État des populations de troca (*Trochus niloticus*) dans le lagon de Tongatapu (Royaume des Tonga)

Kalo Pakoa[1], Kim Friedman[2] et Hervé Damlamian[3]

Résumé

Trochus niloticus a été introduit aux Tonga en 1992 et en 1994 sur l'île de Tabana, dans l'archipel des Vavau, et sur les îles de Fukave et Euaiki, proches de Tongatapu. Les enquêtes réalisées sur les sites de lâcher entre 1995 et 2000 ont mis en évidence un recrutement effectif des trocas sur les récifs de Tongatapu. Une étude de base doit être réalisée pour réunir des informations sur les stocks aux fins de gestion. Des enquêtes indépendantes conduites en août 2006 par le Secrétariat de la Communauté du Pacifique ont révélé la présence de *Trochus niloticus* dans 70 % des stations (total n = 1 125 individus enregistrés). Les trocas sont irrégulièrement répartis dans le lagon, avec des concentrations plus denses à l'ouest qu'à l'est. Des concentrations ont été repérées sur les récifs du lagon, les récifs frangeants des îles d'Atata et de Polo'a et sur le récif de Sopu. La taille moyenne des trocas à Tongatapu (n = 697) était de 9,5 cm ± 0,1 ET. Avec un mode de 10 cm, les stocks de troca de Tongatapu comprennent des individus assez jeunes, ce qui atteste la jeunesse de la ressource des Tonga. La largeur des coquilles à la base est différente d'ouest en est, des individus nettement plus gros et plus âgés ayant été observés dans le secteur est du lagon de Tongatapu (taille moyenne : à l'est = 11,0 cm ± 0,2), tandis que les secteurs du centre et de l'ouest abritaient des individus de plus petite taille (centre = 8,7 cm ± 0,1 ; ouest = 9,6 cm ± 0,1). Faute de données, il n'a pas été possible d'établir si les efforts de réensemencement menés à Tongatapu ont contribué à ce schéma de répartition. Nous avons conclu que le stock actuel résulte du recrutement efficace dû aux géniteurs introduits. La circulation d'est dans le lagon de Tongatapu a été analysée, ce qui a permis de mettre en évidence l'existence d'un flux dominant d'est et du nord qui est gouverné par 1) les flux de marée depuis l'océan au nord, 2) les vents d'est dominants pendant 70 % de l'année, et 3) les courants générés par les vagues qui cassent sur le récif à l'extrémité sud-est de la ceinture lagonaire. Un système de faibles courants se développe aussi au centre du lagon, en face de Nukualofa où les courants convergent. Les flux de courant s'affaiblissent dans cette zone de convergence et toute larve de troca qui flotterait en surface devrait plonger au fond pour se fixer sur les récifs. Ce constat conforte l'hypothèse des sources et puits de recrutement, à savoir que le centre du lagon (de l'île d'Atata au port de Nukualofa) bénéficie d'un recrutement larvaire qui a pour origine la population source de géniteurs, située dans le secteur est du lagon. Ce résultat explique la concentration dense repérée dans le secteur ouest du lagon, à l'île d'Atata.

Introduction

Biologie du troca

Trochus niloticus est généralement réparti sur le profil récifal en fonction de l'âge. Les juvéniles habitent les débris coralliens des eaux peu profondes tandis que les adultes sont présents en densité croissante à mesure que l'on approche du tombant récifal. La profondeur de répartition maximale des trocas se situe entre 10 et 15 mètres bien que l'on en trouve parfois jusqu'à 27 mètres de fond. Les trocas se nourrissent de diatomées et d'algues microscopiques poussant sur le corail et les rochers. À l'état naturel, ils atteignent leur maturité reproductive à environ deux ans, lorsque la base de la coquille fait environ 6 cm, tandis qu'en captivité, ils arrivent à maturité à 12 mois. Leur durée de vie est de 15 à 20 ans, âge où leur diamètre maximum à la base est de l'ordre de 14 à 15 cm. Comme la plupart des autres gastéropodes tropicaux, *T. niloticus* est une espèce dioïque (à sexes séparés) qui émet librement ses gamètes, et la fécondation intervient dans la colonne d'eau. Le frai est engagé par les mâles, et les femelles pondent en réaction à la présence des gamètes dans l'eau. Les femelles pondent en général pendant cinq à dix minutes, et émettent plus d'un million d'ovocytes (Nash 1985). La ponte est souvent alignée sur les cycles lunaire ou tidaux ; elle survient généralement de nuit, et à une ou deux nuits de la pleine lune ou de la nouvelle lune. À faible latitude, elle se produit tout au long de l'année, tandis qu'elle n'intervient que durant les mois chauds à plus haute latitude (Nash 1985). Dans la région centrale de la Grande barrière de corail, la ponte a toutefois lieu tout au long de l'année. L'éclosion se produit lorsque les larves atteignent le stage trochophore (phase planctonique), soit quelque 12 heures après la fécondation. La phase larvaire dure entre trois et cinq jours, les véligères se fixant ensuite sur le substrat récifal où ils commencent à se nourrir de fines algues filamenteuses et de microorganismes (Nash 1985). Cette brève phase larvaire limite sans doute la dispersion à grande échelle, et il est donc peu probable que les populations de trocas s'étendent aux récifs situés à distance des adultes

1. Coordonateur du projet Amélioration de la gestion des écosystèmes marins côtiers et changement climatique, Département des pêches, Ministère de l'agriculture, du phytosanitaire, des forêts et des pêches, Vanuatu. Courriel :. Courriel : kalompakoa@gmail.com
2. Chargé de recherche principal, Marine Science Program, Department of Environment & Conservation, Australie occidentale. Courriel: kim.friedman@dec.wa.gov.au
3. Chargé de modélisation hydrodynamique côtière, Commission océanienne de recherches géoscientifiques appliquées. Courriel : herve@sopac.org

reproducteurs. Les adultes sont majoritairement des herbivores non sélectifs se nourrissant d'une grande variété de matériaux biotiques et abiotiques de l'épibenthos, dont des algues, des foraminifères, des mollusques et des crustacés. Les individus de taille petite à moyenne sont cryptiques, tandis que les animaux plus développés sont souvent exposés et visibles sur le récif.

Les pêcheries de troca du Pacifique

Les coquilles de troca sont un important produit d'échange dans nombre de communautés du Pacifique. Elles ont toujours été exploitées en vue de la fabrication de boutons et de bijoux en nacre. La demande et l'accès aisé aux pêcheries ont conduit à la surexploitation de nombreux récifs. Des adultes ont été introduits dans différentes zones où la ressource en troca était naturellement pauvre. Depuis les années 20, plus de 100 transplantations de géniteurs adultes ont été effectuées entre les récifs, îles, atolls et pays du Pacifique Sud (Gillett 2003). Cependant, ces efforts n'ont pas tous donné les résultats escomptés. Des trocas introduits sur l'atoll d'Aitutaki (Îles Cook) depuis les Îles Fidji en 1957 ont fini par constituer une population de reproducteurs, avec une première récolte de près de 200 tonnes de coquilles en 1981 (Sims 1988). En 1957, des géniteurs introduits à Tahiti depuis Vanuatu (anciennes Nouvelles-Hébrides) et la Nouvelle-Calédonie ont constitué un stock de reproducteurs qui a livré une première récolte commerciale de 350 tonnes de coquilles 17 ans plus tard (Cheneson 1997). En revanche, leur introduction sur l'atoll de Funafuti (Tuvalu) depuis les Îles Fidji, réalisée en 1985, n'a rien donné (Wilson 1995).

Introduction de trocas aux Tonga

Trochus niloticus était naturellement absent des îles des Tonga, mais a été introduit en 1992 et 1994 depuis les Îles Fidji (tableau 1). Le premier lot de 250 individus a été lâché sur l'île de Tabana, dans l'archipel des Vavau. Le second lot qui comptait 1 045 individus a été lâché sur les îles de Fukave (645 animaux) et Euaiki (400 spécimens), à proximité de Tongatapu (Manu et al. 1994 ; Gillett 2003). Ces deux derniers sites avaient été choisis pour faciliter la dispersion de l'espèce vers d'autres récifs du lagon, situés plus à l'ouest, et exploiter les courants de dérive dus à l'action des alizés dominants du sud-est à la pointe sud-est du lagon de Tongatapu.

Durant les enquêtes de suivi conduites sur les récifs de Fukave entre 1994 et 1996, le personnel du Département des pêches des Tonga a systématiquement noté la présence de trocas, ce qui atteste la survie des géniteurs. Les enquêtes menées entre 1999 et 2000 ont révélé une augmentation du nombre de trocas à Fukave ainsi qu'en d'autres endroits plus à l'ouest (tableau 2), avec des tailles allant de 50 à 125 mm. Ces constats ont confirmé que les trocas nouvellement introduits avaient constitué une population reproductrice, et que le recrutement avait commencé à s'étendre à d'autres récifs du lagon. Aucun dénombrement n'a été effectué sur les sites de lâcher d'Euaiki et de Vavau pendant cette période, mais on sait de source locale que des trocas ont été observés aux deux endroits (Ulunga Fa'anunu, Ministère des pêches des Tonga, communication personnelle, 2006).

Mariculture et réensemencement

La mariculture permet d'utiliser des juvéniles de troca produits artificiellement pour reconstituer les stocks. Le programme de reproduction du troca des Tonga a débuté en 1994, avec des financements japonais. Il venait compléter le programme d'introduction. Les premiers juvéniles, d'une taille moyenne de 50 mm, ont été lâchés en 1998 dans les archipels des Haapai et Vavau (Ministère des pêches des Tonga 2004). D'autres lâchers ont eu lieu entre 1999 et 2003, l'un dans l'archipel des Haapai et les autres sur les îles de Fukave et d'Euaiki. Le tableau 3 récapitule les efforts de réensemencement en juvéniles menés dans le pays. Tous les juvéniles lâchés ont été marqués et mesurés à l'écloserie avant leur transport en bas de plastique sur les sites de lâcher. Ils ont été délicatement posés en position verticale au creux d'une crevasse récifale, à l'abri des prédateurs.

Des enquêtes de suivi ont été planifiées 1, 12, 24 et 36 mois après le lâcher des juvéniles afin d'évaluer la survie, la mortalité, la croissance et la dispersion (Kikutani and Yamakawa 1999). Toutefois, malgré les demandes adressées au Ministère des pêches et au spécialiste de l'Agence japonaise de coopération internationale (JICA), M. Kenichi Kikutani, responsable du programme de mariculture des Tonga, aucune information n'a été communiquée. Nous en avons conclu qu'aucune donnée sur la récupération des juvéniles n'a été recueillie, car en cas contraire, elles nous auraient probablement été communiquées, ou auraient été publiées.

Répartition et dispersion des trocas

À l'heure actuelle, on ne sait pas grand-chose des schémas de recrutement de *T. niloticus* et de l'incidence des facteurs environnementaux, notamment la circulation d'eau, sur la répartition et la démographie des trocas. En revanche, des études ont été réalisées sur d'autres espèces d'invertébrés tels que l'étoile de mer corallivore, *Acanthaster planci.* D'après les études concernant cette espèce sur la Grande barrière de corail, le recrutement larvaire tient aux déplacements et à la vitesse des courants océaniques et au temps de séjour dans l'eau, d'où les proliférations d'*A. planci* dans certaines zones (Moran et al. 1992). La destination finale d'une larve durant le recrutement, appelée « puits de recrutement », correspond au lieu de fixation. La dispersion des larves dépend également de la durée du stade pélagique ; si l'on considère la brièveté relative de la phase larvaire de *T. niloticus* (à savoir trois à cinq jours), on peut s'attendre à un recrutement localisé. Toutefois, l'étude des schémas de comportement et de recrutement chez une population établie peut poser des difficultés en raison de l'ambigüité des résultats. À Tongatapu, on a affaire à une population jeune, pouvant faire l'objet d'une bonne étude de cas afin de comprendre le rôle des conditions hydrodynamiques sur la répartition de *T. niloticus*.

Site d'étude

Tongatapu est la plus grande et la première île des Tonga. C'est un atoll surélevé d'une superficie de 259 km^2. Le nord de l'île, plus affaissé, se trouve à quelques mètres seulement au dessus du niveau de la mer, tandis que la côte sud s'élève à 65 mètres de hauteur. Le lagon de

Tableau 1. Récapitulatif des introductions de troca aux Tonga.

Date	Origine	Nombre	Animaux vivants	Sites de lâcher
8/1992	Lakeba, Îles Fidji	250	250	Île Tabana, Vavau (250 non marqués)
5/1994	Lakeba, Îles Fidji	1092	1046	
11/5/1994				Fukave, Tongatapu (400 non marqués)
11/5/1994				Euaiki, Tongatapu (400 non marqués)
30/5/1994				140 adultes ont été conservés par l'écloserie du Ministère des pêches aux fins de reproduction

Source: Gillett 2002; Manu et al. 1994

Tableau 2. Recapture des géniteurs de troca précédemment lâchés et de nouvelles recrues dans le lagon de Tongatapu.

	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
Fukave	147	57	78			208	125		
Euaiki	65								
Onevao						1			
Nuku						0			
Velitoa						2			
Malinoa						0			
Fafa						2			
Pangaimotu						4	5		
Makaha					1	4			
Manima							2		
Kolonga							1	41	15
Navutoka								8	
Ulanga Lalo					3			93	

Source: Niumeitolu et al. 1999; Fa'anunu et al. 2000; Kikutani et al. 2006

Tableau 3. Réensemencement des récifs des Tonga au moyen de juvéniles de troca produits en écloserie

Year	Sites de lâcher	Nombre d'animaux relâchés	Taille (mm)	Commentaires
1998	Haapai	350	50 +	sites précis inconnus
	Vavau	380	50 +	sites précis inconnus
1999	Haapai	450	50 +	sites précis inconnus
2000	Fukave, Tongatapu	350	50 +	
	Haapai	500	50 +	sites précis inconnus
2001				
2002	Ulanga Lalo, Tongatapu	400	50 +	
	Atata, Tongatapu	400	50 +	
2003	Ulanga Lalo, Tongatapu	600	50 +	

Source: Ministère des pêches des Tonga 2004

Tongatapu présente une bifurcation (lagon de Fangauta), et a une profondeur moyenne d'environ 1,2 mètre, pour une superficie totale de 2 788 hectares. À l'exception de ceux présents à l'entrée du lagon de Fangauta, on ne trouve quasiment pas de coraux à l'intérieur du fait de la faible salinité.

Le lagon de Tongatapu où notre enquête a été menée comprend toutes les eaux situées hors du lagon de Fangauta ; il est délimité à l'ouest et à l'est par la barrière récifale ainsi que par les eaux situées juste au nord de l'île de Mainoa (voir la figure 1). Le récif-barrière est ouvert à l'extrémité nord du lagon de Tongatapu, ce qui correspond à la partie immergée de l'atoll. Un ensemble de récifs frangeants, de récifs-barrières et d'îles coralliennes s'étend sur l'ensemble du lagon, constituant 90 % du récif corallien de l'île. Le lagon de Tongatapu couvre une surface de 321,5 km^2 pour une superficie récifale totale de 63,1 km^2. Le secteur ouest du lagon présente une zone récifale de 14,3 km^2, cette zone est de 17,3 km^2 au centre du lagon, et de 12,1 km^2 dans le secteur est.

Les températures à Tongatapu varient entre 11 °C et 32 °C, avec une moyenne de 23°C. Les alizés du sud-est soufflent pendant neuf mois de l'année et influencent la dynamique de la circulation d'eau dans le lagon. Une saison des pluies marquée intervient de novembre à avril, mais la pluviométrie est généralement modérée par rapport aux niveaux habituels dans les pays insulaires océaniens (Lovell and Palaki 2003). La pêche se pratique majoritairement sur les récifs et le platier le long de la côte sous le vent, au nord de Tongatapu.

Objectifs de l'étude

L'enquête avait pour objet de livrer des informations de base sur les trocas, et de recommander des mesures de gestion en vue de la gestion durable de la ressource. Les travaux actuellement menés sur les populations de trocas de Tongatapu constituent une bonne étude de cas, permettant de mieux comprendre la dynamique des populations et le rôle des facteurs environnementaux, notamment l'impact de la circulation d'eau, sur les schémas de recrutement. L'enquête visait plus particulièrement à fournir les informations suivantes :

- données de base sur la ressource ;
- impacts des lâchers d'animaux adultes sur les programmes de réensemencement en juvéniles ;
- schémas de répartition de *T. niloticus* ;
- abondance et répartition par taille des trocas dans le lagon ; et,
- dynamique de la circulation d'eau dans le lagon et son incidence sur la répartition et l'abondance des trocas.

Méthodologie

Évaluation de la ressource

L'enquête de base sur la ressource en troca a été conduite du 29 août au 8 septembre 2006, 12 ans après l'introduction des premiers géniteurs, et 3 à 8 ans après le démarrage du programme de réensemencement en juvéniles. L'enquête a été conçue de manière à pouvoir procéder à à une évaluation comparative sur l'ensemble

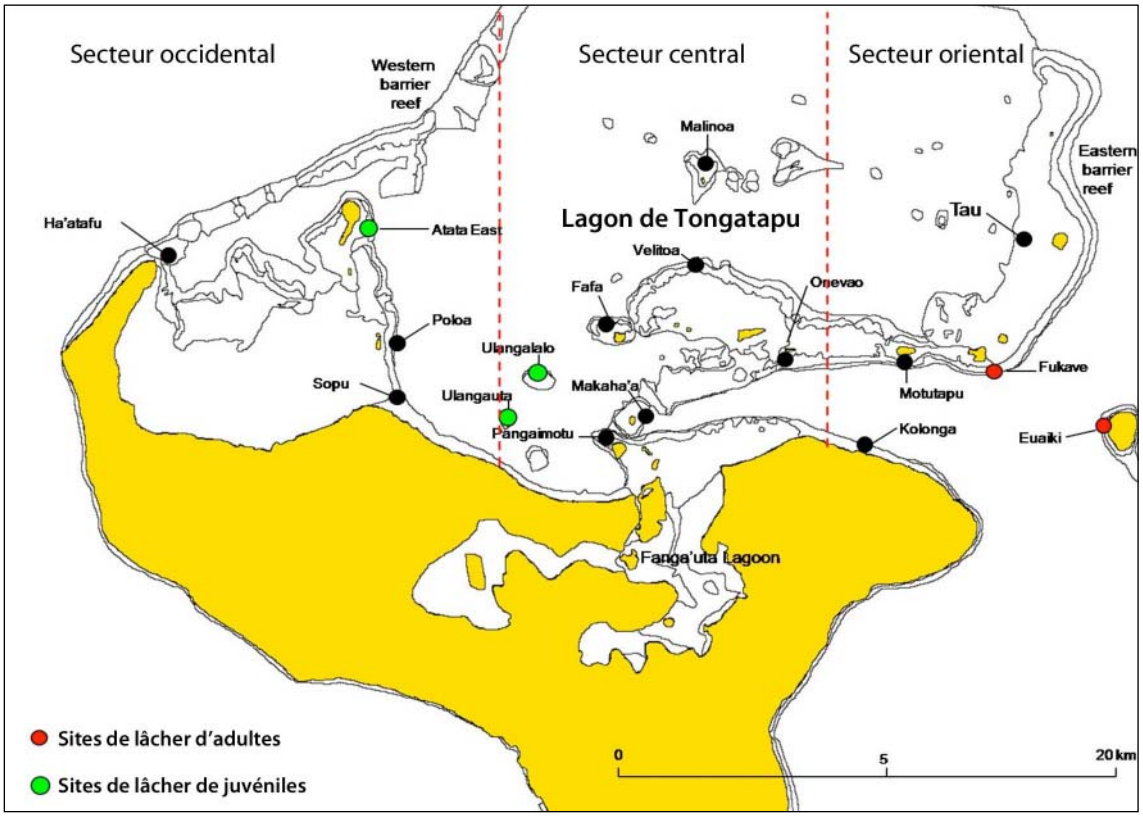


Figure 1. Sites d'étude du troca dans le lagon de Tongatapu

du lagon ; à cet effet, le site d'étude a été arbitrairement divisé en trois secteurs : ouest, centre et est (figure 1). Par manque de temps, l'île d'Euaiki n'a pas été incluse dans cette enquête. Les coordonnées précises (longitude et latitude) des stations d'échantillonnage ont été relevées au moyen d'un GPS Garmin 72 (Garmin Corporation, 2002).

Dans cette enquête, nous avons appliqué les techniques suivantes qui sont appliquées dans la région pour l'étude des invertébrés : 1) transects tirés dans le benthos récifal (RBt); 2) recherches sur le front récifal (RFs); 3) transects nacres (MOPt); et 4) recherches nacres (MOPs) (le nom des différents types d'enquête a été arrêté par le projet PROCFish/C). Ces techniques ont été appliquées par deux personnes nageant côte à côte, de part et d'autre du transect, pour relever les ressources en invertébrés épibenthiques, tout particulièrement les espèces d'importance commerciale.

Transects tirés dans le benthos récifal ou en eau peu profonde

On a eu recours aux transects tirés dans le benthos récifal dans les zones représentatives des habitats privilégiés par les trocas. Dans chaque station, six transects de 40 mètres de long et d'un mètre de large ont été balayés par des nageurs en plongée libre. Dans la mesure du possible, les transects ont été aléatoirement tirés le long des gradients environnementaux (généralement en travers des récifs, et non en suivant les bordures récifales). Un point de cheminement a été enregistré pour chaque station (avec une exactitude de ±10 m), et des relevés d'habitats ont été effectués pour chaque transect.

Recherches chronométrées en plongée libre le long du front récifal

Des plongées chronométrées en plongée libre, appelées ici recherches sur le front récifal, ont été effectuées, généralement quand l'état de la houle le permettait. Toutes les cinq minutes, les observateurs enregistraient les grands invertébrés repérés, tels que les trocas (*Trochus niloticus*), les burgaus (*Turbo marmoratus*), les bénitiers et les holothuries comme l'holothurie des brisants (*Actinopyga mauritiana*) qui se concentrent tous dans cette zone récifale. Chaque recenseur a effectué trois plongées, soit un total de six plongées (ou répétitions), ce qui concluait les travaux d'enquête dans une station donnée. Les positions de départ et d'arrivée de la station étaient enregistrées et utilisées pour calculer la distance totale parcourue à la nage, au moyen de MAPInfo. Les distances couvertes variaient d'une station à l'autre en fonction de conditions telles que les vents, les courants et les nageurs eux-mêmes.

Comptages à vue et recherches chronométrées en plongée le long de transects tirés en eau peu profonde

Ces évaluations ont été effectuées lors de plongées en bouteilles, à des profondeurs de 4 à 10 mètres, mais jamais supérieures à 15 mètres. Un transect de 40 mètres de long sur deux mètres de large a été tiré perpendiculairement à la bordure récifale où s'étendent les habitats

Figure 2. Profil récifal illustrant les endroits où les recensements d'invertébrés sont généralement réalisés par le projet PROCFish/C dans les pays insulaires océaniens. Les recensements de troca sont figurés par les chiffres : 2 – transects tirés dans le benthos récifal, 5 – recherches le long du front récifal, 6 – recherches à pied sur le front récifal, et 7 – recherches nacres et transects nacres.

propices aux gastéropodes. Les transects ont été mesurés au moyen d'un kit de mesure Chainman® qui est porté à la taille et équipé d'un déclencheur à fil. Les nageurs avaient ainsi les mains libres pour travailler, et n'avaient pas à consacrer du temps et de l'énergie à l'enlèvement des rubans dans les conditions souvent dynamiques qui caractérisent les habitats de *T. niloticus*. Dans les sites où l'on pressentait de faibles densités, un premier balayage rapide était effectué sur le récif pour y détecter les trocas. Les transects étaient tirés une fois les animaux repérés. Les positions de départ et d'arrivée de chaque station ont été notées. Le profil à la figure 2 illustre les différentes techniques d'enquête et les endroits où elles ont été employées.

Circulation d'eau dans le lagon

Les données utilisées pour cette étude proviennent de divers projets réalisés par la Commission océanienne de recherches géoscientifiques appliquées (SOPAC) et le gouvernement des Tonga. Les données bathymétriques ont été extraites de deux campagnes bathymétriques SOPAC/Union européenne qui ont permis la collecte de données multifaisceaux à la périphérie de Tongatapu et de données faisceau unique dans le lagon de Fangauta, ainsi que d'images LANSAT. La bathymétrie du lagon a été déterminée au moyen des cartes marines de Tongatapu, et les données de pleine eau ont été extraites de la base de données Infobank sur la géologie côtière et marine (http://walrus.wr.usgs.gov/infobank). Les données sur les marées proviennent d'une sonde permanente installée sur le quai de Nukualofa, tandis que celles sur les vents ont été fournies par le Service météorologique national. Les données sur le régime des vagues ont été tirées de Barstow and Haug (1994). Ces données ont servi à mettre au point le modèle de circulation du lagon de Tongatapu.

Résultats et synthèse

Champ de l'étude

La structure du système récifal de Tongatapu est complexe. Bien qu'il présente une barrière de corail et un lagon, le récif n'encercle pas le lagon entièrement, et les récifs intérieurs et à mi-distance (du milieu) sont composés d'un mélange de structures subissant à la fois les influences de la terre et de la mer, en raison des caractéristiques du flux marin et de la présence d'îles lagonaires et de lagons secondaires. Les récifs du lagon septentrional et le récif périphérique constituent un habitat étendu qui convient à *T. niloticus*, et cette aire peut abriter des populations nombreuses de trocas. La superficie totale du lagon est de 321,5 km^2, celle du récif de 63,1 km^2. Le secteur occidental du lagon comprend une superficie récifale de 14,3 km^2, le secteur central 17,3 km^2 et le secteur oriental 12,1 km^2.

Les habitats pouvant abriter des trocas sur la barrière de corail et les récifs périphériques couvrent une superficie estimée à 6,8 km^2 à l'ouest, 1,5 km^2 au centre et 11,1 km^2 à l'est. Le tableau 4 récapitule le nombre des stations et de types d'enquêtes réalisés. La figure 3 indique la situation géographique des stations de l'enquête réalisée à Tongatapu.

Tableau 4. Nombre de mesures effectuées en parallèle par type d'évaluation indépendante dans les trois secteurs

Secteurs	RBt	RFs	MOPs	MOPt
Occidental	42	48	24	45
Central	66	48	12	42
Oriental	51	63	0	24

Présence, abondance et densité des trocas

Il a été conduit une étude indépendante la présence et de la densité des trocas au moyen d'un ensemble de techniques de comptage conçues pour des récifs et des habitats benthiques spécifiques (tableau 5). On a évalué les schémas de distribution (par ex., rareté, profusion, groupes épars) et de l'abondance (c'est-à-dire densité en ind ha^{-1}) du troca dans les zones ciblées, de manière à décrire l'état de la ressource dans les zones présentant la plus forte abondance naturelle et/ou les habitats les plus appropriés. Des spécimens de *T. niloticus* étaient présents à de nombreux endroits (total n = 1 125 individus), mais inégalement répartis sur les récifs lagonaires. En terme de densité, les résultats des évaluations par le comptage des nacres par transect en eau profonde (fig. 4) indiquent clairement une répartition variant d'est en ouest, à la différence de la densité de répartition du benthos récifal évaluée sur la base de transects en eau peu profonde (fig. 5).

De plus fortes densités apparaissaient sur les récifs frangeants intérieurs du centre et de l'ouest, alors que les densités observées à l'est étaient plus faibles. Une analyse comparée des densités a montré que le secteur occidental abrite des concentrations plus denses que le secteur oriental (fig. 6). Ce résultat n'est pas valide partout étant donné que la barrière récifale du secteur occidental, bien qu'offrant un habitat approprié, ne présente pas de quantités importantes de trocas (figures 4 et 5) (aucun troca trouvé lors des RBt). Des concentrations denses ont été observées sur les récifs frangeants du lagon à l'est des îles Atata et Poloa, à des profondeurs relativement faibles.

Les récifs d'Atata et de Poloa subissent un ensemble d'influences océaniques et terrigènes du fait des courants marins venant du nord, des vents de l'est qui influent sur les courants marins et des eaux de ruissellement se déversant du littoral de l'aire de Sopu. Le troca habite sur les bords et les pentes du récif à 1–10 m de profondeur. La complexité du récif est modérée, ce qui permet une couverture de 30% de corail vivant (principalement *Acropora*). Du côté du lagon, l'habitat devient moins riche dans les zones au-dessous de 10 m, en raison d'un envasement plus important. Sur le récif frangeant lagonaire (près du port de Nukualofa), l'habitat se limite au flanc d'un abrupt jusqu'à 7–8 m de profondeur. Dans cette étude, on a enregistré tant des adultes que des juvéniles le long de la pente récifale. Une zone de blocaille (composée de gravats et de blocs de roches couverts d'algues) située sur la plateforme du récif frangeant, offre un bon habitat pour les juvéniles, mais le fait qu'elle soit exposée à l'air libre à marée basse pose un problème car on a trouvé à cet endroit des coquilles de juvéniles de trocas morts (>40 mm), occupées par des bernard-l'ermite.

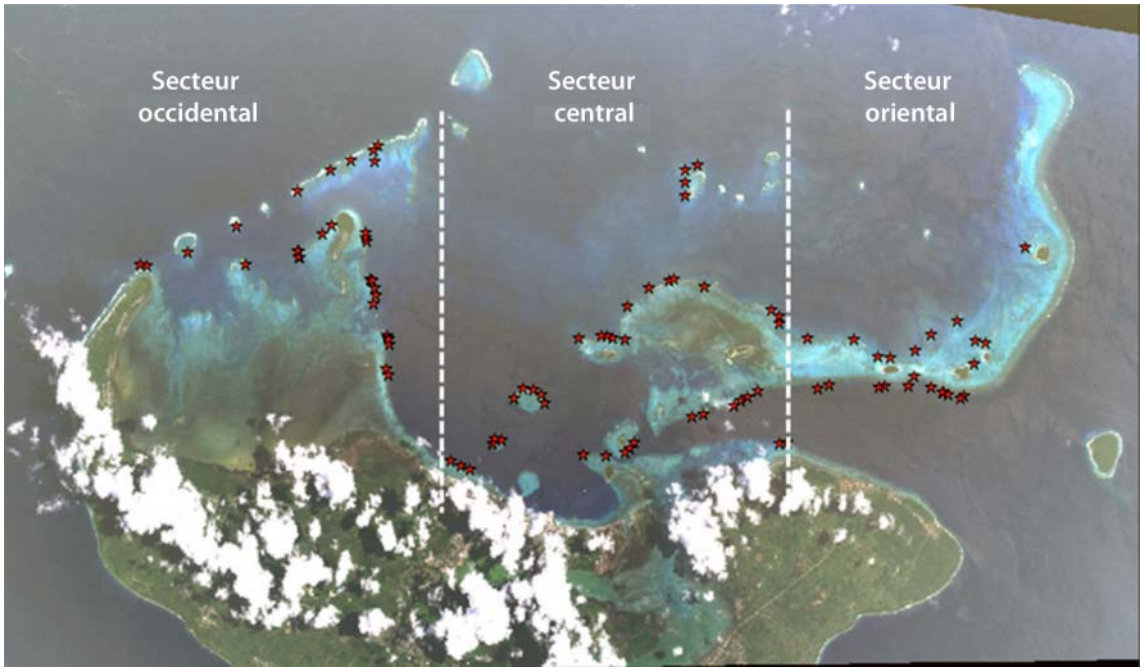


Figure 3. Champ de l'étude des ressources effectuée dans le lagon de Tongatapu (les étoiles rouges représentent la position géographique des stations de début et de fin).

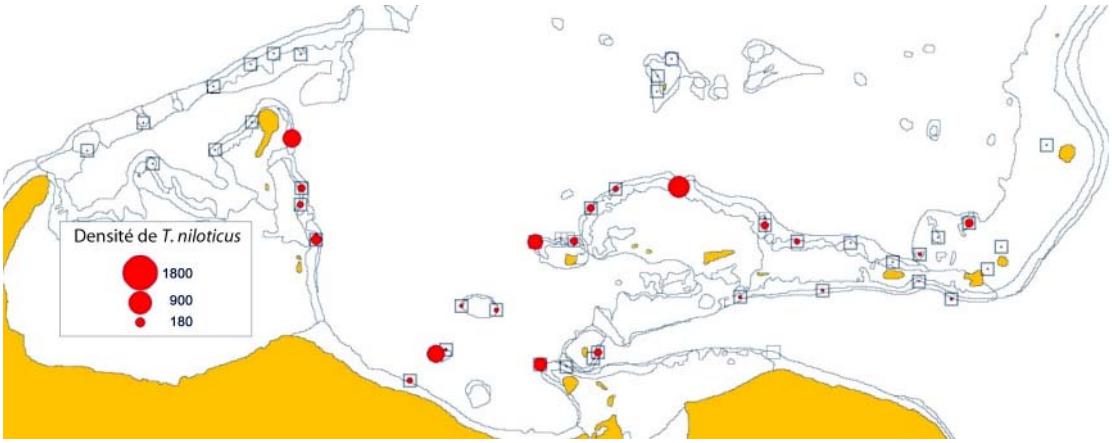


Figure 4. Densité (ind ha^{-1} ± écart-type) de la distribution de *Trochus niloticus* dans le lagon de Tongatapu selon des comptages sur les zones à nacres (4–10 m).

Figure 5. Densité (ind ha^{-1} ± écart-type) de la distribution de *Trochus niloticus* à Tongatapu selon des comptages par transect du benthos récifal (0,5–3 m).

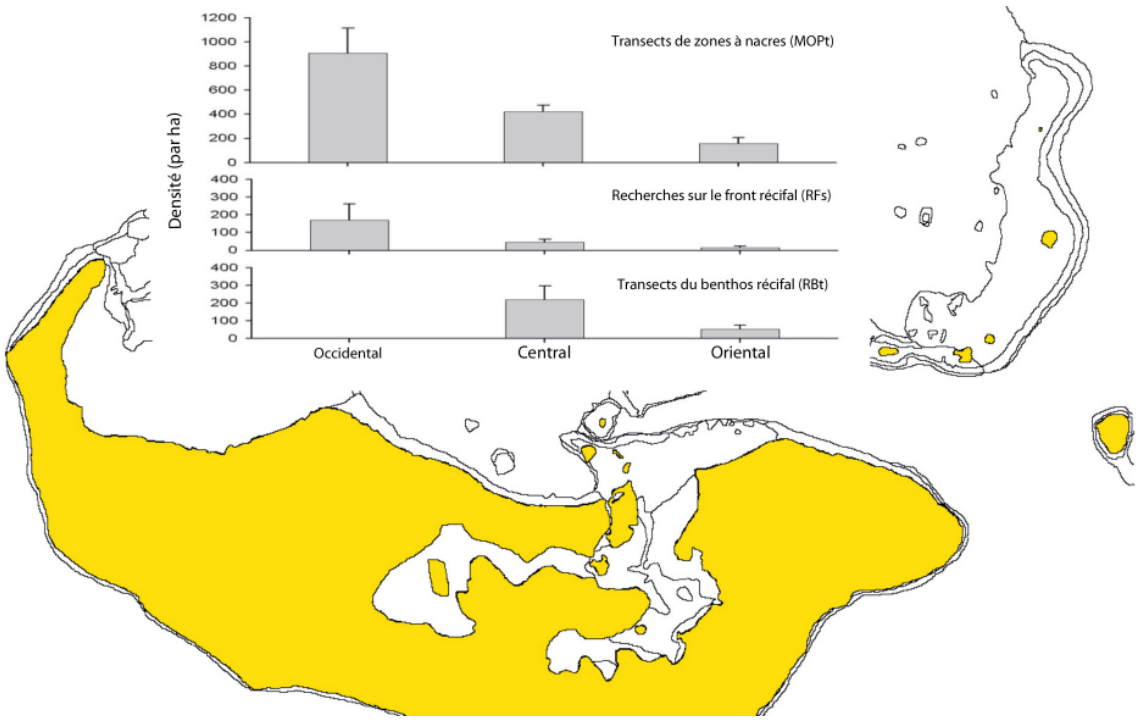


Figure 6. Densité (ind ha^{-1} ± écart-type) de la distribution de *Trochus niloticus* dans les trois secteurs par type de comptage

Le récif de corail oriental, du côté de l'océan, est très important, et descend en pente douce vers les eaux profondes. La plateforme récifale est affectée par l'action des vagues, mais les « criques » formées par les ondulations offrent une protection contre ce milieu très agité.

Les comparaisons de la densité moyenne (ind ha^{-1} ± écart-type) avec celle d'autres espèces à nacre (c'est-à-dire, *Tectus pyramis* et *Pinctada margaritifera*) (tableau 5) montrent que *T. niloticus* était présent en densités bien plus fortes que les deux autres espèces dans tous les comptages. La densité moyenne de trocas était plus élevée que le taux limite de récolte durable (500 coquilles ha^{-1}), bien qu'il faille préciser que cette forte densité n'a été enregistrée qu'à une seule station, à Atata.

Répartition des trocas par taille des coquilles

La répartition par taille des coquilles (diamètre à la base) est un indicateur de l'état du stock (par exemple, l'importance du frai au cours des dernières années et la réussite du recrutement manifestée par la présence de juvéniles parvenant au stade adulte). Les données relatives à la taille des coquilles indiquent aussi les différences dans l'espace de la dynamique des populations, éléments importants pour savoir quelles sont les zones « sources » et les zones « puits », agissant comme « fournisseurs » ou « réceptacles » de nouveaux individus. La population échantillonnée à Tongatapu (fig. 7 tous les sites) est représentative, car elle couvre un large éventail de tailles, depuis les petits juvéniles (3 cm de diamètre à la base) jusqu'aux gros adultes (14 cm de diamètre à la base). Le diamètre moyen des coquilles de troca dans le lagon de Tongatapu (n = 697) était de 9,5 cm ± 0.1 cm écart-type, la taille prédominante étant d'environ 10 cm, ce qui laisse penser que le stock du lagon de Tongatapu comprend beaucoup d'individus relativement jeunes (des coquilles de 10 cm caractérisent des individus d'à peine plus de quatre ans). Les trocas sont mâles ou femelles et parviennent à leur maturité sexuelle lorsqu'ils mesurent 7–8 cm (données obtenues d'un autre site relativement plus au sud, la Nouvelle-Calédonie), mais ils ne commencent à produire des gamètes viables en quantités importantes que lorsqu'ils sont plus gros. En fait, la femelle du troca, de plus grosse taille, est de loin plus féconde. Un troca femelle de 10 cm produit approximativement 2 millions d'ovocytes, et une femelle de 13 cm en produit jusqu'à 6 millions (Heslinga, 1981; Bour, 1990; McGowan, 1958).

L'analyse des coquilles par taille a révélé un grand écart entre les populations de l'ouest et celles de l'est (fig. 8). Des trocas bien plus gros et plus âgés se trouvent dans le secteur oriental de Tongatapu (taille moyenne: Est = 11,0 ± 0,2 cm, écart-type), tandis que des individus plus petits et plus jeunes se trouvent dans les secteurs du centre et de l'ouest (Centre = 8,7 ± 0,1 cm, Ouest = 9,6 ± 0,1 cm). Cet état de fait peut être dû à des préférences de pêche ou peut indiquer que les secteurs du centre et de l'ouest ont une fonction de réceptacle tandis que le recrutement se fait dans le secteur oriental. La population de trocas du lagon de Tongatapu étant sous-exploitée (car elle fait l'objet d'une surveillance), l'explication des préférences de pêche à l'origine de ces résultats est à exclure.

Comparaison des résultats de la transplantation du stock reproducteur et de l'ensemencement de juvéniles

Il n'est pas possible de savoir si les trocas observés en 2006 sont ces mêmes individus produits en écloserie qui ont été lâchés au stade de juvénile à Tongatapu. Malgré

Tableau 5. Comparaison de la densité moyenne des trocas et de celle de deux autres espèces à nacre, par type de comptage

	Densité (ind ha^{-1})	± erreur type	% des stations	% des transects ou des périodes de recherche
Trochus niloticus				
RBt	109	37,7	12/26 = 46	30/159 = 19
RFs	72,8	29,9	14/20 = 70	83/159 = 52
MOPs	16,2	11,8	2/5 = 40	6/36 = 17
MOPt	536,9	110,2	16/16 = 100	97/111 = 87
Tectus pyramis				
RBt	52,9	12,1	15/26 = 58	26/159 = 16
RFs	9,4	2,6	10/20 = 50	38/159 = 24
MOPs	15,2	11,7	2/5 = 40	6/36 = 17
MOPt	0	0	0/16 = 0	0/111 = 0
Pinctada margaritifera				
RBt	3,2	3,2	1/26 = 4	2/159 = 1
RFs	0,4	0,2	2/20 = 10	3/159 = 2
MOPs	4,5	4,5	1/5 = 20	3/36 = 17
MOPt	1,3	1,3	1/16 = 6	1/111 = 1

RBt = transect du benthos récifal; MOPt = comptage par transect de zones à nacres; RFs = recherche sur le front récifal

les observations des populations recapturées prévues 1, 12, 24 et 36 mois après leur lâcher (Kikutani et Yamakawa, 1999), on n'a disposé d'aucune donnée, ce qui porte à croire qu'aucune donnée n'a été recueillie. Il est donc impossible de déterminer si la population de trocas vivant dans le lagon de Tongatapu contient également des juvéniles produits en écloserie qui auraient grossi. L'ensemencement de juvéniles aux Tonga a cessé en 2000, lorsqu'il est devenu évident que le stock reproducteur transplanté était bien établi (Kenichi Kikutani, expert de l'Agence japonaise de coopération internationale, comm. pers., janvier 2008). On pense donc que le nouveau recrutement de trocas provient principalement du stock reproducteur établi à Tongatapu, (Niumeitolu et al., 1999; Fa'anunu et al., 2001). La réussite de l'ensemencement du juvéniles de trocas produits en écloserie est encore incertaine faute de données sur la survie des juvéniles lâchés dans le milieu naturel.

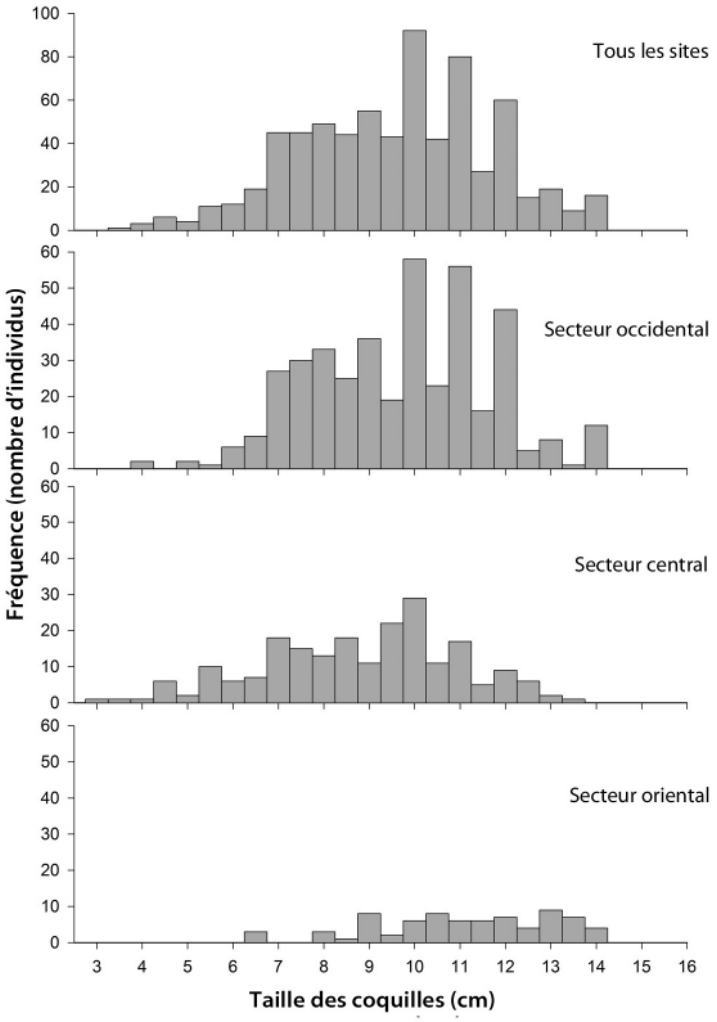


Figure 7.
Structure de la population de trocas dans le lagon de Tongatapu, tous sites combinés et par secteur.
Note: La fréquence en ordonnée est indiquée en nombre de trocas trouvés au cours de l'étude.

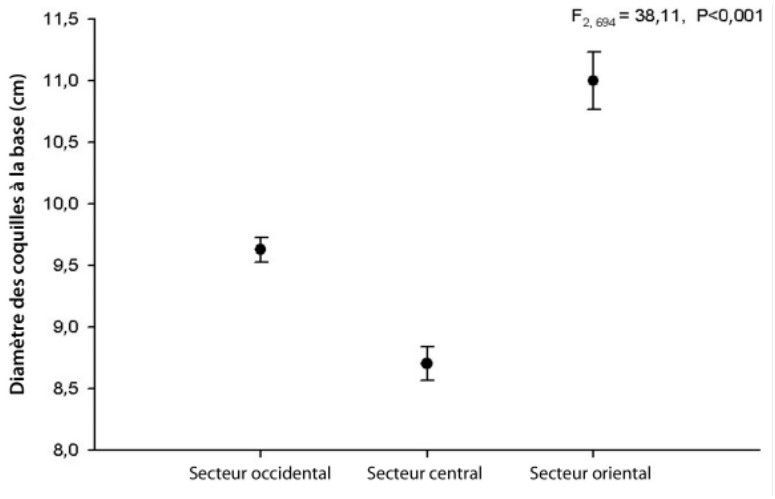
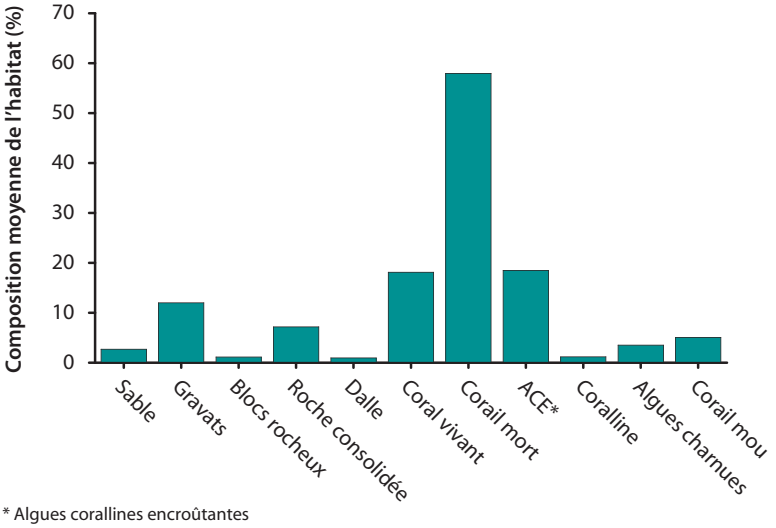


Figure 8. Diamètre moyen des coquilles de troca à la base (cm) dans les trois secteurs. Les trocas présentent des tailles moyennes très différentes selon le secteur où ils se trouvent (P> 0,001, n inégal test HSD)



* Algues corallines encroûtantes

Figure 9. Composition moyenne de l'habitat dans le lagon de Tongatapu

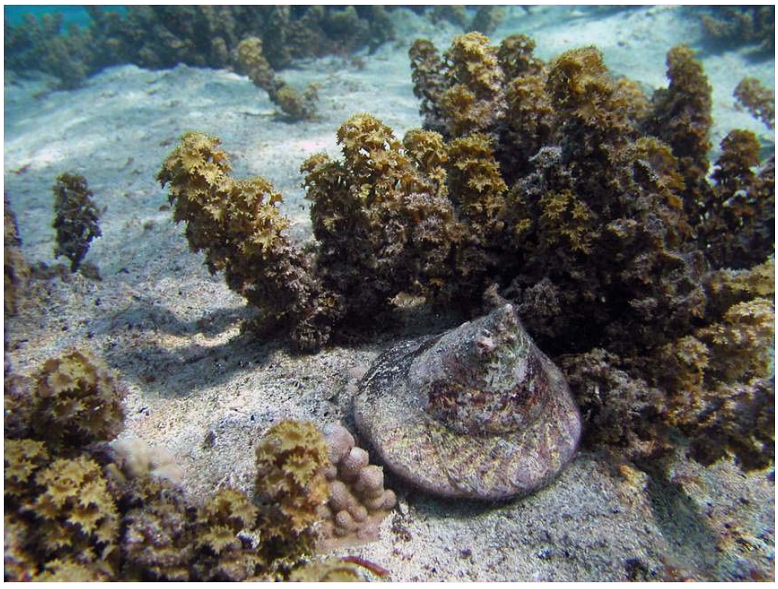


Figure 10. L'algue *Turbinaria ornata* est commune sur les récifs du lagon de Tongatapu. On note aussi la présence d'un spécimen adulte de *Trochus niloticus*.

Condition de l'habitat récifal

On a recueilli des données relatives à la condition de l'habitat récifal afin de comprendre les liens entre l'état des ressources et la condition de leur habitat, et procédé à une analyse de la condition moyenne de l'habitat, exprimée en pourcentages des éléments composant cet habitat, dont les résultats sont reproduits à la figure 9. Le substrat est principalement constitué de corail mort, à hauteur de 60% environ. La présence de corail mort couvert d'algues corallines calcifiées encroûtantes (CCA) est modérée (20%). Par conséquent, le corail mort, couvert ou non d'algues, compose près de 80% du substrat, ce qui indique qu'une grande part du récif du lagon de Tongatapu est mort. Les roches coralliennes mortes colonisées par des CCA constituent pour l'essentiel les « roches vivantes », l'un des principaux produits d'exportation des Tonga pour le commerce de l'aquariophilie. La plupart de ces roches vivantes provient du lagon de Tongatapu, surtout des récifs du secteur central, tels ceux d'Ulanga Uta et d'Ulanga Lalo jusqu'à ceux de Fafa et d'Onevai.

À certains endroits, comme les zones situées à l'arrière du récif faisant face à Haatafu et celles du lagon central principal depuis Fafa jusqu'à Onevai et Motutapu, des gravats couverts de tabulés *Acropora* prédominent au fond. Les fonds blocailleux ne plaisent pas aux trocas car ils ne recèlent pas de microhabitats ni de ressources alimentaires (on trouve peu de trocas dans ces habitats). De même, dans les environnements de roches consolidées, tels qu'on en trouve à Fafa, Ulanga Lalo et Ulanga Uta, malgré une bonne prolifération de CCA, la topographie peu propice et la faible complexité de l'habitat limitent la capacité de celui-ci d'abriter des populations de trocas en plus grand nombre.

La couverture de corail vivant était relativement peu étendue dans la plupart des stations, ne représentant que 20% du susbstrat. Une bonne couverture de corail vivant était présente le long des récifs frangeants lagonaires d'Atata. Un tapis épais d'algues charnues, de *Turbinaria ornata* principalement, a été signalé à Ulanga Lalo et à Ulanga Uta, ainsi que le long de la pente récifale peu profonde à Motutapu, Onevao, et Makahaa (Fig. 10). Des tapis denses

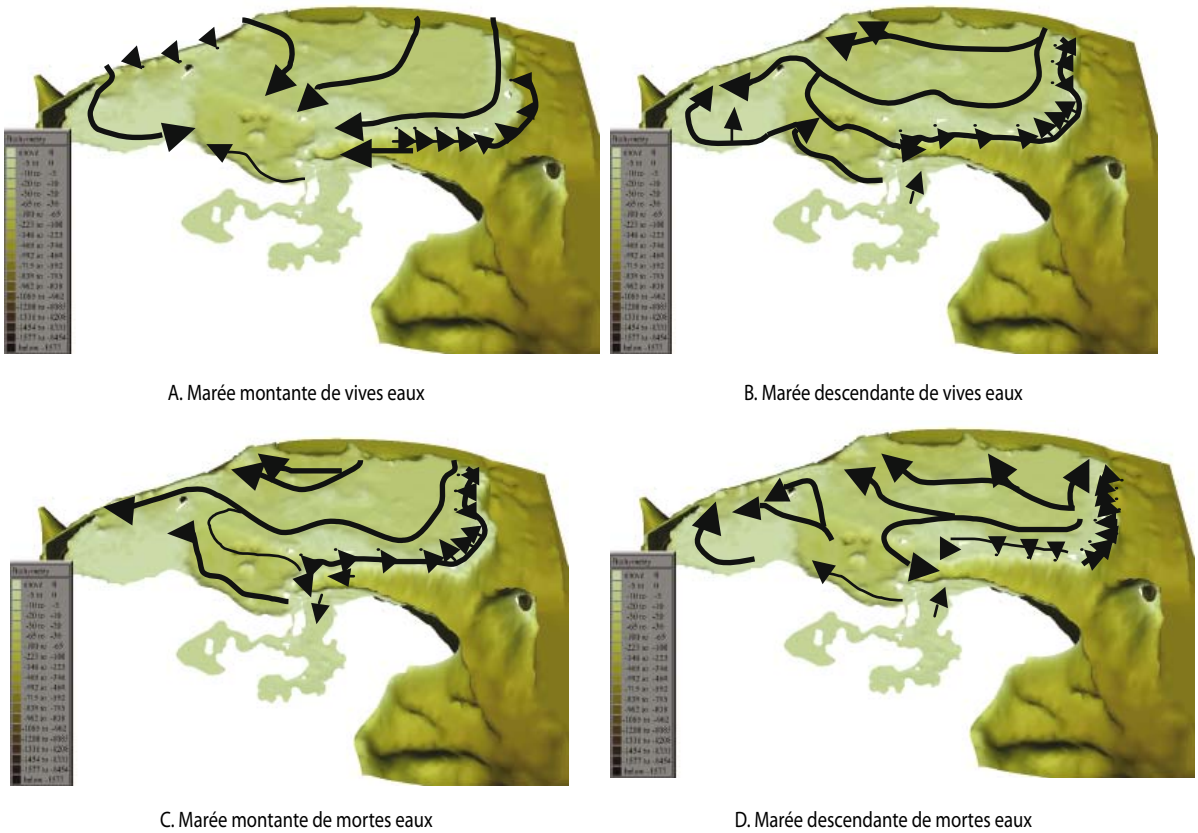
de macroalgues, tels que ceux observés dans ces zones, peuvent réduire sensiblement les surfaces de broutage des gastéropodes comme les trocas, et on s'est aperçu qu'ils gênent également l'implantation des larves des organismes benthiques (Heslinga, 1981). Durant cette étude, très peu de trocas ont été enregistrés sur les aires couvertes d'un tapis de *Turbinaria*, même si certains de ces sites avaient une topographie et une complexité favorables. Du corail mou est présent à certains endroits des pentes récifales centrales et orientales.

La population d'astéries « Couronne d'épines », *Acanthaster planci*, est relativement peu nombreuse (n = 16) et ne semble pas poser de problème majeur dans le lagon de Tongatapu. Toutefois, une petite concentration de spécimens, observée sur le récif intérieur occidental d'Atata, a tué une importante colonie de corail vivant et pourrait s'étendre ultérieurement à d'autres aires. Dans le passé, des concentrations de *A. planci* ont été signalées à Haatafu et à Pangaimotu par Zann et Muldoon (1993). La couverture de corail vivant sur ces sites est relativement modeste, ce qui laisse penser que la prédation de couronnes d'épines a pu avoir un impact autrefois.

La circulation de l'eau dans le lagon de Tongatapu

On a utilisé un modèle de la circulation de l'eau dans le lagon de Tongatapu, élaboré par la SOPAC (fig. 11) pour étudier les modes de flux dans le lagon. Les vents d'est dominent dans cette zone, avec une direction moyenne annuelle de 130°, pendant plus de 70% de l'année, et une vitesse moyenne de 4 m s^{-1}. La hauteur saisonnière des vagues est de 2,2 m de novembre à mars, et de 2,4 m de mai à septembre. La barrière de corail à l'est est exposée aux vagues de direction sud-est, qui frappent le récif à une hauteur de 1,0–1,5 m. Le modèle indique assez bien l'influence des marées et des courants, induite par l'action du vent et des vagues, dans le schéma des flux dans le lagon. Pendant les marées de vives eaux, c'est le courant de marée qui détermine largement la circulation de l'eau, alors que l'influence des courants induite par les vagues et les vents est faible. Au plus fort du flot, le lagon se remplit de tous côtés. Les flux entrants s'affaiblissent lorsqu'ils atteignent le centre du lagon (fig. 11). Les vagues se brisent sur le récif du côté sud-ouest du lagon et créent un courant vers l'ouest en direction du lagon central. À marée descendante, le courant de marée fait refluer l'eau à l'extérieur du lagon. À nouveau, ce flux vers l'ouest est renforcé par l'élan des vagues au-dessus du récif, sur les bords sud-est et est de la bordure de l'atoll, car le courant provoqué par les vagues est le plus fort à cet endroit. À l'intérieur du lagon, le courant porte à l'ouest et met en évidence l'effet du vent sur ce mode de circulation de l'eau. Pendant la période de mortes eaux, le courant de marée s'affaiblit et les vents d'ouest prédominent.

Le débit (calculé par le modèle) met en évidence le mouvement dominant vers l'ouest à travers le lagon. De



A. Marée montante de vives eaux

B. Marée descendante de vives eaux

C. Marée montante de mortes eaux

D. Marée descendante de mortes eaux

Figure 11. Schémas de circulation de l'eau dans le lagon de Tongatapu (clair = eau peu profonde; foncé = eau profonde)

fait, plus de 95% du flux sur le récif occidental se dirigent vers la mer, et près de 90% du flux observé sur le récif oriental se dirigent vers le lagon. Le temps pendant lequel la haute mer reste dans le bassin adjacent à Nukualofa est relativement long tandis que la vitesse du courant se ralentit (0,07–0,03 m s^{-1}). La vitesse moyenne du flux dans le lagon avoisine 0,06 m s^{-1}. Une zone de faible courant s'établit sur le récif du milieu, les îlots récifaux et le récif frangeant lagonaire (d'Atata à Sopu). Des études plus anciennes, faites au moyen d'une modélisation à petite échelle (Black et al., 1995), ont montré que le maintien local de larves autour des récifs ou à l'intérieur de groupes récifaux est fortement tributaire de la force du courant (plus le courant est fort, moins les larves peuvent se fixer). Dans des courants faibles, les larves peuvent s'établir en grand nombre, tant sur un récif particulier qu'à l'échelle d'une région tout entière. Sous de faibles latitudes, le troca fraie tout au long de l'année, mais à des latitudes plus élevées il ne fraie que pendant les mois les plus chauds (Nash, 1985). D'après ce modèle, les concentrations de trocas dans la région centrale où les courants sont faibles signalent la zone « puits » pour le recrutement venant de la région orientale, zone « source ».

Conclusion

La ressource de *Trochus niloticus* aux Tonga est nouvelle et constitue une autre réussite récente de l'introduction de cette espèce. Le troca n'a pas une distribution uniforme dans le lagon, certains récifs en étant encore dépourvus. Il faut intervenir pour en améliorer la répartition et développer cette ressource en procédant à des transplantations d'individus sur Tongatapu et d'autres îles. Il y a lieu d'empêcher ou de rendre illégale toute forme de pêche de cette espèce, et d'édicter et faire respecter une réglementation de la récolte afin d'en assurer une protection maximale.

La zone choisie, abritant une population nouvellement établie alors que naturellement cette espèce y était absente, s'est prêtée à merveille à une étude de cas permettant de comprendre les modes de recrutement du troca. Les résultats du modèle de circulation de l'eau ont montré que la dynamique des flux est l'élément qui influe le plus sur les modes de répartition du troca dans le lagon de Tongatapu. Lâcher des trocas adultes reproducteurs sur le récif de l'île a donc été une bonne décision, qui a démontré que même en l'absence d'informations scientifiques d'excellente qualité sur la dynamique de l'eau, il est possible de choisir judicieusement des sites de lâcher sur la base d'observations et des savoirs locaux sur les vents et les courants. Cet article prouve que pour procéder à de futurs lâchers de troca il faudra tenir compte de la dynamique des flux et des vents.

On ne peut apprécier pleinement la réussite du programme de lâcher de juvéniles faute d'informations sur le taux de survie des trochas relâchés dans le milieu naturel. Bien qu'il ait été prévu de recueillir des données, il semble que personne ne se soit livré à cet exercice. On peut le comprendre si l'on se rappelle que le projet était principalement axé sur la mariculture et le réensemencement, et non sur le réensemencement seulement. Nous en concluons donc que, une fois encore, le programme d'ensemencement aux Tonga n'est pas parvenu à produire des résultats concrets permettant de déterminer l'utilité de cette méthode pour l'établissement d'une population de trocas reproducteurs. Ces conclusions s'ajoutent aux résultats similaires d'études sur le réensemencement conduites dans la Région Asie-Pacifique (Purcell et al., 2003; Hoang et al., 2007; Lee, 2000).

Gestion et recommandations

- La ressource de trocas aux Tonga est constituée d'une population jeune, pouvant s'étendre à d'autres récifs du lagon et aux récifs de l'île principale. Pour exploiter cette ressource, il faut lui donner le temps de parvenir à maturité. Son introduction ne remonte qu'à 12 ans. Il est recommandé d'attendre au moins 20 ans avant d'évaluer à nouveau son potentiel halieutique.

- Jusqu'à présent, aucune réintroduction n'a été effectuée localement. La ou les premières récoltes ne devraient servir qu'à des fins de réintroduction destinée à étendre la ressource à d'autres îles et récifs des Tonga. Plus la ressource sera abondante, plus sa pêche sera fructueuse.

- Les autorités devraient envisager de déplacer les reproducteurs de certaines des concentrations situées dans le secteur occidental (récif d'Atata) pour les implanter dans des zones où le recrutement n'a pas eu lieu, ou a été lent. Certaines de ces zones se trouvent à l'extérieur et à l'intérieur des récifs lagonaires constituant la barrière de corail orientale (de Fukave à Tau), le flux dominant vers l'ouest empêchant les larves issues du stock de Fukave de se disperser vers le nord. Les autres sites se prêtant à une transplantation destinée à accroître la capacité de recrutement sont le récif de Malinoa, la barrière de corail occidentale, l'intérieur des récifs de Haatafu et l'extrémité sud-est de Kolonga.

- Pour l'heure, aucune forme de pêche ou de vente de trocas ne favoriserait l'extension de cette espèce mais, au contraire, empêcherait le développement de son stock. Il importe d'éduquer les populations locales et d'inciter leurs membres à contribuer à la protection du troca, en les dissuadant en même temps de le ramasser pour le vendre.

- Il est urgent de sensibiliser le public et de l'éduquer, d'informer les pêcheurs sur la nécessité de préserver les populations de trocas. Cela peut se faire au moyen d'affiches, d'articles dans la presse, de flashs d'information à la radio et à la télévision, d'avertissements écrits sur des panneaux d'affichage placés au bord des principales plages.

- Il ne faut pas faire commerce de coquilles de troca comme souvenirs — même de coquilles vides — car cela inciterait les pêcheurs à penser que la saison de récolte est officiellement ouverte.

- Il est nécessaire d'établir des règlements en matière de gestion qui interdisent le ramassage de trocas pour leur chair ou leur vente, si l'on veut protéger au maximum la ressource. Considérer comme une priorité cette réglementation et les mesures destinées à en

assurer l'application. Considérer comme une priorité la fixation légale des tailles minimales et maximales des espèces prélevées avant l'ouverture de la pêche.

- Il y a lieu d'évaluer la population de trocas à Euaiki, Eua, Haapai et Vavau, afin d'établir des données de référence. Le personnel du Département des pêches des Tonga a reçu une formation sur les protocoles normalisés d'évaluation des invertébrés, utilisés par la CPS (PROCFish) dans cette étude. Il importe d'utiliser ces mêmes techniques d'évaluation dans toutes les autres zones pour obtenir des résultats comparables. II serait utile de prévenir à l'avance la CPS des projets d'études envisagés de façon que celle-ci puisse offrir ses conseils (si nécessaire) et aider de la sorte le personnel local au stade de la planification.

- Le manque de données sur les activités de réensemencement conduites aux Tonga de 1998 à 2003 a empêché de tirer toute conclusion à propos du programme de repeuplement en juvéniles. Une meilleure organisation du recueil et de l'enregistrement de données sur les activités de réensemencement faciliterait l'évaluation ultérieure du bien-fondé de ces programmes. On ne possède aucun résultat sur le réensemencement de trocas produits en écloserie qui permettrait de savoir si cette méthode sert ou non l'établissement d'un stock reproducteur de trocas.

- Des trocas étaient présents aux alentours du récif d'Ulanga Lalo (un des principaux sites de réensemencement), mais aucun n'a été signalé sur le platier du récif du milieu. Ulanga Lalo est l'un des principaux sites de prélèvement de roches vivantes fréquentés par les exportateurs pour le commerce de l'aquariophilie. Il serait utile de juger des incidences du prélèvement de ces roches sur l'établissement des juvéniles de trocas. Peut-être cette activité a-t-elle eu des conséquences sur le recrutement des trocas sur le platier récifal.

Remerciements

Nous remercions pour leur soutien en général le personnel du Ministère des pêches des Tonga, en particulier, M. Sione Matoto, Secrétaire d'Etat aux pêches; Tala'ofa Loto'ahea, Sione Mailau, Martin Finau et Kite Fanua, pour leur assistance dans notre travail d'enquête, et M. Masanori Kawaguchi, directeur de l'entreprise *Tangle Nano Seaweed*, pour nous avoir prêté ses bouteilles de plongée. Une communication personnelle a également été rédigée avec l'ancien expert de longue date de l'Agence japonaise de coopération internationale, M. Kenichi Kikutani, qui était en poste à Vanuatu.

Nous remercions le personnel du Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS) qui nous a aidés à rédiger ce rapport, ainsi que Lindsay Chapman et Emmanuel Tardy qui nous ont fourni la carte de répartition de la densité. Un grand merci également aux correcteurs de la CPS qui ont revu notre manuscrit. Enfin, tous nos remerciements à M. Serge Andrefouet et à son équipe pour les cartes qui ont été reproduites dans ce rapport et qui sont fondées sur le travail du Projet de la NASA *Millennium Coral Reef Mapping* (http://imars.marine.usf.edu/corals/index.html)

Nous remercions aussi Mme Mary Power de la Commission océanienne de recherches géoscientifiques appliquées et tous les autres scientifiques qui ont contribué à l'élaboration du modèle de circulation de l'eau du lagon de Tongatapu.

Cette étude s'inscrit dans le Programme régional océanien de développement des pêches hauturières et côtières (PROCFish/C), financé par la Commission européenne et mis en œuvre par le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS).

Bibliographie

Barstow S.F. and Haug O. 1994. The wave climate of the Kingdom of Tonga. South Pacific Applied Geoscience Commission Technical Report 201. www.sopac.org/data/virlib/TR/TR0237.pdf

Black K.P., Moran D., Burrage G. and De'ath G. 1995. Association of low-frequency currents and crown-of-thorns starfish outbreak. Marine Ecology Progress Series 125:185–194.

Bour W. 1990. The fishery resources of Pacific Island countries. Part 3: Trochus. Food and Agriculture Organization Fisheries Technical Paper 272.3. 89 p.

Cheneson R. 1997. Status of the trochus resource in French Polynesia. Paper presented at the workshop on trochus resource management and development. Integrated Coastal Fisheries Management Project. Secretariat of the Pacific Community. 35 p.

Fa'anunu U., Niumeitolu S., Mateaki M. and Kikutani K. 2000. Present condition of Sopu Mariculture Center. Ministry of Fisheries Tonga (unpublished).

Fa'anunu U., Niumeitolu S., Mateaki M. et Kikutani K. 2001. Transplantation de burgaus (*Turbo marmoratus*) et de trocas (*Trochus niloticus*) à Tongatapu (Tonga): bilan des recensements récents. Le Troca, Bulletin d'information de la CPS 7:20–24.

Garmin Corporation. 2002. GARMIN Ltd. USA.

Gillett R. 2003. Transplantation de trocas dans les îles du Pacifique : 1927-1998. Le Troca, Bulletin d'information de la CPS 9:9–13.

Heslinga G.A. 1981. Larval development, settlement and metamorphosis of the tropical gastropod *Trochus niloticus*. Malacologia 20:349–357.

Hoang D. H., Tuan V. S., Hoa N.X., Sang H.M., Lu H.D. et Tuyen H.T. 2007. Expériences de reconstitution des stocks à partir de juvéniles de *Trochus niloticus* élevés en écloserie au Viet Nam. Le Troca, Bulletin d'information de la CPS 13:13–18.

Kikutani K., Rena S. and Jimmy R. 2006. Yearly hatchery working plan of fisheries Department, Vanuatu. Year 1st. Fisheries Department, Vanuatu (unpublished).

Kitutani K and Yamakawa H. 1999. Marine snail seed production towards restocking enhancement basic manual. Field Document No. 14. Tonga Aquaculture Research & Development Project. Japan International Cooperation Agency, Nuku'alofa, Tonga. (unpublished)

Lee C.L. 2000. Le projet de recherche de l'ACIAR sur le réensemencement des récifs en trocas en Australie septentrionale, en Indonésie orientale et dans le Pacifique est prolongé de deux ans. Le Troca, Bulletin d'information de la CPS 6:16–17.

Lovell E.R. and Palaki A. 2003. National coral reef status report Tonga p. 303-329. In: Kulbicki, M. Les récifs coralliens du Pacifque : état et suivi, ressources et gestion. Noumea, New Caledonia: IRD; ICRI.

Manu N., Sone S. et Udugawa K. 1994. Introduction de *Trochus niloticus* au Royaume des Tonga. Le Troca, Bulletin d'information de la CPS 3:14–16.

McGowan J. 1958. The trochus fishery of the Trust Territory of the Pacific Islands — A report and recommendations to the High Commissioner. US Trust Territory of the Pacific Islands, Saipan. 46 p.

Ministry of Fisheries Tonga. 2004. Annual Ministry of Fisheries 2003 report. Nukualofa, Tonga. Ministry of Fisheries, Government of Tonga. p. 5–11.

Moran P.J., De'ath G., Baker V.J., Bass D.K., Christie C.A., Miller I.R., Miller-Smith B.A. and Thompson A.A. 1992. Patterns of outbreaks of crown-of-thorns starfish (*Acanthaster planci* L.) along the Great Barrier Reef since 1966. Australian Journal of Marine and Freshwater Research 43:555–568.

Nash W.J. 1985. Aspects of the biology of *Trochus niloticus* and its fishery in the Great Barrier Reef Region. A report submitted to Fisheries Research Branch, Queensland Department of Primary Industries, and the Great Barrier Reef Marine Park Authority. 210 p.

Niumeitolu S., Mateaki M. and Kikutani K. 1999. Report on the seed releasing and restocking survey of trochus and green snail. In: Technical report of the JICA short term expert. 11 p.

Purcell S.W., Amos M.J. and Pakoa K. 2003. Release of cultured sub-adult *Trochus niloticus* generate broodstock for fishery replenishment in Vanuatu. Fisheries Research 67:329–333.

Sims N.A. 1988. Trochus resources profile report for Cook Islands. Rarotonga, Cook Islands Ministry of Marine Resources. 12 p.

Wilson M.A. 1995. Fisheries resources profile — Tuvalu. FFA Report 95/30. Prepared at the Faculty of Fisheries and Marine Environment, Australian Maritime College, Tasmania.

Zann L. and Muldoon J. 1993. Management of marine resources in the Kingdom of Tonga. Unpublished. Technical Annex to: Tonga National Tourism Plan. Canberra: Nicholas Clark and Associates. p.15–33.

Le SIRMIP est un projet entrepris conjointement par 5 organisations internationales qui s'occupent de la mise en valeur des ressources halieutiques et marines en Océanie. Sa mise en oeuvre est assurée par le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS), l'Agence des pêches du Forum (FFA), l'Université du Pacifique Sud, la Commission océanienne de recherches géoscientifiques appliquées (SOPAC) et le Programme régional océanien de l'environnement (PROE). Ce bulletin est produit par la CPS dans le cadre de ses engagements envers le SIRMIP. Ce projet vise à mettre l'information sur les ressources marines à la portée des utilisateurs de la région, afin d'aider à rationaliser la mise en valeur et la gestion. Parmi les activités entreprises dans le cadre du SIRMIP, citons la collecte, le catalogage et l'archivage des documemts techniques, spécialement des documents à usage interne non publiés ; l'évaluation, la remise en forme et la diffusion d'information, la réalisation de recherches documentaires, un service de questions-réponses et de soutien bibliographique, et l'aide à l'élaboration de fonds documentaires et de bases de données sur les ressources marines nationales.

SIRMIP

Système d'information sur les ressources marines des îles du Pacifique