

# Hétérogénéité spatiale du système pêche et structuration d'un système d'information pour gérer la ressource

L'exemple du Vanuatu, archipel océanien

**Espérance Cillaurren**  
Biologiste des pêches

**Gilbert David**  
Géographe

## Introduction

Les poissons démersaux profonds des archipels insulaires des Caraïbes, de l'Océanie et dans une moindre mesure de l'océan Indien font l'objet depuis la fin des années 1970 d'une exploitation artisanale à vocation commerciale. Les espèces cibles, qui appartiennent principalement aux familles des *Lutjanidae* et des *Serranidae*, sont appréciées des consommateurs en raison de leur aspect général, de leur goût, et de leur absence d'ichtyosarchotoxisme<sup>1</sup>. Du fait de la croissance démographique et du développement du tourisme dans les îles, les

---

<sup>1</sup> Communément appelé ciguatera, l'ichtyosarchotoxisme est provoqué par une vingtaine de ciguatoxines, élaborées par une algue .../...

marchés locaux devraient encore s'accroître<sup>2</sup>, et comme la demande augmente sur les marchés internationaux, notamment au Japon et aux États-Unis, l'exploitation de ces espèces profondes devrait logiquement s'étoffer et s'intensifier dans le futur.

Peu migratrice, cette ressource semble *a priori* facile d'accès. Elle est toutefois peu grégaire et fortement dispersée sur des pentes rocheuses parfois très accores (Parrish, 1987; Moffit, 1993). Sa capture, réalisée à l'aide de palangrotes, de palangres et de casiers profonds est donc difficile et coûteuse et reste fortement tributaire de l'expérience des pêcheurs. La structure géologique des archipels, qui induit la fragmentation géographique des zones de pêches et des terres émergées en de nombreux îlots et îles entre lesquels les réseaux de transport sont peu ou mal développés, constitue une autre contrainte, très puissante, à l'expansion et à l'intensification de la pêche démersale de profondeur. Le Pacifique insulaire, où depuis le début des années 1980 la Communauté du Pacifique (CP, anciennement Commission du Pacifique Sud ou CPS) tente de promouvoir auprès des pays de la région l'essor de cette pêcherie, offre un bon exemple de cette situation. Parmi les pays océaniques, le Vanuatu est un de ceux qui se sont le plus investis dans le développement de la pêche artisanale de poissons de profondeur (fig. 1).

---

.../... unicellulaire benthique, la *Gambierdiscus toxicus*, épiphyte d'algues macrophytes peuplant les récifs coralliens, notamment les formes ramifiées ou touffues (Taylor, 1985). L'ingestion de *G. toxicus* par les poissons brouteurs de corail entraîne un empoisonnement de leur chair et de leurs organes qui se transmet à leurs prédateurs. Par bioaccumulation dans la chaîne alimentaire, les toxines initialement produites par la microalgue vont se concentrer pour atteindre chez certaines espèces de poissons, notamment leurs représentants les plus âgés, des taux susceptibles d'intoxiquer les consommateurs humains. Les ciguatoxines agissent principalement sur le système nerveux en modifiant la perméabilité cellulaire aux ions sodium, ce qui entraîne une dépolarisation de la fibre nerveuse qui se traduit par des symptômes digestifs, neurologiques, cardio-vasculaires et un état général de grande faiblesse. Dans les cas extrêmes, heureusement rares, l'ichtyosarcotoxisme provoque des paralysies, le coma et parfois la mort (Laurent *et al.*, 1993).

<sup>2</sup> D'autant que la consommation de ces espèces est encore très faible dans l'océan Indien où le développement halieutique s'est plutôt focalisé sur les espèces pélagiques, via la pose de dispositifs de concentration de poissons (Rey, 1998).

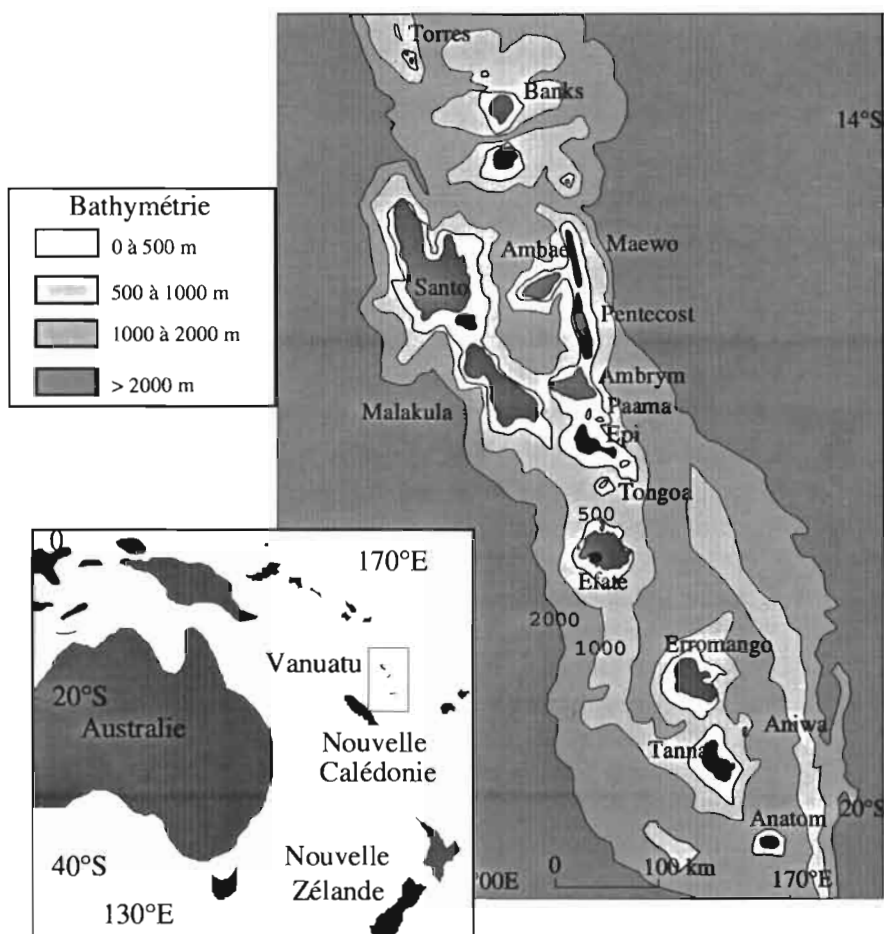


Figure 1  
L'archipel du Vanuatu : contexte bathymétrique.

Lancé en 1982, le « Village Fishing Development Project » devait être une véritable « révolution bleue » permettant de développer l'économie marchande dans les îles et d'accroître la sécurité alimentaire, de freiner l'exode rural, de limiter les importations de viande et de poisson en conserve afin de réduire le déficit de la balance commerciale (David et Cillauren, 1992). Au total plus de 200 groupements de pêcheurs artisans ont été créés de 1982 à 1990, chacun disposant d'une

embarcation, soit une barque d'une longueur de 5 m, soit plus rarement d'un catamaran de 8,6 m de long, équipée de deux moteurs hors-bord, l'un de 25 CV, l'autre de 5 CV destiné à servir en cas de panne. Ce programme de développement de la pêche artisanale s'est mis en place dans un contexte marqué par une très mauvaise connaissance des ressources démersales profondes du Vanuatu, les seules informations disponibles résultant de 144 pêches exploratoires effectuées en 1978, 1980 et 1981 par la Commission du Pacifique Sud (Dalzell et Preston, 1992). C'est la raison pour laquelle le Gouvernement du Vanuatu a demandé à l'IRD de suivre cette pêcherie afin de déceler tout signe de surexploitation et de définir une prise maximale soutenue (PMS), ce paramètre étant alors considéré par tous les services des pêches de la région comme la clef d'une bonne gestion halieutique.

En 1983 et 1984, un inventaire des ressources exploitables et une première estimation de la prise maximale soutenue ont été réalisés (Brouard et Granperrin, 1984). Dès 1982, un réseau de collecte des données était également mis en place afin de suivre les activités de pêche et les débarquements. Au total, 119 des quelques 200 groupements de pêcheurs artisans créés ont été régulièrement suivis durant dix ans (Cillaurren et David, 1995). Il est vite apparu que l'hétérogénéité spatiale liée au contexte archipélagique constituait un paramètre essentiel du système pêche qui devait être prise en compte dans l'élaboration des systèmes de collecte et d'analyse des données.

## **I** L'hétérogénéité spatiale comme contrainte majeure pour la collecte des données

D'une manière générale, l'hétérogénéité d'un espace se définit comme l'absence d'homogénéité (Brunet *et al.*, 1992), notion qui selon Pumain et Saint-Julien (1997, p. 123) implique « l'idée de voisinage et celle de continuité : une aire homogène est une zone continue, perçue comme un tout, composée de parties non séparées ». Ces unités spatiales élémentaires doivent en outre répondre à deux condi-

tions : d'une part être de même nature, ce qui entraîne des similitudes de structure, de fonction et de répartition, d'autre part... « se ressembler plus entre elles qu'elles ne ressemblent à des unités appartenant à d'autres aires », sachant que « les références à la ressemblance et à l'homogénéité sont indissociables de l'échelon géographique d'observation » (Pumain et Saint-Julien, 1997, p. 124). Ainsi tout archipel se composant d'îles séparées par une étendue marine est par définition un espace discontinu, donc hétérogène. Empêchant ou ralentissant les échanges interinsulaire, la mer constitue un obstacle, un des cinq types de discontinuités spatiales identifiées par Gay (1995). Toute île haute est également un espace hétérogène, marquée d'une part par des discontinuités d'ordres topographique, morphologique, climatique et démographique entre le littoral, où se concentrent l'habitat et les activités économiques, et l'intérieur des terres, zone souvent escarpée, difficile d'accès, et d'autre part par une discontinuité climatique et édaphique entre une façade au vent, bien arrosée et un versant sous le vent, beaucoup plus sec (Cabaussel, 1984). Archipel composé d'une trentaine d'îles hautes d'une superficie égale ou supérieure à 1 km<sup>2</sup> (tableau 1), le Vanuatu présente donc une grande hétérogénéité spatiale. En matière de pêche, cette dernière se traduit de deux manières.

À terre, compte tenu de la petite taille de nombreuses îles, de leur relief et des finances réduites de l'État, qui sont une conséquence indirecte de l'insularité (David, 1997, 1998), le réseau routier est encore embryonnaire et se cantonne au littoral ; les routes transversales sont rares et les villages de l'intérieur ne sont accessibles que par des sentiers. Au total, si environ la moitié des villages du centre du pays sont traversés par une route carrossable ou se situent à proximité, plus de 65 % des villages du sud et du nord ne sont desservis que par des chemins piétonniers. Ce mauvais état des voies de communication a deux conséquences. D'une part, il n'incite guère la population à se regrouper : en 1979 près de deux tiers des villages du pays abritaient toujours moins de 50 personnes (anonyme, 1983). D'autre part, il rend inutile à l'échelle d'une île toute concentration des débarquements de la pêche artisanale en un ou deux ports, ceux-ci ne pouvant être reliés qu'à un nombre très réduit de foyers de consommation pour une vente ambulante de poissons frais ou réfrigérés. L'activité halieutique se pratique donc de manière diffuse tout au long du littoral et chaque territoire villageois

	Forme	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Indice côtier	Nombre
Îlots		< 5	> 2	3
Îles minuscules	Massive	5 - 20	0,6 - 1,6	4
	Découpée ou étirée	5 - 20	> 1,6	4
Très petites îles	Massive	20 - 40	0,6 - 1	3
	Découpée ou étirée	20 - 40	> 1	4
Petites îles	Massive	40 - 60	0,6 - 1	1
	Découpée ou étirée	40 - 60	> 0,8	2
Îles de taille moyenne	Massive	150 - 250	< 0,5	2
	Massive	250 - 500	< 0,3	1
Îles de moyenne à grande taille	Découpée ou étirée	250 - 500	> 0,3	4
	Massive	500 - 1 000	< 0,25	2
Îles de grande taille	Découpée ou étirée	500 - 1 000	> 0,25	2
	Découpée ou étirée	1 000 à 5 000	> 0,1	2
Petites terres insulaires	Découpée ou étirée	1 000 à 5 000	> 0,1	2
Total				34

I Tableau 1

Typologie des îles du Vanuatu  
selon leur superficie et leur indice côtier.

abrite un ou plusieurs sites d'atterrage de pirogues : l'embarcation traditionnelle, qui en 1983 représentait encore plus des deux tiers de la flotte de pêche artisanale (David, 1999).

En mer, le caractère démersal de la ressource halieutique exploitée par la pêche artisanale induit également une grande hétérogénéité spatiale qui se décline selon deux discontinuités majeures. La première porte sur l'habitat des onze principales espèces cibles (essentiellement des genres *Etelis* et *Pristipomoides*), étroitement inféodé à la bathymétrie (Cillaurren *et al.*, 1998; Cillaurren et Simier, 1999). L'isobathe - 500 m marque la profondeur limite à laquelle ces espèces sont capturées et dessine un espace halieutique composé de huit ensembles distincts; seuls deux d'entre eux, les plus vastes, associent plusieurs îles (fig. 1). Les déplacements de la ressource entre ces huit zones sont très rares et, d'une manière générale, les décroissances de taille induite par la pêche observée dans une d'entre elles ne se répercutent pas aux autres; chacune de ces zones peut donc être considérée comme un isolat et les espèces exploitées qui le peuplent un stock unité. La seconde discontinuité résulte du rayon d'action réduit

(12 milles marins) des embarcations promues par le programme de développement de la pêche artisanale et du nombre réduit de villages qui ont bénéficié de ce programme (200 villages en 10 ans). Tout l'espace occupé par la ressource ne fait donc pas l'objet d'une exploitation halieutique : les zones éloignées de plus de 22 km d'un village où est implanté un groupement de pêche sont peu ou pas prospectées ; en revanche quelques rares zones, notamment à proximité de Port-Vila et de Luganville, les deux centres urbains du pays, sont régulièrement visitées par plusieurs groupements (tableau 2).

Échelle	Milieu terrestre	Conséquences sur le réseau de transport et sur la pêche	Milieu marin sur la pêche	Conséquences
Archipel	Mer : discontinuité spatiale entre les îles.	a) Économie dépend transports air et mer. b) Rupture de charge renchérit les coûts interinsulaires.	Profondeurs au-delà des 500 m : discontinuité entre des ensembles bathymétriques homogènes.	a) Stock unité de faible taille dans chaque ensemble bathymétrique. b) Sensibilité de la ressource à l'exploitation intensive.
Île	Double discontinuité a) Littoral intérieur des terres. b) Façade au vent, façade sous le vent	a) Routes se limitent au littoral, intérieur accessible à pied ; Vente ambulante de la pêche fraîche ou réfrigérée impossible à l'intérieur. b) Conditions de travail à la mer plus favorables sous le vent des îles.	Rayon d'action des embarcations et localisation des groupements de pêche : discontinuité entre l'espace halieutique et les zones d'abondance de la ressource non exploitée.	a) Surexploitation localisée aux zones exploitées par plusieurs groupements. b) Potentiel de développement halieutique dans les zones non pêchées à l'aide d'embarcations plus performantes.

Tableau 2  
Caractérisation de l'hétérogénéité spatiale du Vanuatu selon 2 échelles.

## Le système de collecte des données

### *La spatialisation de la donnée collectée*

Deux unités spatiales de collecte des données ont été retenues :

- la zone de pêche pour les données halieutiques ;

- le territoire villageois, que par simplification nous appellerons « village », pour les données socio-économiques. Ce village est à la fois le siège des groupements de pêche artisanale<sup>3</sup> et des lieux de débarquement de la pêche fraîche, l'archipel du Vanuatu n'abritant aucune criée, ni port de pêche d'importance. Cette production est ensuite vendue localement ou acheminée par route vers les aéroports puis par voie aérienne vers les marchés au poisson de Port-Vila et de Luganville.

Afin de faciliter la collecte de la donnée, il a été décidé de scinder l'archipel en 120 zones de pêche et d'en réaliser une cartographie pour chaque île. Ces cartes, remises aux pêcheurs, représentent non seulement un moyen d'orientation mais aussi une procédure de spatialisation de l'information collectée, les résultats de chaque sortie étant affectés à une zone. L'espace de pêche est circonscrit par les isobathes 100 et 500 m, qui marquent les limites de l'habitat de onze espèces commerciales les plus pêchées. C'est dans cet espace que les zones de pêche ont été découpées perpendiculairement au rivage. Leur taille (qui détermine leur nombre) résulte de la combinaison de paramètres physiques : la bathymétrie et la morphologie, l'objectif étant d'avoir la zone la plus homogène possible<sup>4</sup>, et de paramètres humains : d'une part l'absence ou la présence de village, d'autre part le rayon d'action des pêcheurs qui est fortement corrélé à la longueur du trait de côte de part et d'autres des points de débarquement. Ainsi, une zone ne possédant qu'un village est moins longue qu'une zone regroupant trois villages, elle-même plus petite qu'une zone située à l'écart de tout espace habité.

---

<sup>3</sup> Compte tenu de leur taille réduite, aucun village n'abrite plus d'un groupement de pêche.

<sup>4</sup> La morphologie des zones de pêche a été décrite par l'association de deux paramètres simples : la pente moyenne, mesurée par l'écartement des isobathes, on distingue ainsi des zones accores, peu accores et de pente douce, et la digitation des isobathes qui permet de distinguer les zones de falaises sous-marines « quasi » rectilignes de zones très indentées et des zones de pente douce. Cette digitation a été estimée par le rapport entre la longueur de l'isobathe 500 et la largeur de la zone, correspondant à la distance entre les isobathes 100 et 500.



Ces choix expliquent que les superficies des zones de pêche peuvent varier d'un facteur 2 à 3 suivant leur longueur mais aussi leur largeur, qui décroît quand la déclivité de la pente augmente. Toutefois, la taille des zones est toujours suffisante pour que, les sorties étant journalières, les pêcheurs ne fréquentent qu'une zone et une seule à chaque sortie.

### *L'intégration des pêcheurs comme informateurs*

La méthode « classique » d'étude de l'activité halieutique employée par l'IRD en Afrique de l'Ouest ou en Indonésie consiste soit à réaliser un suivi exhaustif des débarquements, soit à enquêter un échantillon jugé représentatif de l'ensemble de la population de pêcheurs. Les deux procédures sont parfaitement envisageables lorsque les sites de débarquement se succèdent sur un littoral aisément accessible par voie terrestre (fig. 2). L'espace de l'enquête halieutique se résume alors à un réseau unique de trajets linéaires effectués par un même vecteur de transport : généralement la voiture. En revanche, dans le cas d'un archipel comme le Vanuatu, les enquêteurs sont confrontés à une forte hétérogénéité spatiale qui se caractérise par l'extrême dispersion géographique des points de débarquement et par une connexité imparfaite du réseau de transport qui les relie<sup>5</sup>. L'espace de l'enquête halieutique se structure alors selon plusieurs réseaux de trajets, mettant en œuvre jusqu'à quatre modes de transports : aérien, routier, maritime, pédestre. Chaque changement de véhicule, et *a fortiori* de mode de transport, accroît considérablement le coût et le temps des déplacements.

Selon les années, le suivi exhaustif des débarquements aurait exigé de mobiliser en permanence 30 à 50 enquêteurs, ce qui représente une dépense annuelle de 720 000 FF, à raison d'un salaire mensuel équivalent à 1 200 FF par enquêteur local, somme dix fois supérieures au budget de fonctionnement dont disposait l'IRD pour la recherche halieutique au Vanuatu.

---

<sup>5</sup> « La connexité d'un réseau indique s'il est possible à partir de n'importe quel nœud de rejoindre les autres nœuds » (Plassard, 1992, p. 537).

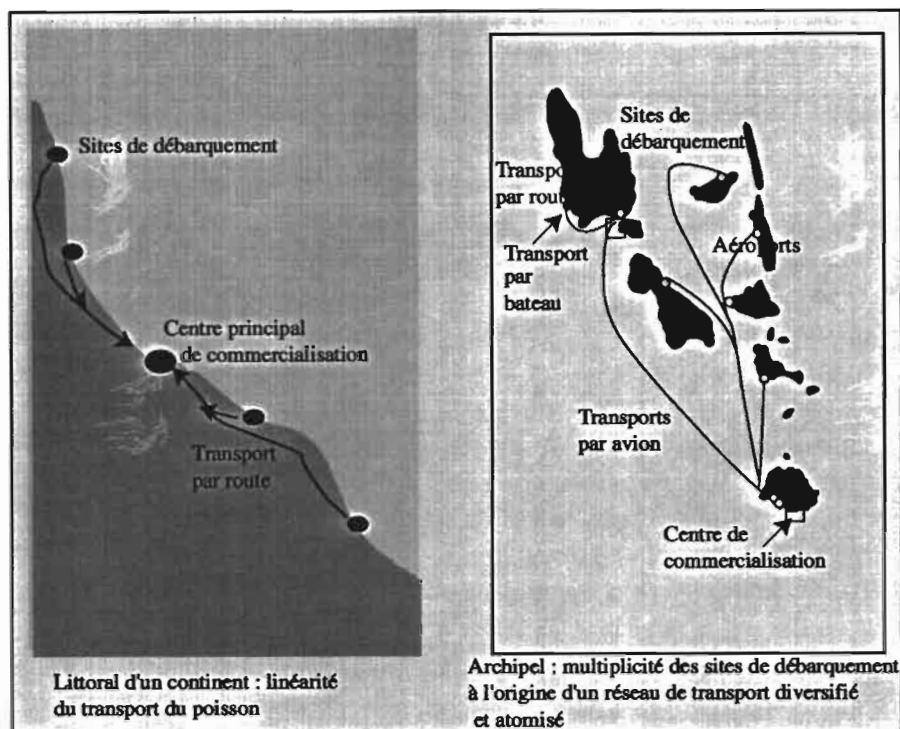


Figure 2

Les réseaux de transport  
entre les sites de débarquement :  
comparaison entre les littoraux des continents  
et des archipels.

La réalisation d'enquêtes occasionnelles d'après un plan d'échantillonnage n'aurait guère offert d'alternative pour la collecte des données halieutiques. La fréquence des sorties de pêche s'est en effet avérée être très irrégulière : certains groupements de pêche sont sortis tous les jours, d'autres 2 à 3 fois par mois, d'autres ont interrompu brutalement leur activité durant plusieurs semaines à la suite d'événements non prévisibles, extérieurs au système pêche. Un enquêteur aurait donc pu passer une dizaine de jours dans un village pour uniquement échantillonner un ou deux débarquements, à moins que sa présence n'ait décidé les pêcheurs à accroître la fréquence de leurs sorties avec, en définitive, la création d'un biais

important dans l'estimation de l'effort de pêche<sup>6</sup>. La semaine d'enquête revenant à un coût d'environ à 3 500-4 000 FF par personne, hors salaire, pour des résultats souvent très insuffisants, à ces enquêtes occasionnelles par échantillonnage ou au suivi exhaustif des débarquements, il a été préféré d'intégrer les pêcheurs comme informateurs de leurs propres activités, bien que cette pratique soit d'ordinaire peu répandue. Au Vanuatu, le contexte était des plus favorables. Les poissons de profondeur étant une ressource vierge de toute exploitation antérieure, aucune culture halieutique traditionnelle les concernant n'existait. Les pêcheurs se lançant dans cette nouvelle pêche à vocation commerciale étaient donc avides de toute connaissance nouvelle leur permettant d'accroître leur productivité, et ils ont rapidement assimilé les informations que leur fournissait le Service des pêches. Par ailleurs, vivant dans des milieux écologiquement fragiles (David, 1994 et 1998) les habitants du Vanuatu sont culturellement réfractaires à toute exploitation trop intensive des ressources et sont « naturellement » enclins à adopter le principe de précaution dans toute utilisation nouvelle du milieu. Les pêcheurs ont donc immédiatement perçu l'intérêt qu'ils avaient à informer les gestionnaires sur leur activité et sur leurs captures pour éviter la surexploitation des stocks.

Une collaboration fondée sur un échange réciproque d'information a donc pu être mise en place entre les pêcheurs et l'IRD, qui jusqu'en 1992 était chargé de la recherche halieutique au sein du Service des pêches du Vanuatu. Les premiers se sont engagés à remplir une fiche d'enquête à l'occasion de chaque sortie, sur laquelle ils indiquaient la zone prospectée, la durée de la pêche, leurs captures, et à mesurer toutes les prises appartenant aux espèces les plus communément commercialisées, objet de notre étude. De manière concomitante, ils notaient également pour le service des pêches leurs dépenses en car-

---

<sup>6</sup> Il s'agit là d'une pratique fort commune mais elle revêt au Vanuatu un relief plus accentué qu'ailleurs du fait de la faible fréquence des sorties de pêche. Le biais induit par la présence de l'enquêteur dans l'estimation de l'effort de pêche est alors nettement plus élevé que dans les pays où les sorties sont habituellement fréquentes, que celles-ci fassent ou ne fassent pas l'objet d'enquêtes aux débarquements.

burant et le produit de leur vente. Ce travail a donné lieu de la part de l'IRD à une rémunération de 50 vatu (équivalent de 3FF) par fiche remplie, et de la part du Service des Pêches à une détaxe sur le carburant livré aux pêcheurs.

Au total, 119 groupements de pêche ont fourni des informations de 1983 à 1991, certains sur une courte période de quelques mois, d'autres pendant plusieurs années ; 10 632 sorties de pêche ont ainsi été recensées et 136 307 poissons ont été mesurés. Une somme globale de 104 000 FF a été consacrée à cette opération pendant dix ans dont 32 000 FF au titre de la rémunération des pêcheurs et 72 000 FF au titre des visites aux groupements de pêche, soit 8 000 FF par an pendant neuf années. Notons à titre de comparaison qu'une telle somme n'aurait permis de financer que deux enquêteurs pendant 13 semaines pour une production d'information nettement moindre que celle résultant de la collaboration avec les pêcheurs artisans ; cette dernière s'est donc avérée la forme de collecte de l'information la moins coûteuse dans le contexte spécifique d'un archipel tel que le Vanuatu.

Outre le financement des fiches d'enquête, la fourniture de planches de mesures, de cartes et d'instructions pour remplir les fiches, l'IRD s'est engagé auprès des pêcheurs à leur restituer les résultats des études. Cette restitution s'est faite sous six formes différentes, trois relèvent de la communication directe, les trois autres de la communication indirecte : l'information était d'abord adressée aux agents de vulgarisation du service des pêches qui ensuite en faisait part aux pêcheurs dont ils avaient la charge<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Les trois formes directes de restitution ont été :

a) les discussions avec les pêcheurs lors des visites de terrain effectuées régulièrement par le technicien halieutique ou les chercheurs de la mission IRD de Port-Vila ;

b) un atelier national de travail qui en 1984 a réuni à Port-Vila les responsables de l'ensemble des groupements de pêche alors en activité ;

c) une lettre d'information trimestrielle, éditée de 1989 à 1992 en bichlamar, la langue véhiculaire du Vanuatu. Également distribuée dans les écoles des villages de pêcheurs et aux alentours, cette lettre était une première dans le Pacifique sud en matière de communication avec les communautés villageoises de pêcheurs. .../...

Une telle diversité de mode de communication n'est guère courante, elle s'explique par le souci de dialogue avec les pêcheurs, garant d'une bonne collecte des données, et à ce titre peut être considérée comme un produit de l'hétérogénéité spatiale du pays.

## Les méthodes d'analyse

### *Unités spatiales et échelles d'analyse*

D'une manière générale, la répartition spatiale des espèces démersales n'est ni uniforme, ni le résultat du simple hasard; elle se distribue en tâches d'inégales concentrations dont la forme et l'intensité, assimilable à l'abondance du stock, varie en fonction des paramètres déterminant l'écologie des espèces exploitées, notamment la bathymétrie, la morphologie sous-marine et la courantologie locale. La répartition spatiale de l'effort de pêche non plus n'est ni uniforme, ni le résultat du hasard. En raison du rayon d'action limité des embarcations, les sorties se concentrent au voisinage des villages de pêcheurs et les zones éloignées de plus de 12 milles sont rarement ou jamais prospectées. L'analyse des données doit donc être menée à l'échelle la plus grande possible<sup>8</sup> pour prendre en compte cette hétérogénéité de l'espace qui est totalement gommée lorsque l'ensemble des données est agrégé en une base unique à l'échelle du pays.

---

... Les trois formes indirectes de restitution ont été :

- a) un atelier annuel de travail avec les agents de vulgarisation du Service des pêches ;
- b) les rapports techniques édités de 1982 à 1992 dans la collection « Notes et documents techniques de la Mission Orstom » de Port-Vila ;
- c) les notes édités de 1988 à 1992 dans la série « notes et documents techniques » de la cellule de recherche Orstom-Service des pêches du Vanuatu.

<sup>8</sup> L'échelle géographique est un rapport entre une distance mesurée sur une carte et la distance réelle. Les phénomènes locaux s'observent donc à grande échelle (1/25 000 par exemple) et les phénomènes nationaux à petite échelle (1/500 000 par exemple).

La zone de pêche constitue donc l'unité d'analyse halieutique de base. La comparaison des 120 zones de pêche permet ainsi d'identifier les espaces halieutiques les moins pêchés ou les plus productifs du pays. Pour des analyses plus poussées, requérant un échantillon de données plus étoffé, trois autres unités spatiales d'analyse ont été utilisées : l'île, le groupe d'îles s'insérant dans un même ensemble bathymétrique, l'archipel (fig. 1 et 3). Ces quatre unités spatiales d'analyses s'emboîtent les unes dans les autres, chacune intéressant en priorité un acteur spécifique du système pêche. Ainsi ne raisonnant qu'à l'échelle de la localité, le pêcheur se polarisera-t-il sur sa ou ses zones de pêche quand les cabinets ministériels en charge de la politique publique des pêches et de l'agriculture ne raisonneront qu'à l'échelle de l'archipel, laissant aux gestionnaires ou administrateurs des pêches responsables du développement halieutique le soin de traduire et d'appliquer leurs directives à des unités spatiales plus petites. Les îles d'une même province administrative seront ainsi comparées entre elles pour estimer lesquelles présentent le potentiel de développement le plus grand, l'analyse descendant ensuite au niveau de l'île pour connaître les zones de pêche les plus productives et leur niveau d'exploitation.

À l'exception de la zone de pêche, les unités spatiales d'expression des résultats de l'analyse sont différentes des unités spatiales d'analyse. En règle générale, on passe des secondes aux premières en agrégeant les données collectées. Désagréger ces dernières est beaucoup plus rare ; c'est pourtant ce qui a été fait pour exprimer la prise maximale soutenue (PMS) à l'échelle de chaque île. Dans un premier temps, le potentiel d'exploitation a été estimé en agrégeant les données de prises et d'effort des 120 zones de pêche du pays en un jeu unique ; à ce stade l'archipel est donc l'unité spatiale d'analyse. Pour faciliter le travail des planificateurs du développement halieutique, une évaluation du potentiel de pêche et de l'effort soutenable a ensuite été donnée par île. Les biotopes profonds du Vanuatu étant jugés similaires à ceux d'Hawaii, à l'exemple de ce dernier archipel, la PMS a été estimée proportionnelle à la longueur de l'isobathe 200 m (Brouard et Grandperrin, 1984) ; la PMS globale obtenue sur l'archipel a donc été « désagrégée » par île selon une règle de proportionnalité correspondant à la longueur de l'isobathe 200 de l'île considérée rapportée à la longueur totale de cette isobathe dans l'archipel, l'île devenant ainsi l'unité spatiale d'expression de la PMS.

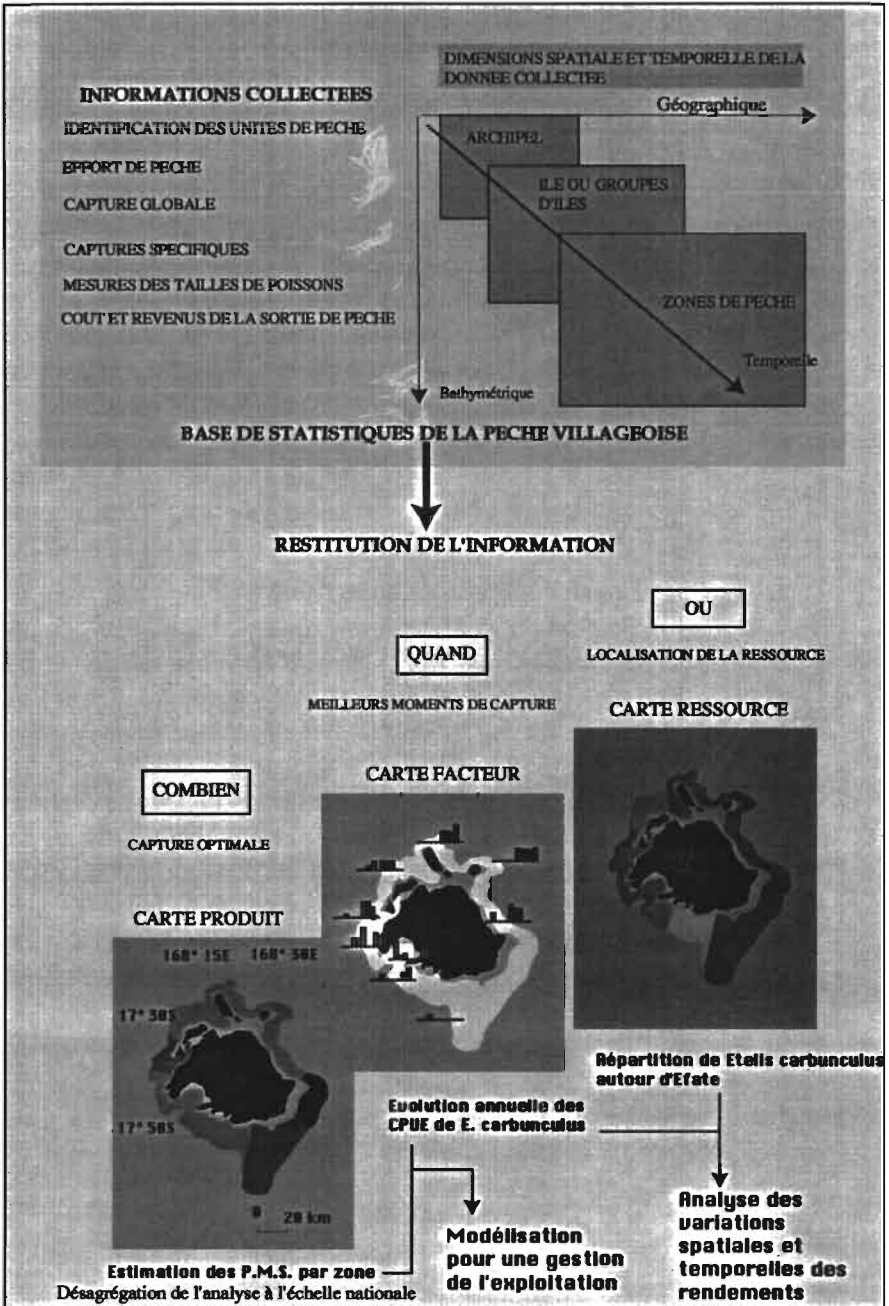


Figure 3 Organisation de la donnée collectée selon les unités spatiales d'analyse et type de restitution cartographique.

## La représentation cartographique

La représentation sur des cartes de la ressource halieutique concerne principalement les espèces pélagiques migratrices comme les thonidés (Fonteneau, 1997). Rares sont les cartes qui font état de la répartition spatiale de l'abondance des ressources côtières. Avec la généralisation des systèmes d'information géographique, la situation est toutefois en train d'évoluer. La représentation cartographique mise en œuvre au Vanuatu ne relève pas du SIG proprement dit mais de la cartographie statistique. Dans la logique de la procédure SIG, les cartes produites se composent d'une succession d'espaces dont les formes sont un des objets essentiels de l'analyse. Dans la cartographie statistique au contraire, l'espace est déjà divisé en zones aux contours préétablis avant que toute analyse de données ne commence. La lecture de la carte se fait alors en comparant les valeurs attribuées à chaque zone (fig. 4)<sup>9</sup>.

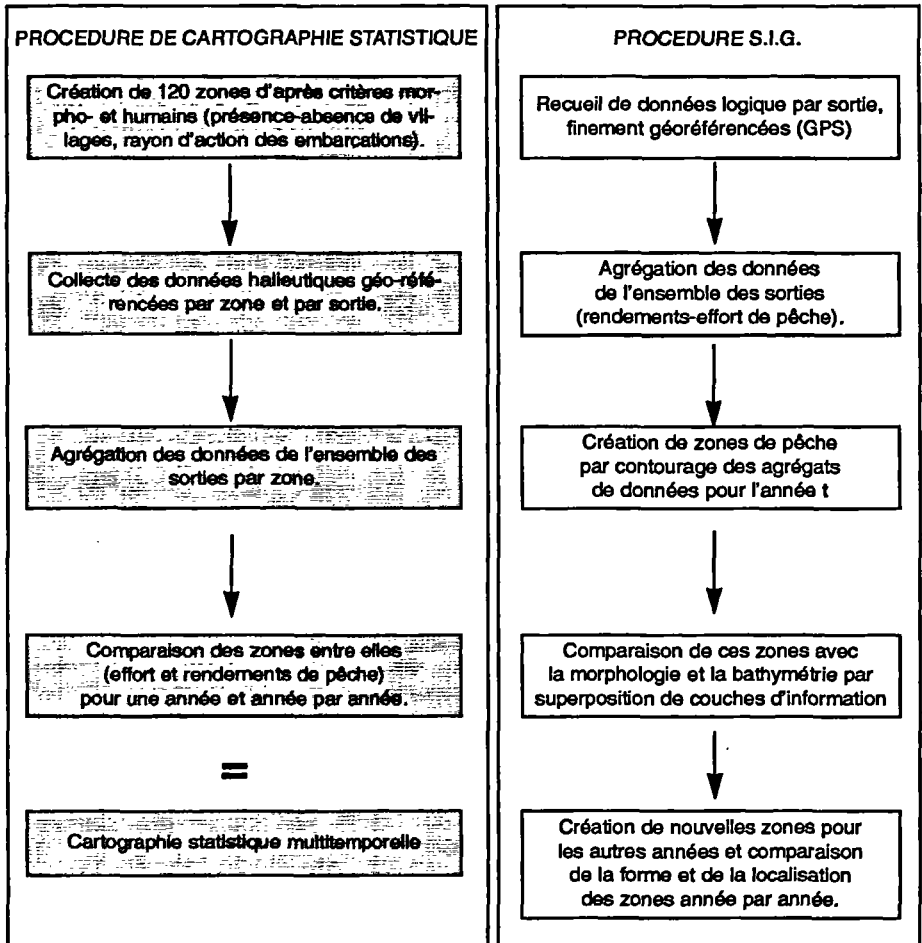
À partir de la base de données collectées à Vanuatu, trois types de cartes ont été produits, conformément à la classification établie par Desfontaines et Lardon (1990) : la *carte ressource* fait état d'une activité de pêche ou de l'abondance du poisson dans un lieu et à un moment donné. Uniquement descriptive, elle est une simple présentation des faits dans leur réalité géographique, elle répond aux questions où se situe la ressource, où se distribue l'effort de pêche et représente la première étape de l'analyse cartographique (fig. 3). La *carte facteur* en constitue la seconde étape. Illustrant les variabilités spatiales et temporelles de l'effort de pêche et de l'abondance de la ressource, elle rend compte de la dynamique de ces deux paramètres. La *carte produit* est le résultat d'une modélisation et vise notamment à exprimer les potentialités de pêche.

D'une manière générale, la carte n'est pas obligatoire pour exprimer de tels résultats mais, du fait de sa simplicité de lecture et de l'iden-

---

<sup>9</sup> Cette procédure est également celle utilisée pour l'analyse de la pêche thonière dont les données sont collectées et analysées par carrés de  $x^0$  de latitude et longitude, généralement 5°.





I Figure 4

La partition de l'espace halieutique selon les logiques de la cartographie statistique ou du système d'information géographique appliquées à la pêche démersale profonde au Vanuatu.

tification aux lieux représentés à laquelle se livre le lecteur, elle en facilite grandement la compréhension, notamment auprès d'un public peu familier avec les formulations mathématiques. L'ensemble des cartes ressources, cartes facteurs et cartes produits se rapportant aux onze espèces de poissons profonds les plus couram-

ment pêchées au Vanuatu de 1982 à 1992 ont été réunies sous la forme d'un atlas, le premier qui soit consacré à la pêche côtière dans un archipel du monde intertropical (Cillaurren, 1999). L'adjonction de variables socio-économiques, notamment la localisation des foyers de consommation, le pouvoir d'achat des consommateurs, leur activité économique, leurs dépenses alimentaires et la couverture de leurs besoins protéiques, les réseaux de transport, la pêche d'autosubsistance et les revenus tirés de l'agriculture, a permis d'étoffer cet atlas en restituant la pêche démersale profonde dans l'ensemble du système pêche, marqué par une forte hétérogénéité spatiale (fig. 1 et 2). Outil de connaissance, cet atlas est également un outil de dialogue et de communication entre d'une part les scientifiques et les autres acteurs du système pêche (pêcheurs, agents de vulgarisation, gestionnaires des pêches, politiques) et d'autre part entre ces acteurs eux-mêmes. La réunion en un même ensemble aisément consultable, de 250 cartes présentant de manière analytique la majeure partie des éléments composant le système pêche puis intégrant plusieurs de ces éléments en des cartes de synthèse constitue également un précieux outil d'aide à la décision pour le développement halieutique futur du Vanuatu (Cillaurren *et al.*, 2000).

### *L'analyse spatialisée*

L'observation de ces cartes ressources et facteurs a mis en lumière des variations spatiales et temporelles de l'effort de pêche et de la ressource. Pour les confirmer et en chercher les causes, il a été fait appel à l'analyse statistique exploratoire, qui présente l'avantage de conserver une représentation spatialisée des résultats de l'analyse. Les nouvelles versions développées à partir de l'analyse factorielle des correspondances sur un ensemble de plusieurs tableaux, telle Statis (Lavit *et al.*, 1994 ; Gaertner *et al.*, 1998) permettent d'étudier les structurations spatiales de l'effort de pêche et de la ressource ainsi que la stabilité temporelle de cette dernière.

Les modèles classiques de gestion halieutique n'intègrent pas l'hétérogénéité spatiale de la ressource. Cette réalité n'est prise en compte que depuis peu. Elle concerne principalement les espèces migratrices ou des cas particuliers comme les effets de la « densité-dépendance » pour les petites espèces pélagiques (Le Page, 1997).

L'application de modèles globaux aux données émanant de la pêche artisanale au Vanuatu n'a pas été concluante (Cillaurren et Simier, 1998). La raison avérée est la sous-exploitation évidente du stock. L'application des modèles analytiques, et plus précisément le modèle de prise par recrue de Beverton et Holt (1956), montre effectivement un stock largement sous exploité mais donne également des indications de fragilité dynamique vis-à-vis de l'exploitation. Les causes de cette fragilité sont à rechercher dans la structuration spatiale des habitats, étroitement inféodés à une classe de profondeur et à un ensemble restreint de lieux continus, que montre l'analyse statistique exploratoire. Il en résulte une réactivité très localisée de la ressource à l'effort de pêche (Cillaurren *et al.*, 1998; Cillaurren et Simier, 1999). Ainsi, une pression de pêche homogène en un lieu, mais ne tenant pas compte des profondeurs, entraînera des réponses très variables selon les espèces, celles-ci étant étroitement associées à une classe de profondeur précise. Symétriquement une pression de pêche homogène en profondeur, mais hétérogène dans l'espace, entraînera également des réponses très variables, l'abondance dépendant étroitement de l'histoire de l'exploitation en ce lieu donné et probablement également aussi des conditions hydrologiques locales liées notamment à la morphologie.

L'application de l'indicateur PMS, qui représente une référence clé pour les gestionnaires des pêches du Pacifique, ne suffit pas à rendre compte des risques de surexploitations localisées ou de variations temporelles brusques des rendements de pêche, même s'il est appliqué par le jeu du rapport des surfaces. Les outils de gestions doivent pouvoir s'enrichir des informations acquises sur l'environnement et plus précisément sur l'existence d'une structuration spatiale du milieu. Il paraît ainsi important de prendre en compte les discontinuités de l'espace, que celles-ci s'appliquent à l'effort de pêche ou à la répartition de la ressource. Peuvent ainsi être mis en évidence deux faits majeurs :

- a) la pêche se réalisera de manière plus efficace dans les zones abritées et dans une région où il sera plus aisé d'écouler la production ;
- b) Une ressource halieutique très localisée et inféodée à une bathymétrie précise pourra difficilement migrer à l'état adulte d'une île à l'autre à cause des chenaux profonds qui les séparent, et en cas d'exploitation intensive sa capacité de renouvellement s'en trouvera gravement affectée.

Cette réalité spatiale, que révèlent le traitement cartographique et l'analyse statistique exploratoire, peut également être prise en compte de manière dynamique dans un système multi-agents spatialisé, dans lequel les interactions « pêcheurs-poissons » seront simulées à partir des informations acquises par l'étude des variabilités spatio-temporelles de l'abondance de la ressource et de l'effort de pêche.

## Conclusion

L'exemple du Vanuatu montre que dans un contexte aussi hétérogène d'un point de vue spatial qu'un archipel, ne pas prendre en compte cette hétérogénéité dans les études halieutiques revient à courir deux risques : d'une part élaborer des représentations erronées du système pêche et de la dynamique de l'exploitation halieutique, d'autre part présenter des recommandations peu opérationnelles en matière de gestion des pêcheries. Intégrer cette hétérogénéité dans la collecte des données de prises et d'effort de la pêche artisanale renchérit nettement le coût de fonctionnement d'un système de suivi de la pêche artisanale en milieu archipelagique comparé au littoral d'un continent. Disposant de moyens humains et financiers limités au Vanuatu, l'IRD a adopté une solution pragmatique en utilisant les pêcheurs comme informateurs de leur propre activité. La nécessité d'un dialogue suivi entre ces derniers et les chercheurs a conduit ceux-ci à structurer un système d'information pour gérer la ressource axé sur la cartographie. Le produit final est une synthèse cartographique du système pêche, publiée sous la forme d'un atlas qui, outil de dialogue et de connaissance pour l'ensemble des acteurs du système pêche, revêt également la dimension d'outil d'aide à la décision pour planifier le futur développement halieutique du pays. Cette démarche dégage de nouveaux champs de réflexion sur le rôle de la structuration spatiale dans la dynamique des pêcheries et conduit à considérer la pêche comme un objet spatial qui décrit l'interface entre les dynamiques de la ressource et l'activité des pêcheurs.

## Bibliographie

- ANONYME, 1983 —  
*Rapport sur le recensement de la population 1979*, vol.1 Tables de base, Port-Vila, Gouvernement du Vanuatu, Direction du Plan et de la Statistique, 470 p.
- BEVERTON R. J. H.,  
HOLT S. J., 1996 —  
On the dynamics of exploited fish populations. *Chapmann et Hall, Fish and Fisheries Series*, 11, 533 p.
- BROUARD F.,  
GRANDPERRIN R., 1984 —  
*Les poissons profonds de la pente récifale externe à Vanuatu*. Orstom, Mission de Port-Vila, Notes et Documents d'Océanographie n° 11, 130 p.
- BRUNET R., FERRAS R.,  
THÉRY, 1992 —  
*Les mots de la géographie, dictionnaire critique*. Paris, Reclus-La Documentation française, Col. Dynamiques du territoire, 470 p.
- CABAUSSEL G., 1984 —  
« Les mécanismes climatiques des îles intertropicales à travers l'exemple de l'archipel guadeloupéen. » *In Nature et hommes dans les îles tropicales : réflexions et exemples*. Bordeaux, CRET-CEGET, coll. Îles et archipels n° 3 : 25-50.
- CILLAURREN E., 1999 —  
*Outil de dialogue et de communication dans les pêches : l'atlas de Vanuatu et ses implications pour le développement*. *Insula* : 29-33.
- CILLAURREN E., DAVID G., 1995 —  
« Dynamique de l'exploitation d'une ressource halieutique vierge en économie insulaire peu monétarisée. » *In F. Laloë, H. Rey et J.L. Durand (ed.), Questions sur la dynamique de l'exploitation halieutique*. Table ronde
- Orstom/Ifremer, Montpellier, du 6 au 8 septembre 1993. Coll. Colloques et Séminaires Orstom éditions : 433-487.
- CILLAURREN E., SIMIER M., 1998 —  
*Deepwater fisheries in Vanuatu (Oceania) : are usual tools adequate for the management of small insular artisanal fisheries ?* ICES. 16-19 sept. 1998, Cascais, 6 p. multigr.
- CILLAURREN E., SIMIER M., 1999 —  
*Spatial constraints in the management of deep demersal fisheries in Vanuatu. « Spatial Processes in Fisheries »*. Alaska Sea Grant Symposium 27-30 October 1999, 10 p.
- CILLAURREN E., SIMIER M.,  
BLANC L., 1998 —  
Structuration spatiale de la ressource halieutique : exemple d'une pêcherie démersale à Vanuatu (Océanie). *Biométrie et halieutique*, Société Française de Biométrie : 93-105.
- CILLAURREN E., DAVID G.,  
GRANDPERRIN R., 2000 —  
Pêche et développement à Vanuatu : un bilan décennal, Paris, IRD (à paraître).
- DAVID G., 1994 —  
« Traditional village fishing in fisheries development planning in Vanuatu ». *In J. Morrison, Geraghty, P. et L. Crowl (eds.), Science of Pacific island peoples*, Institute of Pacific studies, The University of the South Pacific, vol. 1, chap. 3 : 11-40.
- DAVID G., 1997 —  
L'indépendance d'un micro-État : le pari du Vanuatu, *Revue Tiers-Monde*, tome XXXVIII - n° 149, janvier-mars 1997 : 121-138.
- DAVID G., 1998 —  
« Vanuatu, independant country of the French-Speaking Pacific ». *In Jost, (C.) (ed.) The French-Speaking*

- Pacific : population, environment and development issues*. Boombana Publications, Australia : 11-48
- DAVID G., 1999 —  
« La petite pêche villageoise à Vanuatu : bilan d'un recensement. »  
*In* Blanchet, G. (ed.), *Les petites activités de pêche dans le Pacifique Sud*, Paris, IRD : 93-117.
- DAVID G., CILLAUREN E., 1992 —  
National fisheries development policy for coastal waters, small scale village fishing and food self reliance in Vanuatu. *Man and Culture in Oceania*, 8 : 35-58.
- DALZELL P., PRESTON G. L., 1992 —  
Deep reef slope fishery resources of the South Pacific, a summary and analysis of the dropeline fishing survey data generated by the activities of the SPC Fisheries Programme between 1974 and 1988. Noumea, South Pacific Commission, *Inshore fisheries Research project technical document n° 2*, 299 p.
- DESFONTAINES J.P., LARDON S., 1994 —  
*Itinéraires cartographiques et développement*. Paris, Inra, 136 p.
- FONTENEAU A., 1997 —  
*Atlas des pêcheries thonières tropicales, captures mondiales et environnement*. Paris, Orstom, 192 p.
- GAY J.C., 1995 —  
Les discontinuités spatiales. Paris, *Economica*, coll. géopoche, 112 p.
- GAERTNER J.C., CHESEL D., BERTRAND J., 1998 —  
Stability of spatial structures of demersal assemblages : a multivariate approach. *Aquatic Living Resources*, 11 (2) : 75-83.
- LAURENT D., BOURDY G., AMADE P., CABALION P., BOURRET D., 1993 —  
*La gratte ou ciguatera, ses remèdes traditionnels dans le Pacifique Sud*. Paris, Orstom, coll. *Didactiques*, 152 p.
- LAVIT C., ESCOUFIER Y., TRAISSAC R., 1994 —  
The ACT (Statis method). *Computational statistics and data analysis*, 18 : 97-119.
- LE PAGE C., 1997 —  
*Biologie des populations et simulations individus-centrées*. Thèse de doctorat de l'université Paris 6, 151 p.
- MOFFIT 1993 —  
« Deepwater demersal fish »  
*in* Wright A. et Hill L. (eds.) *Nearshore marine resources of the South Pacific*. Honiara-Suva, Forum Fisheries Agency - Institute of Pacific Studies, chap. 4 : 73-95.
- PARRISH J.D., 1987 —  
« The trophic biology of snappers and groupers »  
*in* Polovina, J.J and Ralston, S. (eds.), *Tropical snappers and groupers : biology and fisheries management*, Boulder and London, Westview Press : 405-463.
- PLASSARD F., 1992 —  
« Les réseaux de transport et de communication »  
*in* Bailly, A., Ferras, R et Pumain, D. (eds.), *Encyclopédie de la Géographie*, Paris, Economica : 533-556.
- PUMAIN D., SAINT-JULEN T., 1997 —  
*L'analyse spatiale, t1 Localisations dans l'espace*. Paris, A. Colin, Coll. Cursus, sér. Géographie, 167 p.
- REY H., 1998 —  
« Dispositifs de concentration de poissons (DCP) dans les pays de la Commission de l'océan Indien (C.O.I.) : innovation ou révolution dans les pratiques de pêche. »  
*In* Cayré P. et Le Gall J.Y. (eds), *Le Thon, enjeux et stratégies pour l'Océan Indien*, Paris, Orstom Ed., coll. Colloques et Séminaires : 313-334.
- TAYLOR F.G.R., 1985 —  
Distribution of the dinoflagellate *Gambierdiscus toxicus* in the eastern caribbean. *Proceedings of the fifth international coral reef congress*, Tahiti, vol. 4 : 424-428.