coefficients du model de régression. Cette fonction permet de simuler l'effet de tous les prédicteurs sur la durée de pêche, en éliminant automatiquement ceux les moins significatives.

3. Résultats

3.1. Nombre de plongée

Le profil de plongée dont la durée des plongées, la durée de pêche effective et les profondeurs moyennes enregistrés sont représentés par la figure ci-dessous. Un profil de plongée est composé par les actions suivantes : La descente, la pêche effective et la remonté y compris les paliers (Fig. 1). Pour la pêche effective, les pêcheurs (plongeurs) sont restés dans une profondeur de deux ou trois mètres au-dessus du fond pour une meilleur détectabilité des holothuries et aussi pour économisés de l'air. Dans le cas où ils détectent des holothuries, ils descendent rapidement au fond pour la collecte et revient au même profondeurs après.

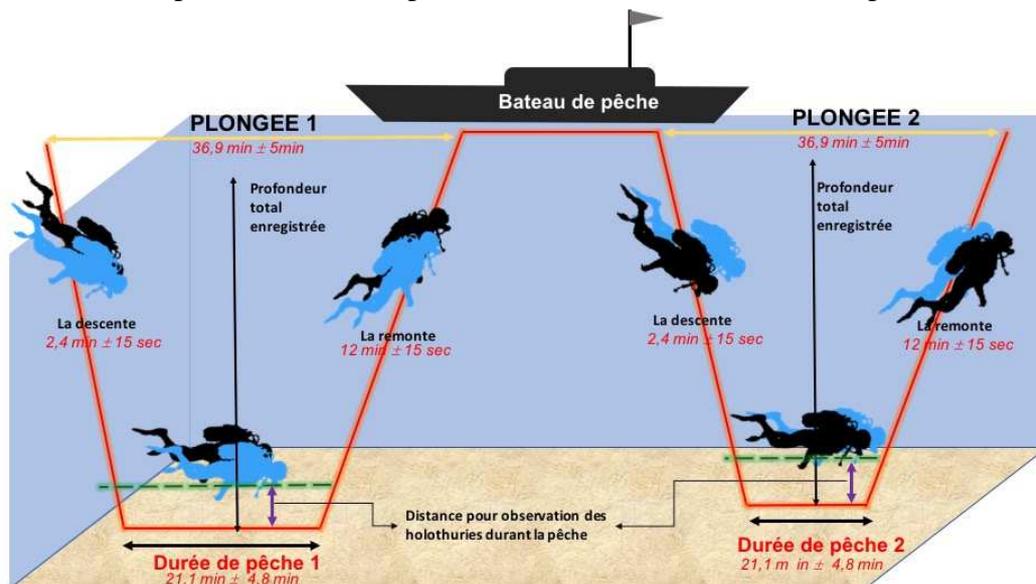


Figure 1 : Deux profils de plongées pour la pêche aux holothuries

Au total, 621 plongées ont été réalisées, dont 288 par les équipes du Navire Escapade, 292 par celles du Navire Galate et seulement 36 par celles du Navire Great White (Fig. 2)

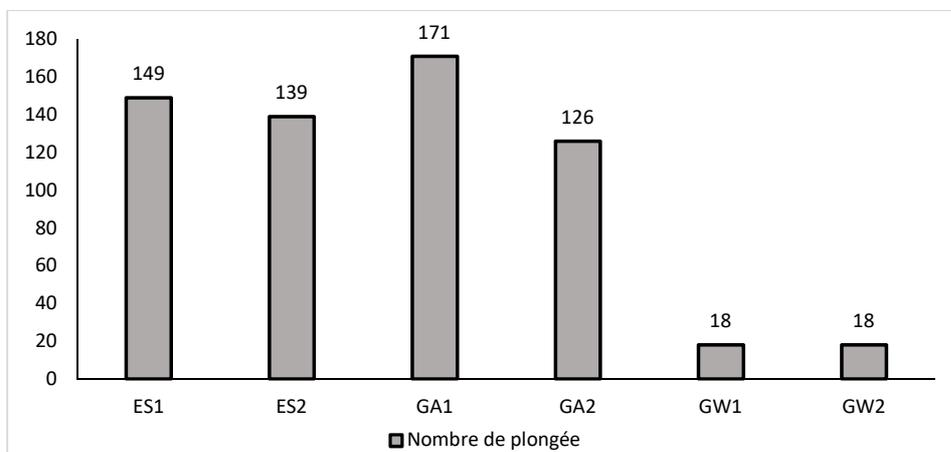


Figure 2: Nombre de plongée par équipe de chaque Navires

Les figures ci-dessous (Fig. 3b) nous montrent qu'en général qu'une équipe plonge environs 4.27 ± 1.19 fois en une journée. Pour un navire avec deux équipes, en moyenne le nombre total de plongée est de 8.53 ± 2.37 fois en une journée (Fig. 3a).

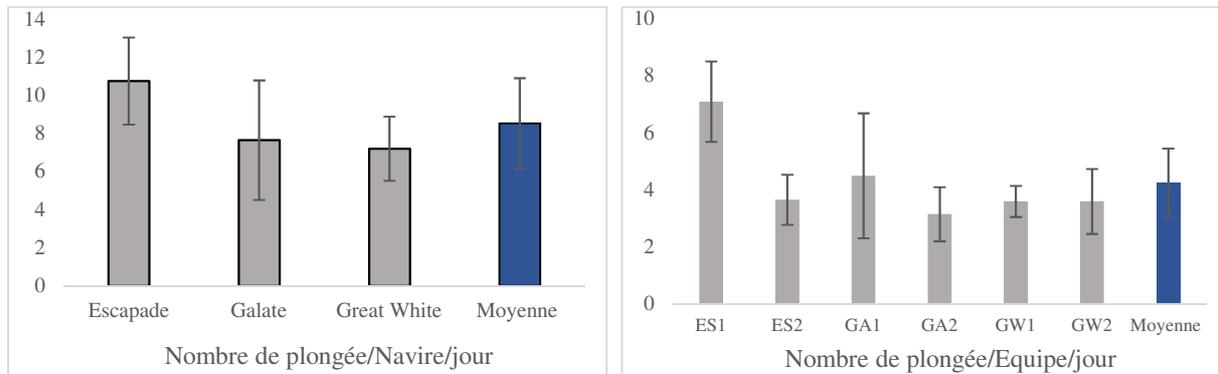


Figure 3 : Nombre de plongée -a) par navire et-b) par équipe

Selon les profils bathymétriques enregistrées par les sondes, les activités de pêche ont été réalisés dans des zones de profondeur entre 15 à 50 mètres. La figure suivante montre les profondeurs moyenne enregistrées par équipes de chaque navire. Les équipes à bord du navire Escapade ont réalisés leurs activités de pêche dans des zones aux environs de 40 mètres de profondeurs, tandis que ceux qui ont été à bord de Galate et Great White, ils étaient dans des profondeurs aux environs de 30 mètres (Fig.3)

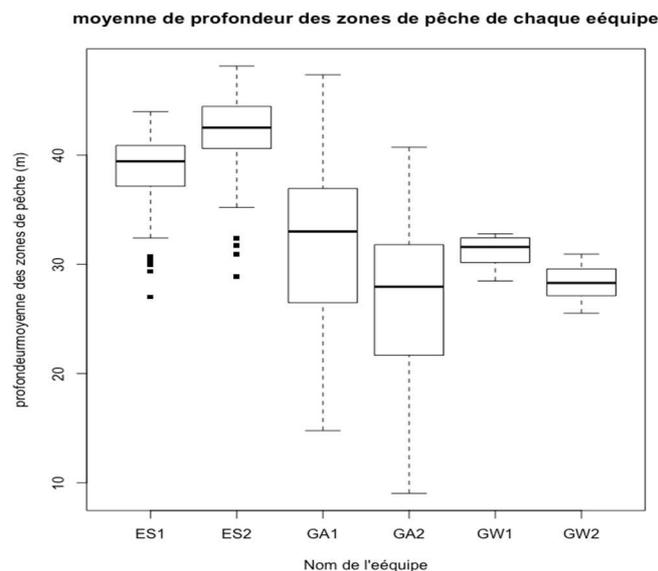


Figure 4: Profondeurs des zones de pêche de chaque équipe

3.2. Analyses des données enregistrées par les sondes

3.2.1. Analyse du temps de pêche à partir des profils bathymétriques

En moyenne la durée totale de plongée est de $36,9 \pm 5$ min (fig. 1). La moyenne totale de la durée de pêche effective est de $21,10 \pm 4,8$ min, soit 61,9% de la durée totale de plongée. Les actions réalisées pendant le reste de la plongée (38,2%) correspondant à la descente avant le début de la pêche et surtout à la remonté après la pêche effective qui est environs $12,4 \text{ min} \pm 15 \text{ sec}$ (Fig. 1) à cause des paliers en fonction de la profondeur.

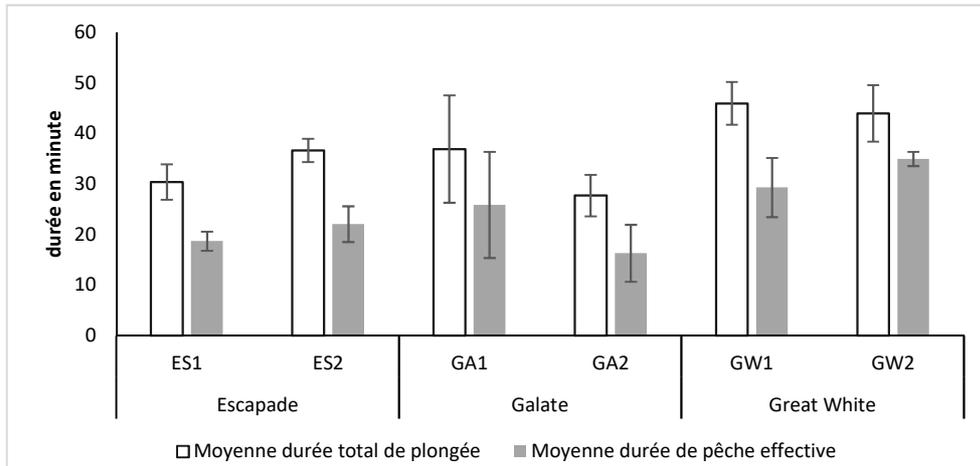


Figure 5: Moyenne de la durée de plongée et de la durée de pêche effective par équipe et par navire

En moyenne la durée de pêche effective qu'un plongeur effectue en une journée est environs $1,61 \pm 0,5$ heures soit $96 \text{ min} \pm 30 \text{ mn}$ (Fig. 6b). Si en une plongée, la durée de pêche est environs 21,10 min alors, une équipe plonge 4,54 fois en une journée. Pour un bateau de pêche avec deux équipes à bord, le totale de la durée de pêche effective est de $4,03 \pm 1,7$ heures (Fig. 6a).

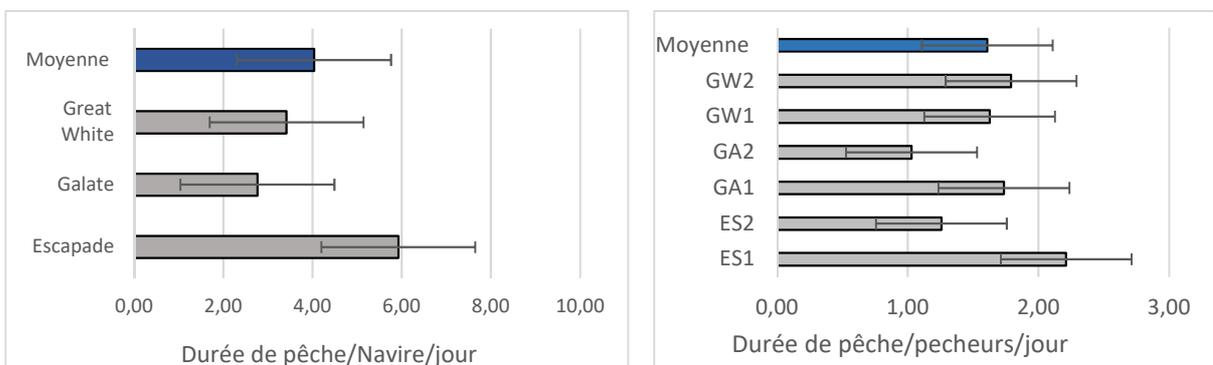


Figure 6 : durée de pêche effective -a) par Navire, - b) par équipe

3.2.2. Effet de la profondeur sur la durée de plongée et la durée de pêche

La profondeur moyenne dans laquelle les plongeurs effectuent leurs activités de pêche sont comme les suite, les équipes à bord de l'Escapade ont travaillé dans des zones plus profondes que les autres, soit à 40 m en moyenne, contre 28 m et 30 m à bord de Great White et Galate, respectivement (Fig. 7a). On observe aussi qu'il y a une relation entre la profondeur moyenne et la durée totale de la plongée ainsi que de la durée de la pêche (Fig. 7b). La profondeur moyenne des sites de pêche par chacun des navires explique donc en partie les différences de durée de pêche et de plongée vues plus haut.

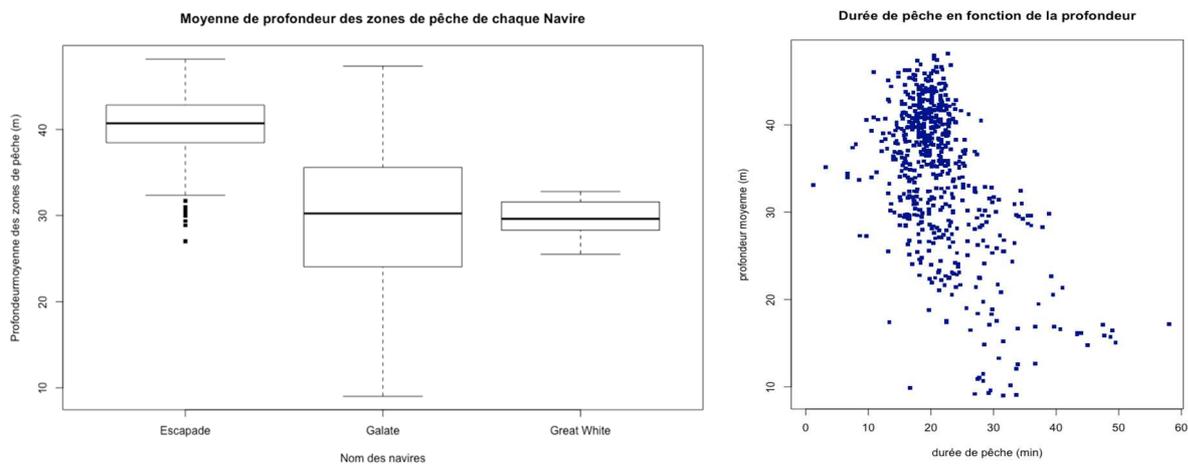


Figure 7: a : Moyenne des profondeurs des zones de pêches et b : la durée de pêche en fonction des profondeurs

3.2.3. Relation entre la durée de pêche en fonction du nombre (numéro) de plongée en une journée

Parmi les trois navires de pêches à la disposition des pêcheurs, les équipes à bord de l'Escapade ont en général effectué un nombre plus élevé de plongées par jour (trois en moyenne, contre deux sur Great White et deux sur Galate (Fig. 8a). Nous avons également remarqué que le total du nombre de plongées effectué par les pêcheurs en une journée affecte aussi leur durée de pêche respective. Nous avons pu observer qu'en certains périodes, le nombre des plongées réalisés par les plongeurs à bords d'Escapade et Galate varient jusqu'à sept et huit en une journée.

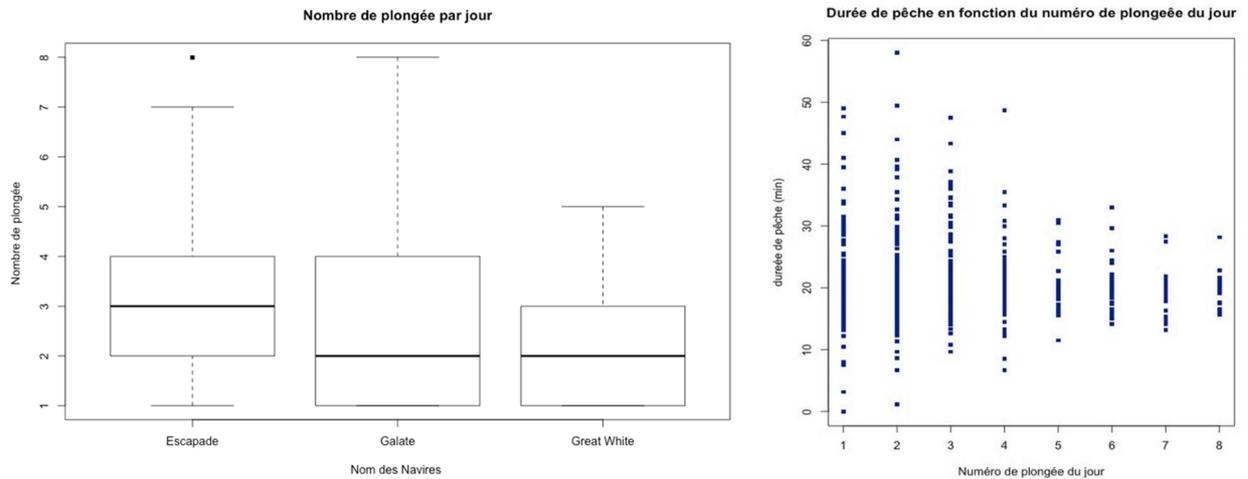


Figure 8: -a) Moyenne de nombre de plongée par jour par bateau et -b) relation entre nombre de plongée et durée de pêche

Tableau 1 : Modèle de régression linéaire multiple des différentes variables qui influencent la durée de pêche effective

Résidus :

Min	1Q	Médiane	3Q	Max	
-1.92542	-0.20941	0.02586	0.24239	1.40996	
Coefficients	Valeur du coeff	Erreurs standard	t-value	Pr(> t)	Degré de Signif
Durée_totale	0.76983	0.01620	47.533	< 2e-16	***
Profondeur moyenne	-0.44671	0.01892	-23.607	< 2e-16	***
Nombre_plongée	-0.01060	0.01621	-0.654	0.513	
Numéro_plongée	-0.00197	0.01613	-0.122	0.903	
Équipe	-0.13841	0.01948	-7.105	3.34e-12	***

Signif. codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erreur standard résiduelle : 0.3773 sur 615 degrés de liberté (ddl)

R² multiple : 0.8563, R² ajusté : 0.8551

F-statistic : 733 sur 5 et 615 ddl , p-value: < 2.2e-16

Sur cette étude, les analyses statistiques montrent que les variables ayant le plus d'impact sur la durée de la pêche effective sont la durée totale de la plongée, la profondeur moyenne de la zone de pêche et les variables équipes (Tableau 1) selon l'analyse par modélisation linéaire multiple des variables enregistrées. Les valeurs minimales, le premier quantile, le troisième

quantile et le maximum des résidus sont assez symétriques (Tableau 1). Ceci évoque une réciprocité entre le modèle et les variables observées.

Il existe une relation significative entre la durée de pêche effective et la durée totale de plongée ($p < 0.001$), la profondeur moyenne des zones de pêche selon les profils bathymétrique ($p < 0.001$), et enfin l'équipe ($p < 0.001$).

Concernant la durée totale du plongée, la durée de pêche effective est de 0.769 minutes par minute de la durée de plongée. Elle diminue de 0.446 minute à chaque fois qu'on diminue de 1m de profondeur.

La valeur de R^2 ajusté est de 0.855, signifiant qu'environ 85% de la variance de la durée de pêche effective peuvent être expliqués par le modèle avec comme prédicteurs la durée totale de plongée et la profondeur de la zone de pêche et l'équipe.

Ce tableau aussi montre que le nombre de plongée en une journée n'affecte pas d'une manière significative la durée de la pêche effective.

3.2.4. Analyse des données enregistrées couplés avec les données déclarées

3.2.4.1. Analyse de la durée de pêche à partir des profils bathymétriques déclarées.

Tableau 2: Analyse de la durée de pêche à partir des profils bathymétriques déclarées.

Résidus :

Min	1Q	Médiane	3Q	Max	
-2.7583	-0.4885	-0.1545	0.2580	5.7236	
Coefficients	Valeur du coeff	Erreurs standard	t-value	Pr(> t)	Degré de Signif
Durée_pêche_declarée	0.10216	0.04521	2.26	0.0243	*

Signif. codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erreur standard résiduelle : 0.9884 sur 478 degrés de liberté (ddl)

R^2 multiple : 0.01057, R^2 ajusté : 0.0085

F-statistic: 5.106 sur 1 et 478 ddl, p-value: < 2.2e-16

Ce tableau révèle qu'il n'y a pas de différence significative entre les durées de pêche que les pêcheurs déclarent par rapport aux durées de pêche selon les données enregistrées par les sondes ($p = 0.02$).

La durée de pêche selon les données enregistrées est effectivement 0.1 fois de la durée déclarée d'après le modèle linéaire (R^2 ajusté = 0.008). La figure (Fig. 9) nous illustre une corrélation bien harmonisée.

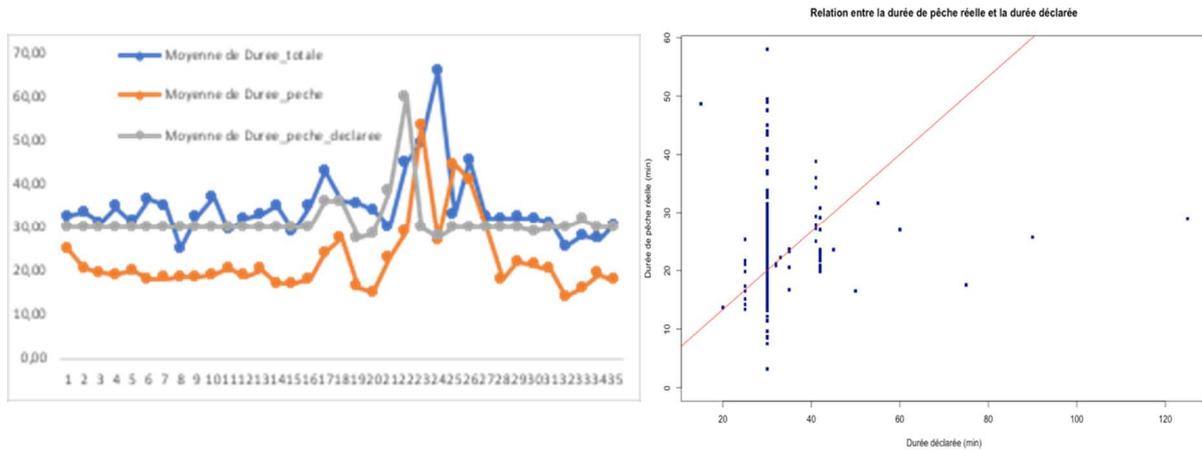


Figure 9 : La durée de pêche réelle et la durée de pêche déclarée

3.2.4.2. La profondeur déclarée avec les profils bathymétriques.

Concernant les profondeurs, les données déclarées et celles enregistrées ne se correspondent pas selon la figure suivante (Fig. 8)

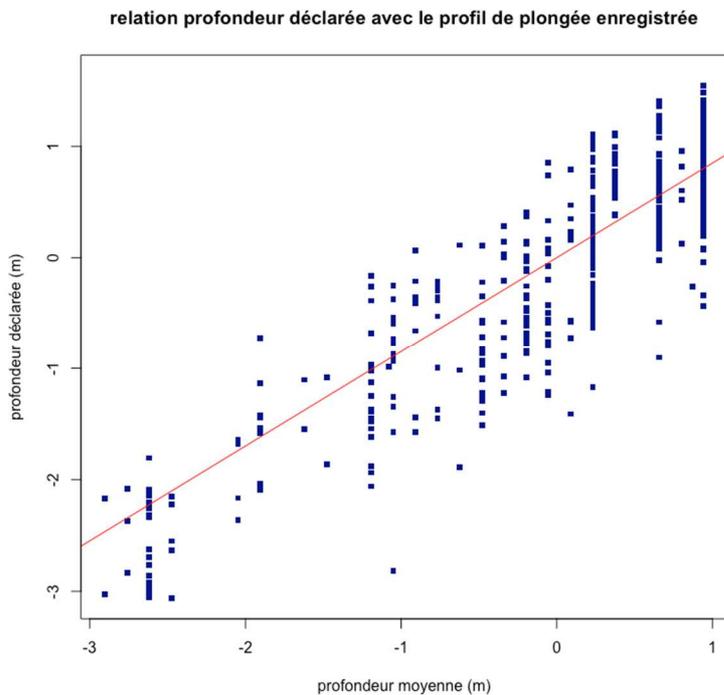


Figure 10: Relation entre profondeur déclarée et le profil de plongée enregistrée (Profondeur moyenne)

La différence est significative avec ($p < 0.001$). La valeur de R^2 ajusté est égale à 0.789 suivant l'analyse à partir du modèle linéaire effectué (Tableau 3).

Tableau 3: Analyse de la profondeur

Résidus :

Min	1Q	Médiane	3Q	Max	
-1.29130	-0.28144	0.03849	0.36361	1.42489	
Coefficients	Valeur du coeff	Erreurs standard	t-value	Pr(> t)	Degré de Signif
Profondeur moyenne	0.84904	0.02003	42.38	<2e-16	***

Signif. codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erreur standard résiduelle : 0.4585 sur 478 degrés de liberté (ddl)

R^2 multiple : 0.7898, R^2 ajusté : 0.7894

F-statistic: 1796 sur 1 et 478 ddl, p-value: < 2.2e-16

3.2.4.3. Relation entre la durée de pêche réelle, durée de pêche déclaré et profondeur déclarées

Tous comme la durée de pêche effective, les variables qui l'influence sont la profondeur, le nombre de plongée et les équipes (Tableau 3).

Tableau 4 : Modèle de régression linéaire multiple des différentes variables sur la durée de pêche déclarée.

Résidus :

Min	1Q	Médiane	3Q	Max	
-2.6428	-0.3667	-0.0221	0.3737	3.3826	
Coefficients	Valeur du coeff	Erreurs standard	t-value	Pr(> t)	Degré de Signif
Profondeur déclarée	-0.84345	0.04052	-20.814	< 2e-16	***
Numéro_plongée	-0.01000	0.03203	-0.312	0.755	
Nombre_plongée	-0.16232	0.03390	-4.788	2.25e-06	***
Equipe	-0.32964	0.04349	-7.579	1.85e-13	***

Signif. Codes : 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Erreur standard résiduelle : 0.6733 sur 474 degrés de liberté (ddl)

R^2 multiple : 0.5448, R^2 ajusté : 0.54

F-statistic : 113.5 sur 5 et 474 ddl, p-value : < 2.2e-16

Les valeurs minimales (-2.6428), le premier quantile (-0.3667), le troisième quantile (0.3737) et le maximum des résidus (3.3826) sont aussi assez symétriques (Tableau 3). Les profondeurs que les pêcheurs déclarent influencent significativement la durée de pêche déclarée ($p < 0.001$), elle est aussi influencée par les nombres de plongée et par l'équipes plongeurs ($p < 0.001$). Environ 54% de la variance de la durée de pêche déclarée selon la valeur de R^2 ajusté (0.54) sont due par les variables suivantes : la profondeur, le nombre de plongée et les équipes.

3.2.5. Capture par unité d'effort (CPUE)

3.2.5.1. Capture par unité d'effort sur les données

Pour les captures, nous avons pu constater qu'après calcul, une équipe capture en moyenne 9.49 ± 1.02 individus en une minute. Pour un Navire avec deux équipes, le capture en moyenne est de 18.97 ± 2.03 individus par minute (Fig. 11). Les deux figures ci-dessous nous montre que les CPUE sont différents par bateau et par équipes. Les équipes à bord d'Escapade ont une CPUE plus élevé environs 24.47 ± 2.87 ind / min que les autres avec 20.52 ± 4.39 ind / min pour Galate et 13.20 ± 0.55 ind / min pour Great White.

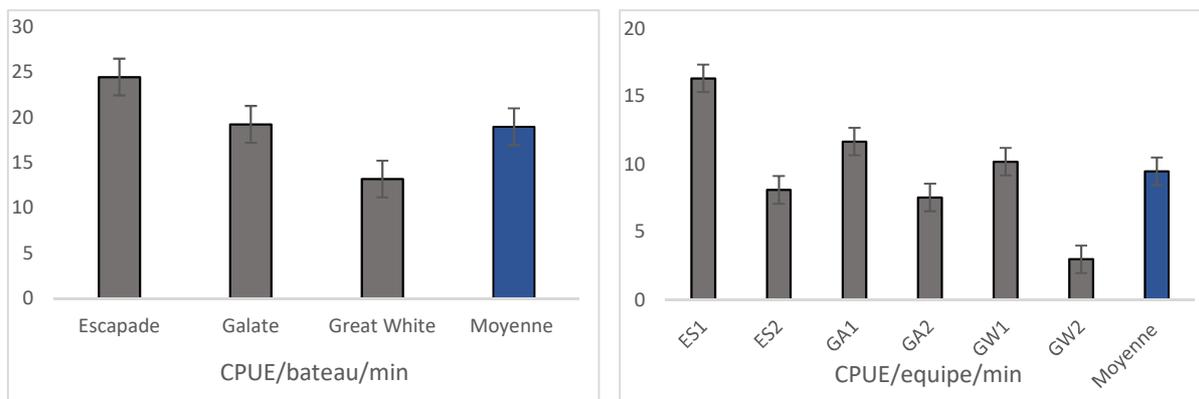


Figure 11 : CPUE par minute -a) par Navire, - b) par équipe

4. Discussion

La pêche aux holothuries se fait en général par apnée pour les pêcheurs traditionnels. Elle se fait par plongée sous-marine avec des équipements sophistiqués (masque, tuba, palme, bouteille à gaz et des appareils pour la prise des paramètres) pour la pêche industrielle (Caquelard 2017).

C'est une technique de pêche un peu risquée par rapport à la profondeur à cause des pressions. D'après Caquelard 2017, les plongées ne dépassent pas en générale le 30 min à cause de l'air comprimé limité et la profondeur ou la fatigue. Durant notre étude, elle dure en moyenne $36,9 \pm 5$ min.

Les plongeurs pêcheurs ne devraient pas dépasser de 4 plongées par jour. Durant cette étude nos pêcheurs effectuent environ $4,27 \pm 1,2$ plongées et on peut dire que c'est à la limite. Non seulement par rapport aux nombres de plongées qu'ils effectuent en une journée mais aussi par rapport aux profondeurs que certains pêcheurs peuvent fréquenter. Certaines zones voire même la majorité des sites de pêche de l'équipe à bord de Galate et Great White sont en moyenne à des profondeurs plus de 30 m voire même 50m. Plus les pêcheurs travaillent dans des zones profondes, plus le temps qu'ils vont dépenser durant la pêche diminuent. Ceci est normal selon les règles de plongée sous-marines car l'air comprimé dans la bouteille à gaz est limité et que plus ils descendent plus profonds, plus ils consomment beaucoup d'air.

Certainement, ils n'ont pas le choix car c'est une activité où les alternatives sont rares pour ne pas dire n'existent pas à part d'augmenter le temps de la pêche ou le nombre de plongeurs. Le problème c'est que c'est limité par la loi, un bateau doit avoir au maximum 4 plongeurs (Aumeeruddy, et al. 2015).

Nous avons tout de même remarqué que les plongeurs respectent bien les règles de plongée et les pratiques de sécurité pour éviter les dangers, comme par exemple le palier. Une des raisons pour laquelle la durée de la remontée après la fin de la pêche dure environ $12,4 \text{ min} \pm 15 \text{ sec}$ (Fig.1).

Quelques variables jouent un rôle important dans la variation de la durée de pêche effective notamment la durée totale de plongée, la profondeur de la zone de pêche et les nombres de plongées qui ensuite affectent l'état (la fatigue) de l'équipe.

Il est donc en effet possible d'estimer la durée de pêche effective si l'on connaît la durée de la plongée, les profondeurs et le numéro de la plongée par rapport aux nombres totaux de plongées effectuées dans la journée.

L'utilisation des sondes électroniques comme outil de suivi est très efficace dans le but d'avoir des données précises et fiables. Avec les profils de plongée enregistrés, nous avons pu facilement

estimer la durée de la pêche effective. A part ses précisions, nous pouvons avoir aussi d'autres variable et/ou d'autres paramètres environnementaux mais que nous n'avons pas utiliser dans cette étude, comme la température et surement la turbidité de l'eau. C'est en quelque sorte une idée assez nouveau dans le domaine de la pêche mais pour la pêche aux holothuries, c'est très efficace.

Pour les captures, les pêcheurs ne savent pas au préalable la densité des holothuries qui se trouvent leurs zones de pêche. En effet, ils travaillent en sachant que les captures seront en fonction de leurs chances mais ne dépendent pas du technique (observation et collecte) utiliser. Les calculs de CPUE sont un peu biaisés surtout au niveau de la répartition des captures par plongées en une journée à cause de la façon dont ils font pour le saisis des données dans le logbook.

5. Conclusion

Cette étude nous a montré que les données que les sondes procurent et les données enregistrées dans les logbook sont complémentaires. Elles nous donnent des informations qui nous ont permis d'évaluer la durée de pêche effective avec ses relations par rapport aux captures.

Concernant les résultats de l'étude, nous avons pu voir qu'en une plongée qui dure en moyenne 37 min, la pêche effective est environ 21 min. Un plongeur pêcheur plonge 4,3 fois en une journée et capture à peu près 9.5 holothuries par minute. Pour un bateau avec deux équipes dont en moyenne la durée de pêche effective est de 4,03 heures (241.2 min), les captures (CPUE) est environ 18.97 ind / min, au total, nous avons pu calculer 4575,56 individus par bateau. Ceci n'est que point de vue technique et théorique mais cela dépend du stock et la variation des variables qui influencent la durée de la plongée et de la pêche effective. Malgré les risques d'accident sur la plongée, les pêcheurs sont bien habitués et respectent les protocoles et règlements pour les éviter.

Pour l'amélioration à titre de recommandation, concernant la capture, la saisie des données devrait suivre le protocole prôné et strict. Pour la durée de la plongée et de la pêche effective, les paramètres tels que la « Température de l'eau » devraient être considérés. Nous ne l'avons pas traité parce que cette information existe avec certaines équipes mais reste des données manquantes (inexistantes) avec d'autres équipes par faute de réglage préalable de la sonde. Si possible un dernier paramètre tel que la visibilité « turbidité » de l'eau.

6. Références

- ✚ Aumeeruddy, Riaz, Fabio Carocci, Christinne Henriette, Maria Cedras, Aubrey Harris, Francis Coeur de Lion, Juliette Dorizo, et Timothy Skewes,. 2015. « Resource Assessment and Management of the Seychelles Sea Cucumber Fishery ». FAO Project Number: TCP/SEY/2902 (A). Seychelles Fishing Authority.
- ✚ Aumeeruddy, Riaz, et Chantal Conand. 2008. « Seychelles: a hotspot of sea cucumber fisheries in Africa and the Indian Ocean region », n° No. 516. Rome, FAO: 195-2019.
- ✚ Aumeeruddy, Riaz, et Timothy Skewes. 2005. « Évaluation des populations d'holothuries des Seychelles ». La bêche-de-mer, n° Bulletin de la CPS n° 21 (juin) : 19-21.
- ✚ Caquelard, Julie. 2017. « Etud de la relation entre entre captures par unité d'effort et abondances d'holothuries par pêche expérimentale aux Seychelles ». Seychelles : IRD.
- ✚ Cariglia, Nicoletta, Shaun k. Wilson, Nicholas a. J. Graham, Rebecca Fisher, Jan Robinson, Riaz Aumeeruddy, Rodney Quatre, et Nicholas V. C. Polunina. 2013. « Sea Cucumbers in the Seychelles: Effects of Marine Protected Areas on High-Value Species ». 21 January 2013 in Wiley Online Library, janvier, 11. <https://doi.org/10.1002/aqc.2316>.

7. Annexes

I. Scripts utilisées sur les packages R

```
###-----DONNEES SONDES
#-----Moyenne de la durée de pêche par navires
plot(x=data_s1$Navire,y=data_s1$Duree_peche, xlab= "Nom des Navires ", ylab= "durée de pêche (min)", main=
"Moyenne de la durée de pêche de chaque Navire",pch=".", cex=6)
#-----Moyenne de la durée de pêche par équipe
plot(x=data_s1$Equipe,y=data_s1$Duree_peche, xlab= "Nom de l'equipe plongeur", ylab= "durée de pêche (min)",
main= "Moyenne de la durée de pêche de chaque equipe",pch=".", cex=6)
#-----Moyenne des profondeurs des zones de pêche de chaque navire.
model1<-lm(data_s1$Prof_moyenne ~ data_s1$Navire,data= data_s1)
plot(x=data_s1$Navire,y=data_s1$Prof_moyenne, xlab= "Nom des navires", ylab= "Profondeur moyenne des zones
de pêche (m)", main= "Moyenne de profondeur des zones de pêche de chaque Navire",pch=".", cex=6)
summary(model1)
#-----Moyenne des profondeurs des zones de pêche de chaque Equipe.
model1<-lm(data_s1$Prof_moyenne ~ data_s1$Equipe,data= data_s1)
plot(x=data_s1$Equipe,y=data_s1$Prof_moyenne, xlab="Nom de l'équipe", ylab= "profondeur moyenne des zones de
pêche (m)", main="moyenne de profondeur des zones de pêche de chaque équipe", pch= " .", cex=6)
summary(model1)
#-----Moyenne de nombre de plongée par navires
model1<-lm(data_s1$Numero_plongee_jour ~ data_s1$Navire,data= data_s1)
plot(x=data_s1$Navire,y=data_s1$Numero_plongee_jour, xlab= "Nom des Navires ", ylab= "Nombre de plongée ",
main= "Nombre de plongée par jour",pch=".", cex=6)
#-----Difference entre durée de pêche effective et durée total de plongée
plot(x=data_s1$Navire ,y=data_s1$Duree_totale,y=data_s1$X._Duree_peche_effective, xlab= "Nom des Navires ",
ylab1= "Durée de plongée ", ylab2= "Durée de pêche effective", main= "Nombre de plongée par jour",pch=".", cex=6)
#-----Relation profondeur moyenne et durée de pêche
plot(x=data_s1$Duree_peche, y=data_s1$Prof_moyenne, ylab= "profondeur moyenne (m)", xlab= "durée de pêche
(min)", main= "Durée de pêche en fonction de la profondeur",pch=".", cex=6,col="blue4")
kruskal.test(data_s1$Duree_peche ~ data_s1$Prof_moyenne, data=data_s1)
#-----Relation entre la durée de pêche en fonction du nombre (numero) de plongée en une journée
plot(y=data_s1$Duree_peche,x=data_s1$Numero_plongee_jour, ylab= "dureée de pêche (min)", xlab= "Numéro de
plongée du jour", main= "Durée de pêche en fonction du numéro de plongée du jour",pch=".", cex=6,col="blue4")
#-----Test kruskal walis
kruskal.test(data_s1$Duree_peche ~ data_s1$Numero_plongee_jour, data=data_s1) # test non significatif de
justesse: p-value = 0.05704

###-----Régression multiple
#---NORMALISATION DES DONNEES
cols <- c("Duree_peche", "Duree_totale", "Prof_moyenne", "Numero_plongee_jour", "Nombre_plongee", "Equipe",
"Profondeur_declaree", "Duree_peche_declaree")
```

```

data_s1[cols] <- lapply(data_s1[cols],scale)
data_s1$Equipe<-as.numeric(data_s1$Equipe)
#-----Durée de pêche réelle en fonction de la durée totale de plongée
plot(y=data_s1$Duree_peche, x=data_s1$Duree_totale, ylab= "Durée de pêche réelle (min)", xlab= "Durée totale
réelle (min)",pch=".", cex=6,col="blue4")
model1<-lm( data_s1$Duree_peche ~ -1 + data_s1$Duree_totale, data = data_s1)
summary(model1)
abline(model1, col="red")
#-----Relation entre la durée de pêche réelle et la durée réelle + autres facteurs suivis
model1<-lm( data_s1$Duree_peche ~ -1 +data_s1$Duree_totale + data_s1$Prof_moyenne, data = data_s1)
summary(model1)
model1<-lm( data_s1$Duree_peche ~ -1 +data_s1$Duree_totale + data_s1$Prof_moyenne +
data_s1$Nombre_plongee + data_s1$Numero_plongee_jour + data_s1$Equipe, data = data_s1)
summary(model1)
kruskal.test(model1)
###-----DONNEES DECLAREES-----
#-----Relation Profondeur déclarée avec le profil de plongée enregistré ?
plot(x=data_s1$Profondeur_declaree, y=data_s1$Prof_moyenne, xlab= "profondeur moyenne (m)", ylab= "profondeur
déclarée (m)",main= "relation profondeur déclarée avec le profil de plongée enregistrée",pch=".", cex=6,col="blue4")
model1<-lm(data_s1$Profondeur_declaree ~ -1 + data_s1$Prof_moyenne, data = data_s1)
summary(model1)
abline(model1, col="red")
#-----Relation Durée de pêche déclarée avec le profil de plongée enregistré ?
plot(x=data_s1$Duree_peche_declaree, y=data_s1$Duree_totale, xlab= "Durée de pêche déclarée (min)", ylab=
"Durée totale réelle (min)",pch=".", cex=6,col="gold")
model1<-lm( data_s1$Duree_totale ~ -1 + data_s1$Duree_peche_declaree, data = data_s1)
summary(model1)
abline(model1, col="red")
#####-----Régression multiple
#-----Relation entre la durée de pêche réelle et la durée de pêche déclarée
model1<-lm( data_s1$Duree_peche ~ -1 + data_s1$Duree_peche_declaree, data = data_s1)
plot(y=data_s1$Duree_peche, x=data_s1$Duree_peche_declaree, ylab= "Durée de pêche réelle (min)",main =
"Relation entre la durée de pêche réelle et la durée déclarée", xlab= "Durée déclarée (min)",pch=".", cex=6,col="blue4")
summary(model1) #Multiple R-squared: 0.8913, R-squared: 0.8911 et Durée de pêche = 0.666 x Durée déclarée
abline(model1, col="red")
#-----Relation entre la durée de pêche réelle et durée de pêche déclaré et profondeurs déclarées
model1<-lm ( data_s1$Duree_peche ~ -1 +data_s1$Duree_peche_declaree + data_s1$Profondeur_declaree, data =
data_s1)
model1<-lm ( data_s1$Duree_peche ~ -1 + data_s1$Profondeur_declaree , data = data_s1)
summary (model1)
#-----Relation entre durée de pêche estimée et durée de pêche réelle

```

```

plot(x=data_s2$Duree_peche_estim, y=data_s1$Duree_peche, xlab= "CPUE avec durée de pêche estimée (min)", ylab=
"CPUE avec Durée de pêche réelle (min)",pch=".", cex=6,col="blue4")

model1<-lm( data_s2$Duree_peche~ -1 + data_s2$Duree_peche_estim, data = data_s2)
summary(model1)
abline(model1, col="red")

#-----Relation entre la durée de pêche déclarée et la durée réelle + autres facteurs suivis

model1<-lm( data_s1$Duree_peche ~ -1 + data_s1$Duree_peche_declaree + data_s1$Profondeur_declaree +
data_s1$Numero_plongee_jour + data_s1$Nombre_plongee + data_s1$Equipe, data = data_s1)
summary(model1)

#-----Relation entre CPUE avec durée de pêche estimée et CPUE avec durée de pêche mesurée

CPUE_estim<-rep(0,nrow(data_s1))
Duree_peche_estim<-rep(0,nrow(data_s1))
data_s2<-cbind(data_s1,CPUE_estim,Duree_peche_estim)
pente<- 0.66666
for(i in 1:nrow(data_s2)){data_s2$Duree_peche_estim[i]<-pente*data_s2$Duree_peche_declaree[i]}
for(i in 1:nrow(data_s2)){data_s2$CPUE_estim[i]<-data_s2$Captures_declarees[i]/(data_s2$Duree_peche_estim[i])}
#data_s2[1:10,]
plot(x=data_s2$CPUE_estim, y=data_s1$CPUE_duree_peche, xlab= "CPUE avec Durée de pêche estimée (min)", ylab=
"CPUE avec Durée de pêche réelle (min)",pch=".", cex=6,col="blue4")

model1<-lm( data_s2$CPUE_duree_peche~ -1 + data_s2$CPUE_estim, data = data_s2)
summary(model1)
abline(model1, col="red")

```

II. Tableau de nombre de plongée par équipe de chaque navire

Nombre Totale de plongée par Équipe de chaque Navires durant l'étude

Navires	Équipe	Nombre de plongée
Escapade	ES1	149
	ES2	139
Galate	GA1	171
	GA2	126
Great White	GW1	18
	GW2	18

Nombre de plongée par Équipe par jour

Équipe	ES1	ES2	GA1	GA2	GW1	GW2	<i>Moyenne</i>
Nombre de plongée/Équipe/jour	7,10	3,66	4,50	3,15	3,60	3,6	4,27
Ecartype	1,41	0,88	2,19	0,95	0,55	1,14	1,19

Nombre de plongée par Navire par jour

Navire	Escapade	Galate	Great White	<i>Moyenne</i>
Nombre de plongée/Navire/jour	10,75	7,65	7,20	8,53
Ecartype	2,29	3,14	1,69	2,37

III. Tableau moyenne de la durée de pêche effective

Durée de pêche par Équipe

Équipe	ES1	ES2	GA1	GA2	GW1	GW2	<i>Moyenne</i>
Durée de pêche/Equipe/jour	2,21	1,26	1,74	1,03	1,63	1,79	1,61
Ecartype	0,46	0,33	0,81	0,41	0,36	0,63	0,50

Durée de pêche par Navire

Navire	Escapade	Galate	Great White	<i>Moyenne</i>
Durée de pêche/Navire/jour	5,92	2,76	3,42	4,03
Ecartype	2,97	1,22	0,99	1,73

IV. Tableau des CPUE

CPUE par équipe

Équipe	ES1	ES2	GA1	GA2	GW1	GW2	<i>Moyenne</i>
CPUE/Équipe/min (Durée de pêche)	16,35	8,12	12,96	7,56	10,20	3,00	9,70
CPUE/Équipe/min (Durée de pêche déclarée)	6,52	3,52	4,64	3,21	3,40	3,00	4,05
Ecartype (Durée de pêche)	1,75	1,12	3,60	0,79	0,55	0,00	1,30
Ecartype (Durée de pêche déclarée)	1,75	1,12	1,89	0,79	0,55	0,00	1,02

CPUE par Navire

Navire	Escapade	Galate	Great White	<i>Moyenne</i>
CPUE/bateau/min (Durée de pêche)	24,47	20,52	13,20	19,40
CPUE/bateau/min (Durée de pêche déclarée)	10,04	7,86	6,40	8,10
Ecartype (Durée de pêche)	2,87	4,39	0,55	2,60
Ecartype (Durée de pêche déclarée)	2,87	2,68	0,55	2,03