

## Comparaisons entre empoisonnements à la rotenone et comptages en plongée pour l'estimation de la densité et la biomasse de peuplements de poissons coralliens

### *Comparisons between rotenone poisonings and visual counts for density and biomass estimates of coral reef fish populations*

M. Kulbicki

Centre ORSTOM de Nouméa  
B.P. A5, Nouméa, Nouvelle-Calédonie

**Résumé :** Des empoisonnements à la rotenone et des comptages en plongée ont été conduits simultanément sur 10 stations, 7 d'entre elles aux îles Chesterfield et 3 autres en Nouvelle-Calédonie. Le but en était la connaissance de la composition spécifique, la densité et la biomasse des peuplements de poissons coralliens dans ces zones. Les empoisonnements ont été réalisés en entourant des pâtés coralliens par une senne de 50 m de long (maille de 1 cm). Dans cette enceinte était déversée de la rotenone de façon à atteindre des concentrations de matière active de l'ordre de 1 ppm dans l'eau. Un total de 14 empoisonnements a été effectué aux îles Chesterfield et en Nouvelle-Calédonie. Les comptages en plongée ont été faits essentiellement le long de transects (12 aux îles Chesterfield et 6 en Nouvelle-Calédonie) mais sur 3 des stations des îles Chesterfield de tels transects n'étaient pas appropriés et des comptages sur quadrats ont été réalisés à la place. Un total de 352 espèces a été récolté par la rotenone aux îles Chesterfield et 434 espèces en Nouvelle-Calédonie. Les comptages en plongée ont indiqué 200 espèces aux îles Chesterfield et 344 en Nouvelle-Calédonie. Pour une même station la rotenone recense davantage d'espèces que les comptages. En particulier, la plupart des petites espèces telles que les Gobiidae, Blenniidae, Apogonidae, les petits Labridae et les espèces cryptiques ou nocturnes telles que les Scorpaenidae, Holocentridae et les Muraenidae étaient mieux échantillonnées par rotenone que par plongée. À l'inverse, les espèces mobiles ou de grande taille telles que les Acanthuridae, Scaridae, Serranidae, les grands Labridae étaient mieux recensées par comptage. Les estimations de densité n'étaient pas significativement différentes entre les deux méthodes. Les estimations de biomasses étaient significativement plus importantes par comptage, ceci étant dû à la plus grande taille des poissons pris en compte par cette méthode. Il est suggéré que les 2 méthodes devraient être combinées de manière à obtenir des estimations raisonnables sur l'ensemble du peuplement d'un récif donné.

**Mots clés :** poissons coralliens, estimation de biomasse, empoisonnements à la rotenone, comptages visuels, Chesterfield, Nouvelle-Calédonie.

**Abstract :** Rotenone poisonings and visual counts were conducted simultaneously on 10 stations, 7 of them in the Chesterfield islands and 3 of them in New Caledonia. The purpose was to assess the species composition, the density and the biomass of the fish populations of the coral reefs in these areas. The rotenone poisonings were performed by surrounding a patch of reef with a 50 m sein net (1 cm mesh) and dumping rotenone inside so that the concentration of active matter reached approximately 1 ppm in the water. A total of 14 poisonings were performed in the Chesterfield islands and 9 in New Caledonia. Visual counts were performed mainly along transects (12 in the Chesterfield islands and 6 in New Caledonia) but on three stations of the Chesterfield such counts were not appropriate and point counts were performed instead. A total of 352 species were collected by rotenone in the Chesterfield and 434 species were collected similarly in New Caledonia. Visual counts indicated 200 species in the Chesterfield islands and 344 in New Caledonia. For a given station rotenone poisoning yielded significantly more species than visual counts. In particular most small species such as Gobiidae, Blenniidae, Apogonidae, small Labridae and cryptic or nocturnal species such as Scorpaenidae, Holocentridae and Muraenidae were better sampled by the rotenone poisonings than by the visual counts. On the opposite large and mobile species such as Acanthuridae, Scaridae, Serranidae, large Labridae were better estimated by visual counts. Density estimates were not significantly different between the two methods. Biomass estimates were significantly larger with visual counts, this being due to the larger size of the fish taken into account by this method. It is suggested that the two methods should be combined in order to get a reasonable account of the whole reef population on a given station.

**Key words :** Coral fish, biomass estimates, rotenone poisonings, visual counts, Chesterfield island, New Caledonia.

### Introduction

La densité et la biomasse des peuplements de poissons coralliens sont estimées par diverses méthodes dont les comptages en plongée et les empoisonnements à la rotenone sont les plus employés. Chaque méthode a ses biais et les résultats de ces 2 techniques ont rarement été comparées de façon formelle (Schroeder, 1989). Les comptages en plongée comprennent plusieurs variantes qui peu-

### Introduction

Coral reef fish density and biomass estimates are assessed by various methods of which visual counts and rotenone poisoning are the most used. Each method has its own bias and the results given by one method has seldom been compared to the other in a formal manner (Schroeder, 1989). Visual censusing encompasses several techniques which may be divided into



Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : B\*18808 Ex : 1

vent être scindées en 2 groupes: les transects et les quadrats. Les transects peuvent être réalisés soit sur une distance indéfinie (la distance du poisson au transect est enregistrée pour chaque observation) ou sur une largeur prédéterminée (tous les poissons dans une certaine bande sont décomptés). La méthode des quadrats consiste à enregistrer tous les poissons aperçus à l'intérieur d'une certaine surface, telle qu'un pâté corallien, un banc de sable, un quadrat délimité par des cordeaux, le plongeur évoluant de façon libre sur cette surface. Les problèmes inhérents aux comptages en plongée ont été revus par Harmelin-Vivien *et al.* (1985). Les empoisonnements à la rotenone sont en général effectués pour la collection de spécimens mais ils ont aussi été utilisés pour des estimations de densités ou de biomasses. Schroeder (1989) donne une revue détaillée de l'utilisation et des problèmes de cette méthode. En particulier de nombreux poissons sont capables de fuir l'aire empoisonnée avant ou pendant l'empoisonnement. De plus de nombreux poissons ne sont pas récoltés soit parce qu'ils dérivent en surface, soit qu'ils ne peuvent être atteints dans les recoins du substrat où ils se sont réfugiés. Dans la présente étude les comptages et les empoisonnements ont eu lieu consécutivement sur les mêmes sites de façon à essayer d'obtenir l'image la plus précise possible des peuplements. Du fait de la mise en oeuvre difficile des empoisonnements le nombre des stations a été limité. Cette comparaison entre méthode n'a pas pour but de valider l'une d'entre elle, mais plutôt d'indiquer quelle précision on peut en attendre.

## Matériels et méthodes

### - Comptages visuels

Les comptages ont été réalisés soit par transect soit par quadrat :

#### - Les transects :

Un cordeau de 50m ou 100m est déroulé sur le fond à un emplacement choisi au hasard le long des lignes de contours d'un récif. Deux plongeurs, un de chaque côté du cordeau, enregistrent tous les poissons vus, leur espèce, leur taille et leur distance au cordeau. Dans le cas d'un banc le nombre de poissons est estimé ainsi que leur taille moyenne et la distance au transect du plus proche et du plus éloigné sont notés. Densités et biomasses sont calculées suivant le protocole donné par Kulbicki *et al.* (1990).

#### - Les quadrats :

Dans le cas de pâtés coralliens isolés sur de grandes étendues de sable, des transects n'auraient pas été appropriés et la méthode suivante a été appliquée. Un observateur note tous les poissons sur le récif et dans un rayon de 5m autour. Un deuxième plongeur mesure la surface du pâté et cherche tout autre pâté ou surface dure dans un rayon de 50 m. La surface de tout récif ainsi rencontré est notée. Les densités et biomasses sont calculées suivant le protocole donné par Kulbicki *et al.* (1990).

### - Roténone

Une senne de 50 m de long, 5 m de chute et ayant une maille de 1 cm est posée autour de la station à empoisonner. La poudre de rotenone, contenant 10% de matière ac-

two groups : transect counts and point counts. Transect counts can be either of indefinite width (the distances of the fish to the transect line are recorded) or of finite width (all fish within a given range are recorded). Point counts, also known as total or quadrat counts, consist in recording all fish inside a given area such as a coral head, a sand patch, the diver evolving freely in this given area. A review of the problems of visual censusing was undertaken by Harmelin-Vivien *et al.* (1985).

Rotenone poisoning is usually performed for the collection of specimens but has been also used extensively for the assessment of density or biomass of coral reef fishes. Schroeder (1989) gives a detailed account of the uses and problems of this method. In particular many species are able to evade the poisoned area either before or during the poisoning, in addition many dead fish are not collected either because they drift away on the surface, either because they can not be reached in the crevices of the reef. In the present study visual counts and rotenone poisonings were performed together in order to have the best possible image of the coral reef fish population. Due to the effort involved in rotenone poisoning only a limited number of stations could be sampled. This comparison between methods is not intended at validating one of them but is aimed at indicating with some accuracy some of their limits.

## Material and methods

### - Visual Counts

Visual counts were performed according to two different methods, visual transects and point counts.

#### - Transects :

A line of either 50m or 100m was laid at random on the bottom. Two divers, one on each side of the line, recorded for all fish seen its species, its size and its distance to the transect line. In case of a fish school, the number of fish was recorded along with the mean fish size and the distance to the transect line of the closest and furthest fish. Density and biomass estimates were calculated as presented in Kulbicki *et al.* (1990).

#### - Point counts :

In the case of coral heads isolated over large sandy areas, transect counts are not appropriate and the following method was applied. One observer censused all fish seen on the coral head and within 5m of it. A second diver recorded the area of the coral head and looked for any other patch reef within a 50m radius. The area of any reef within this zone was estimated. Density and biomass estimates were then calculated as in Kulbicki *et al.* (1990).

### - Rotenone

A 50 m long sein net with a height of 5m and a 1 cm mesh size was laid around the area to be poisoned. Rotenone powder containing 10% of active matter

tive, est mélangée à un détergent liquide et de l'eau de mer de façon à faire une pâte qui est mise dans des sachets plastiques hermétiques. Ces sacs sont perforés sous l'eau dans l'enceinte du filet. De 7 à 15 kg de poudre sont utilisés sur chaque station, suivant la profondeur et le courant. La concentration estimée à l'intérieur de la senne est de 1 ppm. Les poissons sont récoltés par trois équipes. Une équipe en surface ramasse tous les poissons partant en dérive. Une deuxième équipe capture tous les poissons de grande taille (plus de 10 cm) facilement accessibles. La dernière équipe utilise une suceuse pour récolter les petits poissons et les poissons qui se sont réfugiés dans les anfractuosités. La surface et le volume des récifs échantillonnés sont mesurés avec un mètre ruban. Tous les poissons sont triés jusqu'à l'espèce, comptés et pesés. Les densités et les biomasses sont estimées d'après le protocole de Kulbicki *et al.* (1990).

## Résultats

Au total neuf stations ont été échantillonnées, six d'entre elles aux îles Chesterfield et trois en Nouvelle Calédonie. Sur chaque station ont été réalisés 2 (Chesterfield) à 3 empoisonnements (Nouvelle-Calédonie) et 2 comptages. Pour chaque station on a gardé la moyenne des échantillons pour les traitements qui suivent.

was mixed to liquid soap and water in order to make a paste that was inserted in plastic bags which were then sealed. The bags were perforated inside the area surrounded by the net. Between 7 and 15 kg of powder were used on each station, depending on depth and current. The estimated concentration of active matter inside the net was approximately 1 ppm. The fish were collected by three teams. One on the surface picked up all fish drifting away from the poisoned area. A second team recovered all the large fishes easily accessible. A third team equipped with a suction sampler, collected all the small fishes and those difficult to reach in the crevices of the reef. The area and volume of the enclosed coral reef were measured with a tape. All fish were sorted by species, counted and weighed. Density and biomass estimates were calculated as in Kulbicki *et al.* (1990).

## Results

A total of nine stations were sampled, six of them in the Chesterfield islands and three of them in New Caledonia. On each station, the data of two (Chesterfield) or three (New Caledonia) rotenone poisonings and two transects or point counts were pooled.

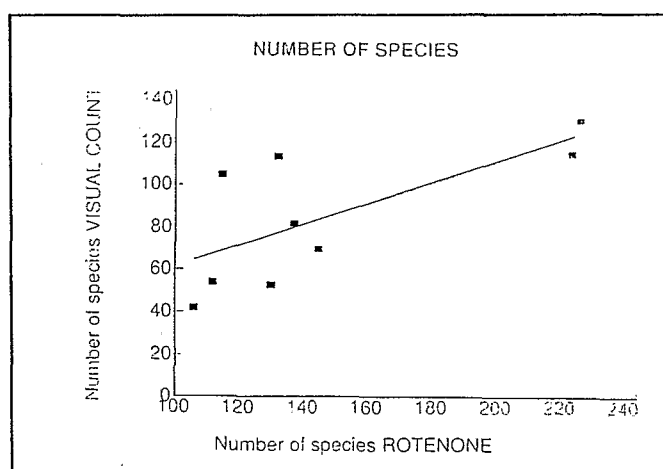


Figure 1. Corrélation entre les estimations des nombres d'espèces obtenues par les empoisonnements à la rotenone et les comptages visuels ( $Y = 11.9 + 0.49x$ ,  $r = 0.70$ ). Figure 1. Correlation between rotenone poisonings and visual counts for number of species ( $Y = 11.9 + 0.49x$ ,  $r = 0.70$ ).

La Figure 1 montre qu'il existe une relation linéaire entre le nombre d'espèces capturées par rotenone et celles recensées par comptage. La rotenone a échantillonné environ 50% d'espèces en plus que les comptages (352 contre 200 aux Chesterfield, 434 contre 345 en Nouvelle-Calédonie). Cependant le recouvrement dans la composition spécifique des deux méthodes (Tableau 1) indique que les 2 techniques ont des biais importants. Ainsi, les comptages ne détectent pas la plupart des espèces cryptiques ou de petite taille telles que les Gobiidae, Blenniidae, Scorpaenidae, Muraenidae et les petits Labridae. Les espèces nocturnes telles que les Apogonidae ou les Holocentridae ne sont pas correctement recensés par les comptages car ces espèces sont habituellement cachés dans les crevasses du récif durant le jour. A l'inverse la plupart des espèces actives telles que les Lutjanidae, Lethrinidae, Scaridae,

Figure 1 indicates that there is a linear relationship between the number of species caught by rotenone and detected by visual counts. Rotenone yielded approximately 50% more species than visual counts (352 species vs 200 in the Chesterfield, 434 species vs 345 in New Caledonia). However, the overlap in the species composition of the two methods (table 1) indicates that both methods have important biases. Thus, visual counts miss most cryptic or small species such as Gobiidae, Blenniidae, Scorpaenidae, Muraenidae and small Labridae. Nocturnal species such as Apogonidae and Holocentridae are not well sampled by visual counts because these species are usually hidden in crevices during the day. On the opposite, most fast moving species such as Lutjanidae, Lethrinidae, Scaridae, Acanthuridae and large Labridae are not

Acanthuridae et les Labridae de grande taille ne sont pas échantillonnés de façon adéquate par la rotenone. Certaines familles telles que les Serranidae, Mullidae, Chaetodontidae, Siganidae et Pomacentridae sont recensées de manière identique par les deux méthodes. Le tableau 1 montre aussi qu'il y a peu de différences entre les résultats de ces méthodes suivant le lieu. Ainsi, à l'exception des Holocentridae, Carangidae, Blenniidae et Balistidae, toutes les familles sont échantillonnées de façon identique par les 2 méthodes en Nouvelle-Calédonie et aux Chesterfield. Ceci est confirmé par l'égalité (35,9 et 36,0) de l'indice de Kulczynski pour les 2 méthodes entre les 2 lieux.

well sampled by rotenone. Some families such as the Serranidae, Mullidae, Chaetodontidae, Siganidae and Pomacentridae are sampled in a similar manner by both methods. Table 1 indicates also that there are very little differences in the trends given by the two methods depending on location. Thus, with the exception of the Holocentridae, Carangidae, Blenniidae and Balistidae, all families behaved in the same manner in the Chesterfield and in New Caledonia. This is confirmed by the equality (35.9 and 36.0) of the Kulczynski indices between methods for the two areas (Table 1).

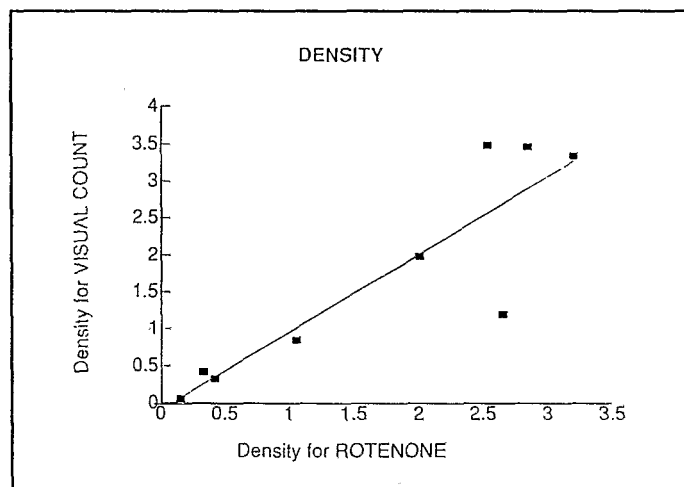


Figure 2. Corrélation entre les densités (poisson/m<sup>2</sup>) obtenues par les empoisonnement à la rotenone et par les comptages visuels ( $Y = -0.09 + 1.05 x$ ,  $r = 0.89$ ). Figure 2. Correlation between rotenone poisonings and visual counts for density (fish/m<sup>2</sup>) ( $Y = -0.09 + 1.05 x$ ,  $r = 0.89$ ).

La figure 2 montre que les 2 techniques donnent des résultats similaires pour les densités, mais il existe d'importantes différences au niveau spécifique (cf. tabl. 2). Comportement et taille des poissons sont les principaux facteurs affectant les estimations de densité des 2 méthodes. Les espèces actives, spécialement celles vivant en bancs (différence significative  $\alpha = 0,01$  par un test de Wilcoxon sur le rang des signes) ne sont pas correctement échantillonnées par la rotenone; à l'inverse les espèces cryptiques sont mal recensées par les comptages, particulièrement si ces poissons sont de petite taille (différence significative à  $\alpha = 0,01$ ). Il n'y a pas de différence significative entre les 2 techniques pour les espèces se déplaçant lentement.

La figure 3 montre que les estimations de biomasses sont corrélées entre les 2 méthodes. Cependant, les estimations de biomasse par comptage sont 2 fois plus importantes que celles obtenues par rotenone. Du fait que les 2 méthodes donnent des estimations de densités similaires, la différence pour les biomasses provient de la plus grande taille moyenne des poissons recensés par comptage. Les empoisonnements capturent beaucoup de juvéniles qui ne sont pas pris en compte au cours des comptages et la plupart des espèces cryptiques, mal échantillonnées par comptage, sont de petite taille (Apogonidae, Gobiidae, Blenniidae). A l'inverse les espèces actives, qui ne sont pas correctement échantillonnées par la rotenone, sont habituellement de grande taille.

Figure 2 shows that both methods yield similar density estimates. However, at the species level there are large differences as indicated in table 2. The behavior and the size of the fish are the main factors affecting the density estimates from both methods. Fast moving species, especially if these species school (significant difference at  $\alpha = 0.01$  with Wilcoxon sign ranks test), are not well sampled by rotenone. On the opposite cryptic species are not detected by visual censuses, especially the smaller fish (significant difference at  $\alpha = 0.01$ ). There is no significant difference between the two methods for slow moving species.

Figure 3 indicates that the biomass estimates of the two sampling methods are correlated. However, biomass estimates from visual censuses are twice larger than those from rotenone poisonings. Since both methods yield similar density estimates, the difference in biomass estimates are the result of the larger sizes detected by visual censuses. Rotenone poisonings catch many juveniles which are not counted during the visual surveys and many of the cryptic or nocturnal species, which are not well sampled by visual censuses, are small (Apogonidae, Gobiidae, Blenniidae). On the opposite, the fast moving species, which are not well sampled by rotenone, are usually large.

## Discussion

Schroeder (1989) a déjà réalisé un travail très similaire à Hawaii. Son étude, cependant diffère de la notre en ce que toutes ses stations sont des pâtés coralliens isolés sur de grandes étendues sableuses sur lesquels tous les comptages ont été faits par quadrat et sur les quels les empoisonnements à la rotenone étaient très efficaces du fait de l'isolement de ces pâtés coralliens. De plus, son étude a porté sur des massifs coralliens de petite dimension (8,2 à

## Discussion

Schroeder (1989) has done a similar work in Hawaii. However, his study differs from the present one in that all his stations were patch reefs isolated over large sandy areas on which visual counts could be performed as point counts and rotenone poisonings were much more effective than on a continuous reef such as in the present study. In addition, his study was conducted on small patches (8.2 to 173 m<sup>2</sup>, ave-

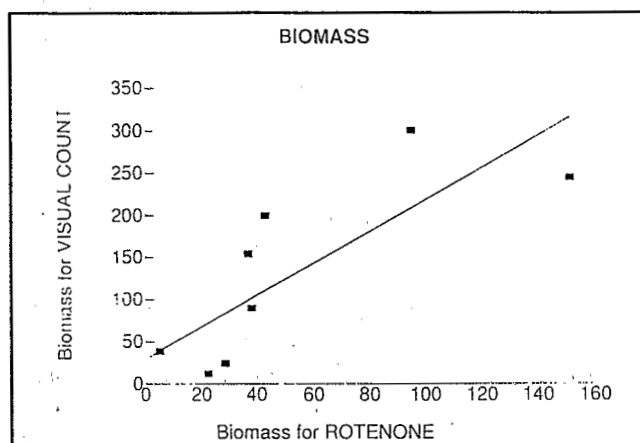


Figure 3. Corrélation entre les valeurs de biomasses (g/m<sup>2</sup>) obtenues par les empoisonnement à la rotenone et par les comptages visuels ( $Y = 29.3 + 1.90 x$ ,  $r = 0.89$ ). Figure 3. Correlation between rotenone poisonings and visual counts for biomass (g/m<sup>2</sup>) ( $Y = 29.3 + 1.90 x$ ,  $r = 0.89$ ).

173 m<sup>2</sup>, moyenne 69 m<sup>2</sup>), tandis que dans la présente étude les empoisonnements ont été conduits sur des surfaces plus grandes (60 à 200 m<sup>2</sup>, moyenne 140 m<sup>2</sup>). De ce fait pour Schroeder très peu d'espèces (environ 13%) étaient des poissons actifs de grande taille (plus de 15 cm) alors que dans notre étude ces poissons représentent 50% de toutes les espèces. Schroeder a trouvé que la rotenone capturait environ 30% d'espèces de plus que les comptages, ce qui est une différence moindre que dans notre étude. A Hawaii les estimations de densité, toutes stations confondues, n'étaient pas différentes entre les deux méthodes ce qui est similaire à nos résultats. Tout comme en Nouvelle-Calédonie cette similarité pour la densité globale dissimule des écarts importants au niveau spécifique dû au comportement des poissons, ce qui a déjà été noté par plusieurs auteurs (Smith et Tyler, 1972; Smith, 1973; Brock, 1982). Schroeder n'a pas fait de comparaison pour les estimations de biomasse par les deux techniques de comptage et d'empoisonnement.

L'estimation des biomasses est un important problème dans l'étude des poissons coralliens. Les tailles estimées en comptage sont en général bien corrélée avec la taille réelle (Harmelin-Vivien *et al.* 1985; Schroeder, 1989; Kulbicki & Wantiez, 1990). Cependant la comparaison de la longueur des poissons pris à la rotenone avec ceux observés en plongée n'est guère possible car il y a une trop grande différence dans la sélectivité des 2 méthodes.

La présente étude démontre que les comptages sont supérieurs aux empoisonnements en ce qui concerne les poissons coralliens d'importance économique. L'utilisation des

age 69 m<sup>2</sup>), whereas in the present work the rotenone poisonings were conducted on larger areas (60 to 200 m<sup>2</sup>, average 140 m<sup>2</sup>). As a result very few of his species (approximately 13 %) were large (over 15 cm average) fast moving fish, whereas in the present study such species represent 50 % of all species. Schroeder found that rotenone yielded approximately 30% more species than visual counts, which is less than in the present study. In Hawaii the overall density estimates, all stations combined, were not significantly different between the two methods which is similar to our findings. As in the present study, this overall similarity in density estimates dissimulated important differences according to fish behavior, which is consistent with a number of other studies (Smith and Tyler, 1972; Smith, 1973; Brock, 1982). In Schroeder's study no attempt was made at comparing the biomass estimates from the two methods. The evaluation of biomass is an important problem when studying coral reef fisheries. The estimated length of fish from visual counts usually correlate well with actual sizes (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985; Schroeder, 1989; Kulbicki & Wantiez, 1990). However the comparison of fish length from rotenone poisonings and visual counts are not possible because there are important differences in the size selectivity of the two methods. In Schroeder's study no attempt was made at comparing the biomass estimates from the two methods. The evaluation of biomass is an important problem when studying coral reef fisheries. In the case of large carnivorous species Kulbicki (1988) had used a combination of visual censuses and bottom longline

comptages peut être avantageusement combinée avec d'autres méthodes telles que le chalut (Kulbicki et Wantiez, 1990) ou la palangre (Kulbicki, 1988). Pour les études d'intérêt écologique l'idéal est de combiner roténone et comptages. Du fait que les 2 techniques sous-estiment les densités et biomasses réelles, une approche conservatrice serait de garder pour chaque espèce la méthode donnant la plus forte estimation. Ce type d'évaluation a été employé pour l'analyse des structures trophiques de peuplements de poissons coralliens (Kulbicki *et al.*, 1990) aux îles Chesterfield.

CPUE. The present study indicates that visual counts are superior to rotenone poisoning for most of the species which are of commercial interest. For ecological studies, the ideal would be to combine both methods. Since both of them give underestimates of the actual densities and biomasses, a conservative approach would be to keep for each species the method which yields the largest estimate. This type of estimation was used by Kulbicki *et al.* (1990) to study the trophic structure of the coral reef fish populations in the Chesterfield islands.

## References

- Brock, R.E., 1982. A critique of the visual census method for assessing coral reef fish populations. *Bull. Mar. Sci.* 32 : 269-276.
- Harmelin-Vivien, M., Harmelin, J.G., Chauvet, C., Duval, C., Galzin, R., Lejeune, P., Barnabé, G., Blanc, F., Chevalier, R., Duclerc, R., & Lasserre, G., 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. *Rev. Ecol. (Terre et Vie)* 40 : 467-539.
- Kulbicki, M. 1988. Correlation between catch data from bottom longlines and fish censuses in the SW lagoon of New Caledonia. *Proc. 6th Intern. Coral Reef Symposium 1988, Townsville Aust.* 2 : 305-312.
- Kulbicki M., Doherty, P., Randall, J.E., Bargibant, G., Menou, J.L., Mou Tham, G., & Tirard, P., 1990. La campagne CORAIL 1 du N.O. Coriolis aux îles Chesterfield (du 15 août au 4 septembre 1988) : données préliminaires sur les peuplements ichtyologiques. *Rap. Scient. Techn.: océanographie, ORSTOM Nouméa* 57 : 88 pp.
- Kulbicki, M. & Wantiez, L., 1990. Comparison between fish bycatch from shrimp trawl and visual censuses in St Vincent Bay, New Caledonia. *Fish. Bull.* 88 : 667-675.
- Schroeder, R.E., 1989. The ecology of patch reef fishes in a subtropical Pacific atoll : recrutement variability, community structure and effects of fishing predators. *Ph. D. thesis University of Hawaii* : 321 pp.
- Smith, C.L., 1973. Small rotenone stations : a tool for studying coral reef fish communities. *Am. Mus. Novitates* 2512 : 1-22.
- Smith, C.L. & Tyler, J.C., 1972. Space resource sharing in a coral reef fish community. In: B.B. Colette & S.A. Earle eds., Results of the Tektite program : ecology of coral reef fishes. *Bull. Nat. Hist. Mus. Los Angeles* 14(3) : 125-170.

Tableau 1.

Nombre d'espèces par famille pour l'empoisonnement à la roténone et les comptages visuels. Seules sont indiquées les familles comprenant plus de 10 espèces. L'index de Kulsczinski est fourni par la formule :

$$I=0.5x ((S/S+U) + (S/S+V)) \times 100,$$

avec, S : nombre d'espèces communes aux deux méthodes; U : nombre d'espèces capturées par la roténone; V : nombre d'espèces identifiées visuellement.

Table 1.

Number of species per family for rotenone poisoning and visual counts. Only families with more than 10 species are listed. Kulsczinski index is given by :

$$I=0.5x ((S/S+U) + (S/S+V)) \times 100$$

where, S : number of species in common between the two methods, U : number of species caught by rotenone, V : number of species seen by the visual censuses.

| Family            | Chesterfield |              |        | New Caledonia |              |        |
|-------------------|--------------|--------------|--------|---------------|--------------|--------|
|                   | Rotenone     | Visual count | Common | Rotenone      | Visual count | Common |
| Muraenidae        | 18           | 1            | 1      | 18            | 3            | 1      |
| Holocentridae     | 15           | 4            | 4      | 15            | 12           | 10     |
| Syngnathidae      | 7            | -            | -      | 6             | 1            | -      |
| Scorpaenidae      | 15           | -            | -      | 15            | 3            | -      |
| Serranidae        | 13           | 10           | 9      | 17            | 20           | 12     |
| Apogonidae        | 29           | 4            | 4      | 33            | 6            | 6      |
| Carangidae        | -            | 1            | -      | 3             | 10           | 2      |
| Lutjanidae        | 3            | 5            | 3      | 8             | 11           | 8      |
| Lethrinidae       | 3            | 7            | 3      | 6             | 9            | 5      |
| Mullidae          | 6            | 7            | 5      | 7             | 12           | 7      |
| Chaetodontidae    | 17           | 13           | 12     | 21            | 29           | 21     |
| Pomacantidae      | 15           | 3            | 2      | 5             | 6            | 4      |
| Pomacentridae     | 35           | 28           | 27     | 46            | 47           | 37     |
| Labridae          | 39           | 37           | 27     | 42            | 53           | 30     |
| Scaridae          | 8            | 16           | 8      | 10            | 18           | 10     |
| Blenniidae        | 11           | 1            | -      | 15            | 6            | 6      |
| Gobiidae          | 34           | 4            | 2      | 52            | 9            | 8      |
| Acanthuridae      | 12           | 17           | 11     | 13            | 22           | 12     |
| Siganidae         | 2            | 2            | 2      | 7             | 10           | 7      |
| Balistidae        | 7            | 4            | 4      | 4             | 9            | 3      |
| Total (species)   | 352          | 200          | 147    | 434           | 345          | 218    |
| Kulsczinski index |              | 35.9         |        |               | 36.0         |        |

Tableau 2

Estimations de la densité par empoisonnements à la roténone et par comptages visuels pour différentes catégories de poissons. Test de Wilcoxon : NS : non significatif, \* : significatif à  $\alpha < 0.05$ ; \*\* : significatif à  $\alpha < 0.01$ .

Table 2

Density estimates from rotenone poisonings and visual counts for various types of fishes. Wilcoxon sign ranks test NS : not significant, \* : significant at  $\alpha < 0.05$ ; \*\* : significant at  $\alpha < 0.01$ .

| Species                                  | Rotenone | Visual counts |
|------------------------------------------|----------|---------------|
| <b>Slow moving schooling species</b>     |          |               |
| <i>Lutjanus quinquelineatus</i>          | 18.8     | 3.4           |
| <i>Gnathodentex aurolineatus</i>         | 0.3      | 25.4          |
| <i>Chromis atripectoralis</i>            | 12.1     | 8.0           |
| <i>Chromis vanderbilti</i>               | 0.7      | 31.6          |
| <i>Dascillus aruanus</i>                 | 11.4     | 51.8          |
| Apogonidae spp.                          | 171      | 23.6          |
| Mean                                     | 35.7     | 24.0 NS       |
| <b>Fast moving schooling species</b>     |          |               |
| <i>Caesio</i> spp.                       | 0.7      | 136           |
| <i>Scarus</i> spp.                       | 23.9     | 192           |
| <i>Acanthurus nigrofusus</i>             | 28.2     | 160           |
| <i>Acanthurus blochii</i>                | 4.6      | 6.6           |
| <i>Siganus argenteus</i>                 | 0.3      | 0.2           |
| <i>Siganus doliatus</i>                  | 0.7      | 3.0           |
| Carangidae spp.                          | 1.1      | 14.8          |
| Mean                                     | 8.5      | 73.2 **       |
| <b>Cryptic or nocturnal species</b>      |          |               |
| <i>Sargocentron</i> spp.                 | 51.8     | 4.4           |
| <i>Myripristis</i> spp.                  | 70.3     | 1.4           |
| <i>Ecsenius bicolor</i>                  | 21.8     | 0.1           |
| Trypterigidae spp.                       | 32.1     | 0.0           |
| <i>Exyrias bellissimus</i>               | 17.1     | 2.0           |
| <i>Eviota</i> spp.                       | 6.1      | 0.0           |
| <i>Gymnothorax</i> spp.                  | 23.9     | 0.3           |
| Scorpaenidae spp.                        | 29.6     | 0.2           |
| Mean                                     | 31.      | 61.05 **      |
| <b>Non schooling slow moving species</b> |          |               |
| <i>Cephalopholis</i> spp.                | 5.0      | 2.6           |
| <i>Epinephelus</i> spp.                  | 26.4     | 26.8          |
| <i>Diagrama pictum</i>                   | 1.0      | 3.6           |
| <i>Plecthorhynchus goldmanni</i>         | 0.7      | 0.6           |
| <i>Monotaxis grandoculis</i>             | 1.1      | 7.8           |
| <i>Chaetodon</i> spp.                    | 41.4     | 154           |
| <i>Centropyge</i> spp.                   | 22.8     | 20.8          |
| Mean                                     | 14.1     | 30.9 NS       |
| <b>Non schooling fast moving species</b> |          |               |
| <i>Lutjanus fulviflamma</i>              | 0.7      | 8.6           |
| <i>Lutjanus fulvus</i>                   | 0.7      | 5.0           |
| <i>Lethrinus mahsena</i>                 | 1.8      | 0.8           |
| <i>Parupeneus dispilurus</i>             | 3.2      | 1.0           |
| <i>Parupeneus trifasciatus</i>           | 2.1      | 5.8           |
| <i>Thalassoma</i> spp.                   | 24.2     | 164           |
| <i>Cheilinus</i> spp.                    | 6.4      | 8.6           |
| <i>Coris</i> spp.                        | 0.4      | 4.2           |
| Mean                                     | 4.94     | 24.8 *        |