

ZoNéCo

PROGRAMME D'EVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ECONOMIQUE DE NOUVELLE-CALEDONIE



RAPPORT FINAL

CONTRIBUTION A L'ETUDE SUR L'IMPORTANCE ET L'EVOLUTION DE LA FREQUENTATION SPATIALE DU LAGON SUD-OUEST DE LA NOUVELLE-CALEDONIE PAR LA PECHE PLAISANCIERE

Opération menée par Isabelle Jollit et Pascale Chabanet

Année 2006-2010

Table des matières

I.	INTRODUCTION	1
A)	Résumé	1
B)	Intervenants	1
1.	Responsable du projet	1
2.	Intervenant.....	1
C)	Rappel des objectifs.....	1
D)	Modification apportées par rapport à la fiche initiale.....	2
II.	MATERIEL	2
A)	Avion.....	2
B)	Cartes.....	3
C)	Jumelles et appareil photo	4
D)	GPS.....	5
III.	METHODES	5
A)	Protocole d'échantillonnage et recueil des données.....	5
1.	Définition de la population statistique, de la population cible et de l'unité d'observation.....	5
a)	Définition de la population statistique	5
b)	Population cible et l'unité d'observation.....	5
2.	Stratégie spatio-temporelle d'échantillonnage.....	6
a)	Stratégie temporelle d'échantillonnage.....	6
b)	Stratégie spatiale d'échantillonnage.....	9
3.	Méthode de collecte des données.....	9
4.	Synthèse des stratégies spatio-temporelles	10
B)	Saisie des observations dans la base de données.....	11
C)	Méthodes d'analyse	12
1.	Analyses statistiques	12
a)	Fréquentation annuelle de la plaisance : l'effort de la plaisance	12
b)	Fréquentation annuelle de la pêche plaisancière	12
c)	Fréquentation en fonction des habitats.....	13
2.	Analyses spatiales	14
3.	Capacité de charge des récifs et îlots	14
a)	Nombre maximal de pêcheurs par km ²	14
b)	Piétinement des récifs par les visiteurs	15
c)	Surpopulation des plages.....	15
IV.	RESULTATS	16
A)	Analyses statistiques	16
1.	Types de bateau	16
2.	Activités pratiquées par les plaisanciers.....	16
a)	Détail pour l'ensemble des observations de bateaux actifs	16
b)	Détail pour les observations de bateaux actifs et statiques	17
c)	Détail par type de bateaux actifs et statiques	18
3.	Analyse temporelle sur les bateaux actifs	20
a)	Saisons	20
b)	Types de jours	20
4.	Degré d'éloignement de la côte.....	21
5.	Fréquentation des biotopes.....	23

a)	Par l'ensemble des bateaux actifs et statiques.....	23
b)	Par types de bateaux actifs et statiques.....	24
c)	Par l'ensemble des bateaux actifs statiques et hors mouillage.....	25
6.	Conditions météorologiques.....	26
a)	Vent.....	26
b)	Ensoleillement.....	27
B)	Analyses spatiales.....	27
1.	Estimations annuelles.....	28
a)	Nombre de sorties annuelles par l'ensemble des plaisanciers.....	28
b)	Nombre de sorties annuelles par les pêcheurs plaisanciers.....	28
c)	Production capturée.....	28
2.	Dynamique spatiale.....	28
a)	Dynamique spatiale par type de bateaux.....	29
b)	Dynamique spatiale par saison.....	33
c)	Dynamique spatiale par type de jour.....	38
d)	Dynamique spatiale selon la force du vent.....	43
e)	Dynamique spatiale selon l'ensoleillement.....	47
f)	Dynamique spatiale par activité.....	51
g)	Spatialisation des estimations annuelles.....	57
V.	ANALYSES DES PRESSIONS ET IMPACTS.....	67
A)	Etude des capacités de charge et PME/MSY.....	67
1.	Présentation des capacités de charge.....	67
a)	Capacité de charge écologique.....	68
b)	Capacité de charge physique : CCP.....	75
c)	Capacité de charge sociale : CCS.....	76
2.	Les Maximum Sustainable Yields ou Prises Maximales Equilibrées.....	81
B)	Vulnérabilité des écosystèmes récifo-lagonaires.....	86
VI.	DISCUSSION : PRECISION ET SUIVI DE L'ACTIVITE ; ET RECOMMANDATIONS	89
A)	Analyse critique de la précision des données.....	89
B)	Proposition de suivi de la plaisance et des activités reliées.....	90
C)	Conclusion et recommandations.....	91

Table des illustrations

Figures

Figure 1 : Méthode d'échantillonnage des types de jour et saison pour les survols aériens..	10
Figure 2 : Activité des différents types de bateaux actifs et statiques	19
Figure 3 : Fréquentation des moteurs actifs statiques selon l'éloignement de la côte	22
Figure 4 : Moyenne journalière et % de bateaux par type d'embarcation en fonction de la force du vent	26
Figure 5 : Pourcentage moyen journalier de bateaux par type d'embarcation en fonction de l'ensoleillement	27

Tableaux

Tableau 1 : Nombre de jours d'échantillonnage des survols aériens par type de jour et par saison.....	6
Tableau 2 : Jours échantillonnés et reportés en fonction de la saison, et du type de jour	8
Tableau 3 : Proportion de pêcheurs parmi l'ensemble des plaisanciers enquêtés par type de jour et saisons.	12
Tableau 4 : Tableau récapitulatif des types d'embarcations	16
Tableau 5 : Tableau récapitulatif des activités pratiquées par les propriétaires de bateaux. .	17
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des activités des bateaux actifs statiques.....	18
Tableau 7 : Nombre de bateaux actifs et statiques par types de bateaux	18
Tableau 8 : Présence de bateaux actifs en fonction des saisons.....	20
Tableau 9 : Sorties des bateaux actifs selon le type de jour	20
Tableau 10 : Nombre de bateaux actifs statiques selon l'éloignement de la côte	21
Tableau 11 : Fréquentation des biotopes par les bateaux statiques et actifs	23
Tableau 12 : Fréquentation des biotopes par type de bateaux statiques et actifs	24
Tableau 13 : Fréquentation des biotopes par type de bateaux statiques et actifs, hors mouillage.....	25
Tableau 14 : Capacité de charge physique et sociale des plages des îlots.....	81

Cartes

Carte 1 : Plan de vol – Survols aériens.....	3
Carte 2 : Trois cartes pour la localisation des embarcations lors des survols aériens	4
Carte 3 : Dynamique spatiale des canots	29
Carte 4 : Dynamique spatiale des bateaux à moteur	30
Carte 5 : Dynamique spatiale des voiliers.....	31
Carte 6 : Dynamique spatiale des bateaux en automne.....	33
Carte 7 : Dynamique spatiale des bateaux en hiver.....	34
Carte 8 : Dynamique spatiale des bateaux au printemps.....	35
Carte 9 : Dynamique spatiale des bateaux en été	36
Carte 10 : Dynamique spatiale des bateaux pendant les jours de semaine	38
Carte 11 : Dynamique spatiale des bateaux pendant les vacances scolaires	39
Carte 12 : Dynamique spatiale des bateaux pendant les fins de semaine (weekends)	40
Carte 13 : Dynamique spatiale des bateaux pendant les fins de semaine et les vacances scolaires.....	41
Carte 14 : Dynamique spatiale des bateaux lors de vents inférieurs à 10 nœuds.....	43
Carte 15 : Dynamique spatiale des bateaux lors de vents compris entre 10 et 15 nœuds	44
Carte 16 : Dynamique spatiale des bateaux lors de vents supérieurs à 15 nœuds.....	45
Carte 17 : Dynamique spatiale des bateaux pour un ensoleillement inférieur à 267 minutes de soleil par jour.....	47

Carte 18 : Dynamique spatiale des bateaux pour un ensoleillement compris entre 267 et 525 minutes de soleil par jour.....	48
Carte 19 : Dynamique spatiale des bateaux pour un ensoleillement supérieur à 525 minutes de soleil par jour.....	49
Carte 20 : Spatialisation des bateaux au mouillage lors d'une balade en mer	51
Carte 21 : Dynamique spatiale des bateaux de pêche.....	52
Carte 22 : Dynamique spatiale des bateaux de plongée sous-marine	53
Carte 23 : Dynamique spatiale des bateaux lors d'une sortie de plaisance-balade en mer...54	
Carte 24 : Dynamique spatiale des bateaux pour lesquels l'activité n'a pas été définie	55
Carte 25 : Dynamique spatiale annuelle de la plaisance toutes activités confondues	57
Carte 26 : Dynamique spatiale annuelle de l'effort de pêche	60
Carte 27 : Spatialisation annuelle des quantités capturées.....	63
Carte 28 : Spatialisation annuelle des CPUE.....	65
Carte 29 : Les capacités de charge écologique : le nombre de pêcheurs par unité de surface	70
Carte 30 : Les capacités de charge écologique : le nombre de visiteurs par unité de surface	74
Carte 31 : La capacité de charge sociale des plages.....	79
Carte 32 : Les MSY : comparaison entre la méthode des survols et celle des questionnaires de la thèse de Jollit	84
Carte 33 : Les MSY par grand type d'écosystèmes pour la méthode des questionnaires de la thèse de Jollit	85
Carte 34 : La vulnérabilité des écosystèmes récifo-lagonaires	88

Contribution à l'étude sur l'importance et l'évolution de la fréquentation spatiale du lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie par la pêche plaisancière

I. INTRODUCTION

A) Résumé

La gestion durable des écosystèmes coralliens implique un approfondissement des connaissances du milieu physique et biologique, mais également de l'activité humaine qui influence ces milieux. Les ressources vivantes du lagon calédonien subissent des pressions anthropiques de plusieurs natures, dont deux majeures : le prélèvement de la ressource, et la fréquentation. L'étude proposée s'attache à étudier la combinaison de ces deux aspects pour répondre aux questions :

- Quelle est la fréquentation spatiale et temporelle de la plaisance et de la pêche plaisancière ?
- Combien de plaisanciers et de pêcheurs plaisanciers partent visiter le lagon pour exercer leur activité et où vont-ils ?
- Quelles sont les variations temporelles et spatiales ? et sont-elles liées ?

B) Intervenants

1. Responsable du projet

Pascale Chabanet (Université de la Réunion/IRD).

2. Intervenante

Isabelle Jollit (Doctorante UNC/IRD)

C) Rappel des objectifs

La présente étude s'attache à connaître la fréquentation spatiale et temporelle de la plaisance et de la pêche plaisancière sur le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie.

La zone d'étude s'étend sur 4800 km² des îles Testard au nord-ouest de Bouraké, dans la commune de Bouloupari, jusqu'à l'îlot Kouaré et la réserve Merlet dans la partie la plus au sud.

Pour couvrir cette zone, et répondre à cette problématique, des repérages aériens s'avèrent être les moyens les mieux adaptés.

Les objectifs de l'étude visaient à :

- 1) Cartographier la fréquentation spatiale et temporelle de la pêche plaisancière
- 2) Établir une synthèse des lieux les plus impactés en terme de fréquentation et de prélèvement de la ressource
- 3) Proposer une méthodologie de suivi de cette activité
- 4) Développer des outils transférables aux décideurs

D) Modification apportées par rapport à la fiche initiale

- Des devis avaient été demandés à l'unique compagnie possédant des avions touristiques de petit gabarit. Il fut convenu de la mise à disposition d'un CESSNA 172 à ailes hautes de quatre places pour un vol prévu de 4 heures. Les engagements de la société n'ont pas permis de mettre à notre disposition cet appareil et la totalité des vols ont été effectués à bord d'un Piper 4 places à ailes basses.
- Lors des survols, il avait été prévu qu'un seul observateur effectue les relevés. Plusieurs intervenants furent identifiés pour aider au repérage. Ils ont été choisis en fonction de leurs compétences et de leur intérêt dans cette étude, puis formés. Ainsi chaque survol a été effectué avec deux observateurs. Le trajet a été légèrement modifié en raison du gain de temps dû à la présence d'un observateur supplémentaire.
- En raison des conditions météorologiques, plusieurs vols ont été repoussés. Un seul survol a été partiellement effectué à cause du mauvais temps, surtout dans la corne sud, rendant les conditions de vol dangereuses.

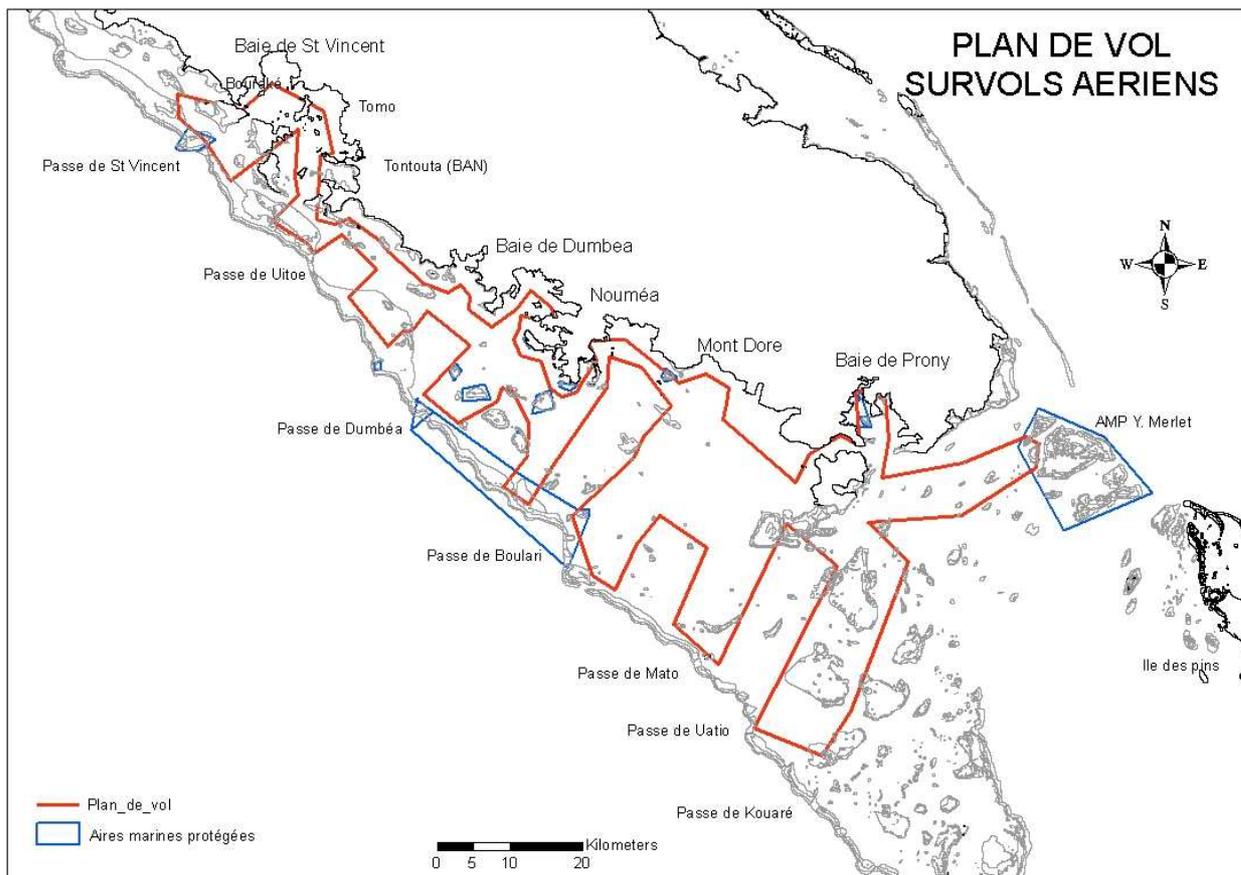
II. MATERIEL

A) Avion

Les survols ont été effectués à bord d'un Piper, quatre places à ailes hautes. Un plan de vol précis avait été déterminé de façon à pouvoir effectuer des observations à une distance maximum de 4 km. Le plan de vol avait été transmis au pilote ainsi qu'à la tour de contrôle de l'aérodrome de Magenta (d'où décollait l'appareil) par mesure de sécurité.

Les deux observateurs étaient répartis de chaque côté de l'appareil, l'un à l'avant droit, l'autre à l'arrière gauche.

Le champ de vision de l'observateur à l'avant de l'appareil était d'environ 180 degrés. Celui du second observateur arrière gauche était d'environ 130 degrés.



Carte 1 : Plan de vol – Survols aériens

Le plan de vol a été établi en fonction des enquêtes de terrain menées en 2005 auprès des pêcheurs de loisirs issues de la thèse de Jollit (2010). La synthèse des cartes générées à partir de ces enquêtes faisait ressortir un « vide » de fréquentation des pêcheurs, situé au niveau de la piscine (entre Kaé - Nakaé et l'île Ouen). Pour des raisons de limites techniques de l'avion, la corne à l'extrême sud du lagon n'a pas pu être survolée. En effet, la capacité des réservoirs de l'avion permettait une autonomie maximale de 3h30-4h. C'est donc volontairement que ces deux zones n'ont pas été prises en compte.

B) Cartes

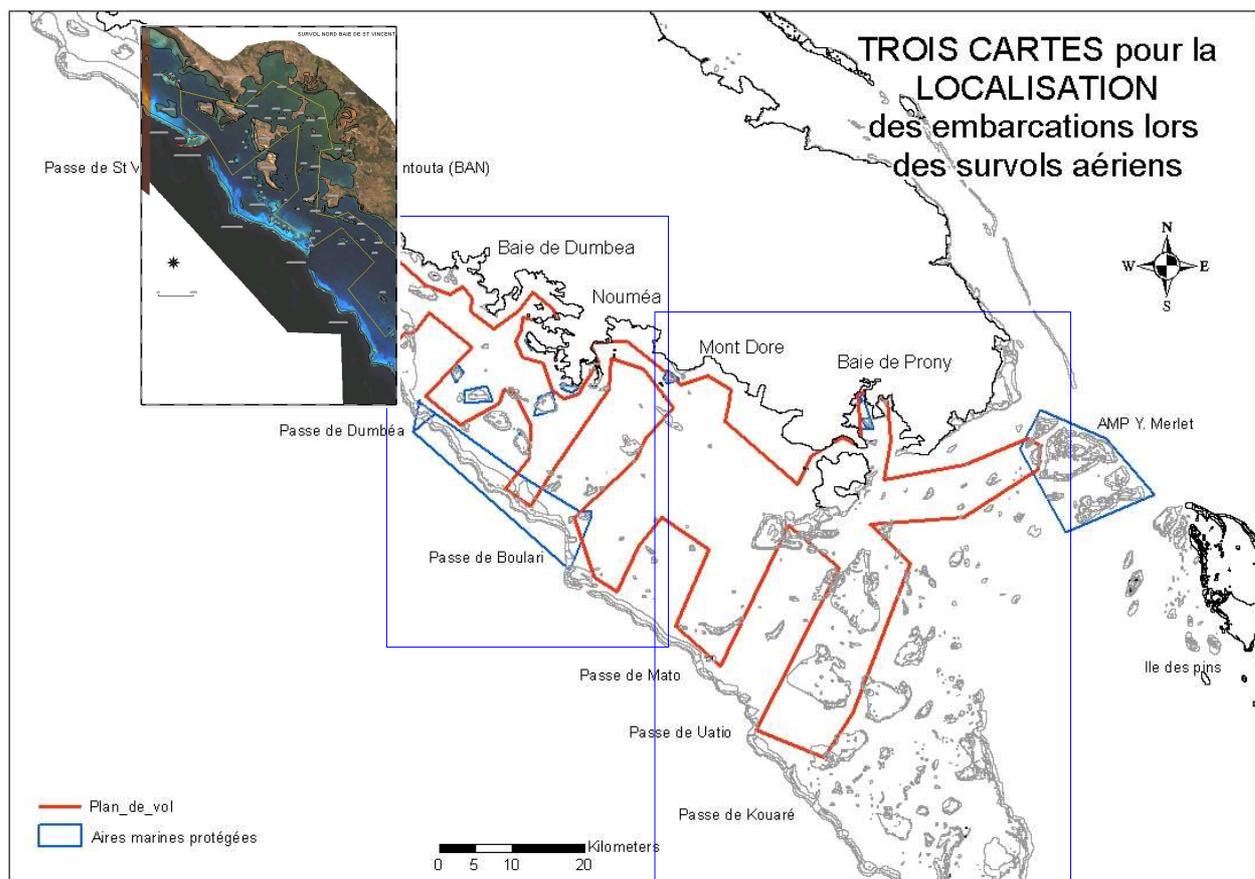
Chaque observateur possédait un jeu de trois cartes en couleur plastifiées de format A3. Le fond de carte était constitué d'images satellite fournies par l'UR-128-CoRéUs (S. Andréfouët), sur lesquelles les contours des côtes ainsi que ceux des récifs avaient été rajoutés à l'aide d'un SIG. Il comportait également le plan de vol, pour faciliter le repérage des bateaux par les observateurs.

Les échelles des cartes étaient comprises entre 1/135 000 pour la zone nord et centrale et 1/200 000 pour le lagon sud. Cette différence d'échelle s'explique par le fait que la zone sud soit beaucoup plus vaste que les deux autres.

Nous sommes conscients que le passage d'une échelle à une autre puisse induire les erreurs d'observation. Pour parer à cela, les observateurs avaient été formés. De plus, des amers naturels ou artificiels permettaient aux observateurs de bien se repérer sur cette zone. Les risques de biais furent donc minimisés.

Les trois cartes se chevauchaient sur deux centimètres pour faciliter le repérage lorsqu'on passait d'une zone à une autre (voir carte 2 ci-après). La zone la plus au nord couvrait une portion d'espace compris entre la verticale des îles Testard (au nord de Bouraké) et la verticale de Naïa sur la commune de Païta, la seconde partait de Naïa jusqu'à la verticale entre l'îlot Bailly et Atiré sur les communes de Païta, Nouméa et début du Mont Dore, et la troisième de la verticale Bailly/Atiré jusqu'au sud de la corne sud jusqu'à la réserve Merlet.

Sur chacune des cartes étaient placées des feuilles calques de format A3 où les contours des récifs, côtes et îlots étaient imprimés, selon la même configuration que celle des images satellites. Ce système permettait de toujours garder le même fond de carte et d'ajuster les calques sur l'image satellite. Sur ces calques étaient annotées les données observées et ils étaient renouvelés à chaque survol.



Carte 2 : Trois cartes pour la localisation des embarcations lors des survols aériens

C) Jumelles et appareil photo

Les observateurs étaient munis de jumelles 10x50 mm pour les aider à avoir une plus grande acuité dans le repérage et la qualité de l'information à relever.

Les zones de forte concentration d'embarcations étaient systématiquement prises en photo à l'aide d'un appareil photo numérique Nikon D70 à téléobjectif 300 mm de 6 méga pixels de résolution. La haute résolution des photos, une fois transférées sur ordinateur, permettait de pouvoir zoomer fortement sans que l'image ne soit trop rapidement floue. Lorsqu'il était très difficile de reconnaître les embarcations, les photos permettaient en les grossissant de voir leurs caractéristiques.

D) GPS

Les trajets étaient tous suivis par tracking à l'aide d'un GPS qui positionnait l'appareil tous les 1,5 km. Cela permet d'apprécier les écarts entre le plan de vol et l'avion, ainsi que de garder une trace du déroulement du trajet de l'avion.

III. METHODES

A) Protocole d'échantillonnage et recueil des données

1. Définition de la population statistique, de la population cible et de l'unité d'observation

a) *Définition de la population statistique*

La population statistique est composée de deux strates :

- Les types de jours : les jours de semaine, les weekends, les jours de semaine pendant les vacances scolaires et les weekends pendant les vacances scolaires ;
- les saisons : printemps, été, automne, hiver.

Les saisons définies pour l'étude sont l'inverse des saisons des climats tempérés. Nous sommes conscients que le choix délibéré de prendre les saisons inversées par rapport aux saisons tropicales océaniques, telles que définies par Météo France-NC, atténue le particularisme des saisons tropicales qui règlent le climat de la Nouvelle-Calédonie, mais elles ont le mérite de partager l'année en quatre périodes comprenant chacune quasiment le même nombre de jours. Le fait que climat tropical océanique de NC soit composé de saisons de durée variant de cinq mois pour la saison chaude à un mois pour la saison de « transition », ne permettait pas de réaliser un échantillonnage selon les quatre types de jour pour chaque saison, et notamment pour la saison de transition qui était beaucoup trop courte. Celle-ci ne possède par exemple pas de jours de vacances scolaires.

Les dates prises en compte pour le découpage des saisons sont les suivantes :

- Été : 22 décembre au 21 mars,
- Automne : 21 mars au 21 juin ; est une saison de transition entre les saisons chaude et froide,
- Hiver : 21 juin au 23 septembre.
- Printemps : 23 septembre au 22 décembre ; correspond à la saison intermédiaire entre les saisons froides et chaudes.

Pour information, la saison chaude et humide définie par Météo France-Nouvelle-Calédonie couvre mi novembre à mi avril, la saison de transition de mi avril à mi mai, la saison fraîche : mi mai à mi septembre et la saison sèche : de mi septembre à mi novembre.

Ainsi, la population statistique se définit en saisons-type de jours.

b) *Population cible et l'unité d'observation*

La population cible des survols aériens concerne toutes les embarcations de plaisance. Ainsi les bateaux de pêche industrielle ou artisanale de grande taille ne furent-ils pas pris en compte, de même que les bateaux de l'armée, porte-conteneur, ou de transport touristique ou privé (tel celui affrété par la société qui exploite le nickel dans le sud de la Grande Terre).

L'unité d'observation concerne toutes les embarcations de plaisance sur le lagon, qu'elles soient en déplacement ou statique. Elle ne concerne pas les VNM, bien qu'ils aient été répertoriés lorsque cela était possible. Cette donnée, bien que non utile à notre thèse, pourra être utile pour avoir une idée de la spatialisation de cette activité dans le lagon.

2. Stratégie spatio-temporelle d'échantillonnage

a) Stratégie temporelle d'échantillonnage

La procédure d'échantillonnage pour les survols aériens est basée sur une double stratification composée des types de jour et des saisons.

La méthode d'échantillonnage est systématique à poids proportionnel. En effet, plus la fréquentation d'un type de jour est importante, plus il sera échantillonné, tout comme la fréquentation pendant les saisons.

Au total, 43 survols ont été échantillonnés entre novembre 2005 et octobre 2006. L'effort a porté sur l'été et le printemps et dans la mesure du possible sur les vacances et weekends ; les jours ouvrables, l'hiver et l'automne le furent moins selon l'hypothèse que par définition les loisirs se pratiquent pendant les temps libres de la majorité des personnes, c'est-à-dire principalement pendant les fins de semaine, les fins de journée, les congés. Certains peuvent aménager leurs horaires de travail ou disposent de plages de libre pendant la journée et en semaine, c'est pourquoi l'effort d'échantillonnage a également porté sur les jours ouvrables mais est plus réduit qu'en fin de semaine ou pendant les vacances scolaires.

La sélection des jours a été effectuée à partir d'une programmation sur le logiciel Matlab, en utilisant la fonction tirage aléatoire.

Avant chaque vol, les conditions météorologiques étaient consultées. Au-delà de 20/25 nœuds de vent, ou en temps de forte pluie, le vol était annulé. Les pêcheurs plaisanciers ne sortent pas (ou beaucoup moins) en mer dans de telles conditions. A partir de cette vitesse de vent commençaient à se poser des problèmes de visibilité (altérée) et de sécurité. Lorsque le vol était annulé, celui-ci était reporté à un jour possédant les mêmes caractéristiques : même saison, même type de jour.

Un survol a été effectué aux trois quarts, il s'agit de celui programmé le 28/02/06. En raison de l'absence de visibilité entre Prony et Nouméa, l'îlot Mato, la réserve Merlet et la côte entre Prony et Nouméa n'ont pas pu être renseignés.

Le tableau suivant indique pour chaque saison et sous-catégorie le nombre de jours sélectionnés.

Jour échantillonné	été	automne	hiver	printemps	TOTAL/type de jour
semaine	2	2	2	2	8
vac semaine	3	3	3	3	12
week end	4	3	3	4	14
vac week end	3	2	2	2	9
Total/saison	12	10	10	11	43

Tableau 1 : Nombre de jours d'échantillonnage des survols aériens par type de jour et par saison

En raison des conditions météorologiques, d'incidents techniques de l'avion, de sa disponibilité et de la durée limitée des vacances scolaires, il n'a pas été possible d'échantillonner plus de jours de weekends pendant les vacances scolaires. En général, lorsqu'il n'était pas possible de voler le jour prévu, le jour suivant correspondant aux mêmes caractéristiques (type de jour et saison) était automatiquement choisi. Ceci n'a pas été toujours possible, c'est pourquoi les jours de weekends pendant les vacances scolaires ont été moins échantillonnés que prévu (un jour en moins au profit des weekends hors périodes scolaires).

Le tableau suivant présente les jours échantillonnés et reportés en fonction de la saison et du type de jour.

Saison		Jour échantillonné	Jour reporté	Type de jour
Printemps	dimanche	06-nov-05		V-we
Printemps	vendredi	11-nov-05		v-s
Printemps	samedi	19-nov-05		We
Printemps	mardi	22-nov-05		S
Printemps	lundi	05-déc-05		S
Printemps	samedi	17-déc-05		v-we
Printemps	lundi	19-déc-05		v-s
Printemps	mercredi	21-déc-05		v-s
Ete	dimanche	15-janv-06		v-we
Ete	lundi	16-janv-06		v-s
Ete	mercredi	25-janv-06		V-s
Ete	mardi	07-févr-06	Jeudi 16-févr-06	V-S
Ete	samedi	11-févr-06		V-we
Ete	dimanche	19-févr-06	Samedi 04-mars-06	V-we
Ete	lundi	27-févr-06		S
Ete	dimanche	05-mars-06		WE
Ete	dimanche	12-mars-06		WE
Ete	mercredi	15-mars-06	Vendr 17-mars-06	S
Ete	samedi	18-mars-06		WE
Automne	jeudi	23-mars-06	Mercr 29-mars-06	S
Automne	lundi	10-avr-06		V-S
Automne	mercredi	12-avr-06		V-S
Automne	dimanche	16-avr-06		V-WE
Automne	samedi	29-avr-06		WE
Automne	Mardi	02 mai-06	jeudi 04-mai-06	S
Automne	dimanche	07-mai-06		WE
Automne	samedi	13-mai-06		WE
Automne	dimanche	04-juin-06		V-WE
Automne	mardi	06-juin-06		V-S
Hiver	samedi	24-juin-06		WE
Hiver	Dimanche	16-juil-06	Samedi 13- Août-06	WE
Hiver	mercredi	19-juil-06		S
Hiver	dimanche	23-juil-06		V-WE
Hiver	mercredi	26-juil-06		V-S
Hiver	dimanche	06-août-06		WE
Hiver	dimanche	27-août-06		WE
Hiver	mercredi	30-août-06		S
Hiver	mercredi	13-sept-06	lundi 18-sept-06	V-S
Hiver	dimanche	17-sept-06		V-WE
Hiver	vendredi	22-sept-06		V-S
Printemps	samedi	30-sept-06		WE
Printemps	dimanche	01-oct-06		WE
Printemps	samedi	14-oct-06	Dimanche 21-oct-06	WE

Tableau 2 : Jours échantillonnés et reportés en fonction de la saison, et du type de jour

b) Stratégie spatiale d'échantillonnage

Le tracé du plan de vol est le résultat d'un compromis entre l'altitude de vol (1000 pieds = 330 m), la visibilité latérale (repérage possible des bateaux jusqu'à 4 km de l'appareil) et la précision de l'identification du bateau. C'est pourquoi le plan a la forme d'un balayage continu et régulier du lagon dans sa largeur (espacement de 8 km) et dans sa longueur. Il a également privilégié les îlots, lieux de rassemblement des plaisanciers.

Les survols étaient programmés de façon à survoler le lagon en commençant soit par le nord, soit par le sud. L'alternance concernait les jours échantillonnés à l'intérieur de la même saison et du même type de jour.

Le survol « nord » partait de l'aérodrome de Magenta, longeait la côte vers le nord puis le balayage du lagon commençait à partir des îles Testard/Ténia et finissait par le sud, de Kouaré jusqu'à la réserve Merlet. Il longeait ensuite la côte de Prony et du Mont Dore pour finir à l'aérodrome de Magenta (voir carte 1 : plan de vol pour la localisation).

Le survol « sud » partait de l'aérodrome de Magenta vers les îles Fourmi puis vers Bailly, Charron en face du Mont Dore. Puis il se dirigeait vers le Phare Amédée, continuait son balayage vers Kouaré, Merlet, puis longeait la côte de Prony à Bouraké en passant par Nouméa. Il recommençait son balayage à partir des îles Testard/ Ténia et finissait par l'Ever Prosperity puis le récif Snark pour se diriger directement vers l'aérodrome de Magenta.

Cette alternance permettait d'effectuer le même parcours dans le même sens de rotation et de varier les heures de survol pour que les relevés soient effectués en début ou en fin de matinée. En effet, les départs étaient programmés entre 8h30 et 9h, en fonction du trafic aérien, et se terminaient vers 12h – 12h30.

Les heures de survol ont été définies par rapport aux observations empiriques recueillies lors des enquêtes de terrain (voir thèse Jollit, 2010). En effet, la plupart des pêcheurs pêchent tôt le matin, avant que le vent ne se lève. En général, le vent se lève en fin de matinée. Les pêcheurs organisent souvent leur partie de pêche en fonction des conditions de vent, ils partent au levé du jour, pêchent une bonne partie de la matinée, puis se restaurent sur un îlot ou bien rentrent. En définissant ces heures de survol, nous nous appliquons à n'observer qu'un certain type de pratique, les plus répandues. Cependant, nous occultons une partie des pratiques de pêche qui ont lieu toute la journée, l'après midi, le soir et la nuit. Le choix des horaires a été guidé par des raisons éminemment économiques, de sécurité et de disponibilité du pilote et de l'avion.

3. Méthode de collecte des données

Chaque observateur avait pour consigne de scruter la portion de mer entre la (quasi) verticale de l'avion et une distance de 4 km. L'observation de cette bande permettait de limiter au maximum les doubles comptages.

A chaque fois qu'une embarcation était repérée, les observateurs devaient identifier le positionnement le plus exactement possible en s'aidant de la carte, de la configuration du lagon, du positionnement des îlots et récifs, de la barrière de corail etc... Puis, ils notaient le positionnement de l'embarcation sur les calques des cartes en dessinant un point ou une croix pour les embarcations statiques ; ou une flèche pour les embarcations en mouvement. La flèche devait indiquer la direction de déplacement de l'embarcation.

Deux annotations devaient être ajoutées près du point ou flèche au stylo rouge pour qu'elles se démarquent du fond de carte :

1. le type d'embarcation. Les codes employés étaient les suivants :
 - c = canot (embarcation pilotée à partir de la barre franche du moteur)
 - m = moteur (embarcation motorisée pilotée à partir d'un volant)
 - v = voilier
 - js = VNM (véhicule nautique à moteur, jet-ski ou moto marine)
2. l'activité (pêche, croisière, mouillage, plongée sous marine) selon les codes suivants :
 - f = pêche (fishing)
 - p = parking (mouillage)
 - d = plongée sous marine (diving)
 - n = non utilisé et au mouillage

Lorsqu'un observateur prenait une photo, il inscrivait le numéro de la photo à l'encre verte sur le calque. Cela facilitait les repérages par la suite lors de la saisie des points sur SIG.

4. Synthèse des stratégies spatio-temporelles

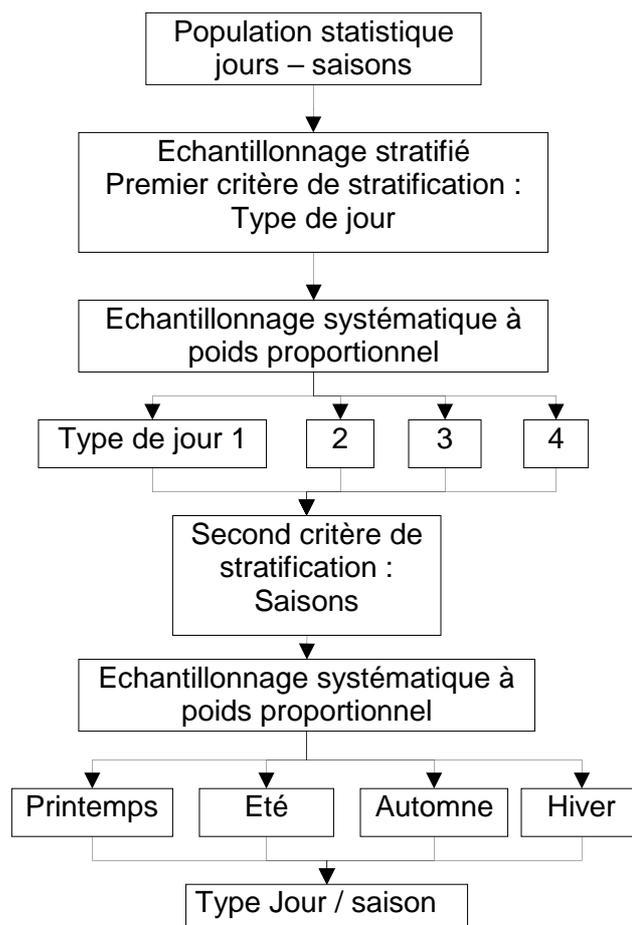


Figure 1 : Méthode d'échantillonnage des types de jour et saison pour les survols aériens

B) Saisie des observations dans la base de données

Après chaque sortie, les observations issues des cartes étaient comparées avec les photos aériennes prises lors de la sortie et on réajustait le nombre d'embarcations ainsi que les positionnements.

Les calques issus des deux observateurs étaient compilés par transparence sur un seul calque. Puis la compilation était scannée : au total, il y avait trois calques A3 scannés par survol.

Les documents scannés ont tous été géoréférencés sur le SIG Arc GIS et par procédure semi-automatique.

La DTSI a développé une interface de travail efficace et rapide sous Arc PAD qui permettait, pour chaque digitalisation d'un bateau, la saisie des champs correspondants. Les champs renseignés sont les suivants :

- **Identifiant** : numéro automatiquement attribué par l'ordinateur,
- **type de bateau** (cf point précédent)
- **activité** (cf point précédent), avec un nouvel attribut ajouté. Il s'agit des bateaux au mouillage non utilisés. En effet, les bateaux ancrés devant les propriétés n'étant pas utilisés ont été exclus des analyses.
- **direction** : si l'embarcation était en mouvement, la direction de l'embarcation a été reportée selon huit secteurs : 0-45-90-135-180-225-270-315-360. Lorsque l'embarcation était statique, on lui attribuait le nombre 999.

Puis, une fois que tous les points ont été digitalisés, de nouveaux champs ont été créés et renseignés :

- **Lieu** : le lieu où l'embarcation a été observée était indiqué ;
- **Opérateurs** : il s'agit d'inscrire les deux premières initiales des observateurs. Par exemple : « Is Jo » pour Isabelle Jollit. Les observateurs qui ont le plus contribué à ces survols sont : Bruno Granger, spécialiste en SIG, Pablo Chavance, halieute Zonéco, Philippe Borsa, généticien IRD.
- **Date du jour de vol**
- **Saison** : été, automne, hiver, printemps
- **Type de jour** : we pour week end, vwe pour vacances week end, s pour semaine, et vs pour vacances semaine
- **Biotope** : par commodité, ce champ « biotope » correspond à une typologie de la géomorphologie corallienne, établie par S. Andrefouët (Andréfouët et Torres-Pulliza, 2004). Nous avons superposé cette typologie au positionnement des bateaux pour obtenir, pour chacun d'entre eux, un type de biotope.
- **Gradient_C** : ce gradient est défini par rapport à l'éloignement de la côte. Quatre gradients ont été définis : côtier (dans une bande de 250m de la côte), intermédiaire, barrière, et barrière externe.
- **Ensoleillement** : en nombre de minutes d'ensoleillement
- **Orientation du vent** : la moyenne de l'orientation du vent a été effectuée sur la station de Nouméa pendant la période comprise entre 8h30 et 12h30. Le nombre reporté est en degré.
- **vitesse du vent** : la moyenne a été calculée entre 8h30 et 12h30, exprimée en nœuds.
- **Sens** : le sens du vol : s'il a commencé par le nord ou par le sud
- **Marée** : montante, descendante, étale de haute mer, étale de basse mer
- **Heure de survol** reportée est calculée en système décimal. Les heures reportées correspondent à des intervalles d'un quart d'heure.

C) Méthodes d'analyse

Les analyses cartographiques ont été réalisées sur le logiciel ARC GIS. Les cartes qui en sont issues concernent :

- la fréquentation annuelle de l'ensemble de la plaisance et de la pêche plaisancière selon plusieurs critères : saison, type de jour,
- la distribution spatiale de la plaisance et de la pêche plaisancière en fonction des biotopes/habitats,
- la fréquentation des îlots et les capacités de charge des récifs, îlots en fonction du piétinement, des ancres et de la fréquentation des plages

1. Analyses statistiques

a) Fréquentation annuelle de la plaisance : l'effort de la plaisance

La méthode utilisée pour estimer le nombre de sorties en mer (que nous avons dénommé l'effort de plaisance) par l'ensemble des plaisanciers prend en compte pour chaque type de jour et saisons : le nombre d'observations total sur l'ensemble des survols, le nombre de jours d'observations, le nombre de jours par type de jour et par saisons que compte une année.

$$E = \frac{N_{s,j}}{Z_{s,j}} * Z_{s,j}$$

Où E = effort annuel de la plaisance E

$N_{j,s}$ = nombre de bateaux observés par saison s et par type de jour j

$Z_{j,s}$ = nombre de jours d'observation par saison s et par type de jour j

$Z_{j,s}$ = nombre de jours dans une année en fonction de la saison s et du type de jour j

b) Fréquentation annuelle de la pêche plaisancière

• Effort de pêche

Les bateaux pratiquant la pêche représentent 19% des observations de bateaux actifs (c'est-à-dire des bateaux utilisés par les propriétaires lors des observations), et la proportion de bateaux dont l'activité n'a pas pu être renseignée pour 40% d'entre eux. L'effort de pêche annuel a donc été déduit de l'effort annuel de la plaisance, auquel a été appliquée une proportion de pêche par type de jour et saison. Cette proportion provient des enquêtes de terrain que nous avons réalisées pendant la thèse de Jollit (2010).

% pêche	été	automne	hiver	printemps	Tous types de jour
Sem	75	100	75	74	75
Sem-vac	78	81	100	88	87
WE-vac	74	73	82	71	74
WE	81	97	76	80	81
Toutes saisons	74	80	80	77	78

Tableau 3 : Proportion de pêcheurs parmi l'ensemble des plaisanciers enquêtés par type de jour et saisons.

$$EP = E_{s,j} * P_{s,j}$$

Où EP = effort de pêche annuel

$E_{j,s}$ = effort de la plaisance E par saison s et par type de jour j

$P_{j,s}$ = Proportion de bateaux ayant pratiqué la pêche par saison s et par type de jour j

- **Quantités prélevées**

La méthode des survols aériens n'a pas permis de connaître la quantité de ressources prélevées par les plaisanciers observés. Cependant, dans la thèse de Jollit (2010), des enquêtes de terrain dans les rampes ont permis d'estimer l'ampleur des prélèvements. Appliquées aux observations aériennes et aux estimations de l'effort de pêche, les productions annuelles ont pu être estimées. La méthode développée pour estimer les productions est expliquée dans la thèse de Jollit (2010).

- **CPUE : captures par unité d'effort**

Elles sont calculées en divisant la production par l'effort de pêche.

c) Fréquentation en fonction des habitats

La fréquentation des habitats par les plaisanciers et par les pêcheurs plaisanciers a été réalisée à partir de la cartographie des entités géomorphologiques issues de l'atlas des récifs coralliens (Andréfouët et Torres-Pulliza, 2004). La classification des récifs coralliens effectuée par S. Andréfouët est très détaillée. Pour les besoins de cette étude, un tel niveau de précision n'est pas nécessaire, c'est pourquoi certaines classes ont été regroupées.

Par ailleurs, dans la classification d'origine, il n'y a pas de distinction entre les récifs frangeants, alors que la pêche est différente selon s'il s'agit d'un récif frangeant côtier ou d'îlot. Or une telle distinction entre les récifs frangeant côtiers et d'îlots s'avérerait nécessaire car les plaisanciers ne les « utilisent » pas de la même manière.

Au total, 14 classes ont été définies ou conservées, dont voici les caractéristiques :

- récif frangeant côtier
- récif frangeant îlot

Les classes suivantes sont d'origine.

- massif corallien lagunaire peu profond
- massif corallien lagunaire profond
- récif barrière platier
- récif barrière pente externe
- récif barrière à terrasse lagunaire à construction corallienne peu profond
- récif barrière à terrasse lagunaire sans construction corallienne peu profonde
- passe

Les espaces non coralliens ont été répartis en trois classes :

- lagon intérieur de 0 à 250 m cote sans récif (espace lagunaire proche des côtes compris dans une bande de 250 m de large)
- lagon intérieur correspondant au fond de lagon
- haute mer.

Pour connaître la fréquentation effective des habitats par les plaisanciers, ont été pris en considération les bateaux observés directement sur les habitats ainsi que ceux distants de 250 mètres maximum de ceux-ci. Cette bande de 250 m est appelée zone tampon (buffer) et fut créée en raison de plusieurs raisons :

1. La première est relative au site lui-même. Elle concerne le choix du lieu d'ancrage de certains plaisanciers relativement éloigné de l'habitat fréquenté. A titre d'exemple, les plaisanciers qui pêchent sur des récifs frangeants d'îlots peuvent ancrer à une certaine distance de celui-ci pour ne pas que l'embarcation s'abîme sur les récifs. Or, dans la typologie des récifs coralliens, cette zone d'ancrage est associée au lagon intérieur.
2. La seconde concerne la résolution des images satellites utilisées pour réaliser la cartographie des récifs coralliens. Elle est de l'ordre de 28,5 et 30 m. Elle a généré un lissage des données surtout pour des structures coralliennes de taille inférieure à celle de deux ou trois pixels (c'est-à-dire entre 60 et 90 m). Cette imprécision relative cumulée à celle du calage des images (géoréférencement) estimé à environ 100 mètres et pour les cas les plus extrêmes à 250 m, engendre parfois un décalage du positionnement des limites des entités géomorphologiques de 30 à 60 mètres (Andréfouët et Torres-Pulliza, 2004).
3. Il s'agit également de corriger l'imprécision de l'observation sur les fonds meubles lagunaires. Plus un bateau était proche d'une structure corallienne, plus la précision du positionnement était satisfaisante. Dans l'espace lagunaire sur fonds meubles, une légère imprécision de positionnement pouvait avoir lieu par manque d'amers. La zone tampon a été un moyen de corriger cette imprécision et de la rendre négligeable.

La création de zones tampons implique nécessairement un chevauchement, surtout dans des espaces avec une grande diversité corallienne (notamment près de la barrière de corail). Chaque bateau présent sur deux zones à la fois a été révisé pour se faire attribuer une typologie unique. Le choix a été effectué en fonction de la distance la plus proche de l'entité.

2. Analyses spatiales

La méthode utilisée pour cartographier la fréquentation du lagon par les plaisanciers ou les pêcheurs plaisanciers a consisté dans un premier temps à réaliser un maillage en nid d'abeille. Chaque maille couvre 86,4 ha. Ensuite, pour une variable donnée, les valeurs comprises à l'intérieur d'une maille ont été cumulées pour obtenir des densités par unité de surface.

3. Capacité de charge des récifs et îlots

Les capacités de charge concernent :

- le nombre maximal de pêcheurs au même moment sur une zone de pêche,
- le nombre de visiteurs pouvant générer la destruction des récifs frangeants d'îlots.

a) Nombre maximal de pêcheurs par km²

La capacité de charge limite de 5 pêcheurs par km² est déterminée par McClanahan *et al.*, 2002. Les valeurs ont été obtenues en prenant en compte le plus grand nombre d'observations aériennes par jour, auxquelles ont été associées les moyennes du nombre de pêcheur par bateau issues des enquêtes de terrain (moyenne=2,446) de la thèse de Jollit (2010).

b) Piétinement des récifs par les visiteurs

Pour aborder la capacité de charge des récifs frangeants, il a été fait l'hypothèse que l'impact du piétinement ou de la destruction physique de coraux par les visiteurs (en marchant, ou avec des palmes) s'opérait sur une bande large de 50 m à partir du rivage. A partir de la cartographie des récifs coralliens de S. Andréfouët (Andréfouët et Torres-Pulliza, 2004), la superficie de coraux potentiellement concernés par le piétinement a été déterminée.

Ensuite, la littérature scientifique propose une aire moyenne impactée de 16 m². En multipliant le nombre de visiteurs par an par cette donnée, on obtient l'intensité de piétinement.

Le nombre de visiteurs est obtenu en multipliant le nombre de bateaux fréquentant annuellement les îlots par le nombre moyen de personnes à bord d'une embarcation (4,3 passagers à bord, données issues de la thèse de Jollit (2010).

La capacité de charge proposée par Leujak (Leujak et Ormond, 2008) s'élève à 50 personnes/m² de corail/an.

A partir des capacités de charge, un degré de vulnérabilité a été établi. La vulnérabilité est considérée comme forte lorsque le nombre de visiteurs est supérieur à la moitié de la capacité de charge, moyenne lorsque ce nombre atteint au moins le tiers et faible quand il atteint le quart.

c) Surpopulation des plages

- **Surpopulation physique**

Elle est évaluée à partir de la capacité de charge physique. La CCP d'une plage est entendue comme le nombre maximal de visiteurs pouvant occuper une plage au même moment (Williams et Lemckert, 2007). Dans les années 1989, une étude systémique en Floride fixait un total de 4,6m² de plage de sable sec par personne (Anonyme, non daté) au même moment. Ce seuil servira donc pour les analyses.

- **Surpopulation perçue**

Elle est déterminée par la capacité de charge sociale. La surfréquentation des plages a souvent été le facteur majeur de cause d'insatisfaction cité par les touristes (Hoover *et al.*, 1985; Leujak et Ormond, 2007; Musa, 2002). Selon (Budruk *et al.*, 2008), la foule ou de la surpopulation est un concept normatif qui intervient lorsque le niveau d'usage interfère avec les activités (Manning, 1999) ou bien lorsqu'il dépasse un standard acceptable (Vaske et Donnely, 2002). Ce concept a été défini comme une évaluation négative, personnelle et subjective de certains niveaux d'utilisation (Manning et Ciali, 1980). Le fait qu'il soit basé sur un jugement personnel et individuel du niveau d'utilisation approprié à un lieu ou un temps donné (Kuentzel et Heberlein, 2003) en fait un concept dynamique, non figé et évolutif (DeRuyck *et al.*, 1997). Cette évaluation subjective peut être influencée par une variété de facteurs qui peuvent être classés en trois groupes : les caractéristiques individuelles, les caractéristiques des autres, et des facteurs situationnels (Manning, 1999). A cela s'ajoute le facteur temporel.

En Nouvelle-Calédonie, nous ne disposons pas de seuils pour la capacité de charge sociale des plages bien que la littérature soit prolixe à ce sujet. D'après notre connaissance empirique du contexte calédonien, il semble que le seuil de 15 m²/personne (Trousedale, 1997) convienne le mieux.

IV. RESULTATS

Au total, près de 12 000 embarcations ont été observées (11 817 exactement). Ci-après sont présentées les statistiques sur ces observations.

A) Analyses statistiques

1. Types de bateau

La fréquentation du lagon par les bateaux de différentes catégories ou tailles est inégale : 58% des bateaux observés sont à moteur, 27% sont des voiliers, et 15% sont des canots. Ces dernières embarcations sont appelées aussi « plates », dotées de moteurs. Dans cette étude, les canots se distinguent des bateaux à moteur par le fait qu'ils sont pilotés à partir de la barre franche du moteur.

Les jets-skis (ou VNM¹) n'ont pas été systématiquement répertoriés. Leur effectif est donc sous-évalué. Cependant, 169 VNM ont été dénombrés, c'est-à-dire 1,5% de la totalité des bateaux observés. Bien que certains propriétaires de VNM utilisent cet engin pour aller pêcher, il ne constitue pas un moyen de transport privilégié pour la pratique de cette activité. A ce titre, ils n'ont pas été pris en compte pour le reste des analyses.

Types d'embarcations	Nombre de bateaux	Pourcentages (hors VNM)
moteur	5963	58,4
voilier	2748	26,9
canot	1497	14,7
Total	10208	100
VNM	169	-

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des types d'embarcations

2. Activités pratiquées par les plaisanciers

a) Détail pour l'ensemble des observations de bateaux actifs

Lors des observations, 12% des embarcations (hors VNM) n'étaient pas utilisés. Elles étaient au mouillage ou correspondaient à des bateaux stationnés en permanence sur des îlots. Ces embarcations ont été retirées de la base pour les analyses cartographiques. Au total 10 208 bateaux sont considérés comme actifs. Les analyses statistiques réalisées dans le reste du document prennent en compte uniquement les bateaux actifs, sauf si spécifié.

¹ VNM = véhicules nautiques motorisés

Activité	Nombre de bateaux actifs*	Pourcentages bateaux actifs*
mouillage balade	4169	40,8
indéfini	3944	38,6
pêche	1937	19,0
mouillage non utilisé	-	-
plongée	111	1,1
balade, plaisance	47	0,5
Total	10208	100,0

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des activités pratiquées par les propriétaires de bateaux.

* : les bateaux sont dits actifs lorsqu'ils sont utilisés par leurs propriétaires lors des observations.

Parmi les bateaux actifs, une importante proportion de bateaux 41% était ancrés ou au mouillage. Parmi tous ces bateaux, 36% sont ancrés sur des îlots, 20% sur des récifs et 45% sur des fonds meubles du lagon.

La pêche est pratiquée par un minimum de 19% des plaisanciers. D'après les statistiques issues de la thèse de Jollit (2010), 56% des plaisanciers possédant une embarcation à moteur (moteur et canots confondus) pêchent le jour de l'enquête et 75% pratiquent au moins quatre fois par an la pêche. La différence entre les résultats issus des observations aériennes et des données d'enquêtes s'explique d'une part par le nombre relativement important de bateaux dont l'activité n'a pas été définie lors des survols aériens (39% de l'ensemble des observations de bateaux actifs), d'autre part parce que de nombreux propriétaires de bateaux pratiquent plusieurs activités au cours d'une sortie. Certains bateaux ont pu pratiquer la pêche avant ou après l'observation.

La plongée sous-marine est exercée par de nombreuses sociétés de plongée (sept au total en 2010 dans le Grand Nouméa), mais représente 1% de l'activité de plaisance dans le lagon. De même, la balade de plaisance, sans la pratique de la pêche, n'a été repérée que dans 0,5% des cas. Ils concernaient principalement les voiliers.

Pour des questions de visibilité limitée dues à l'éloignement des objets observés, due ou aux conditions météo défavorables, il n'a pas été possible de définir l'activité de 39% des observations.

b) *Détail pour les observations de bateaux actifs et statiques*

De nombreux bateaux étaient en mouvement lors des observations, 69% d'entre eux sont statiques, ou bien ils se déplacent suffisamment lentement pour que le mouvement ne soit pas observable d'avion (dérive). Nous considérons les bateaux statiques comme ayant atteint une de leurs cibles géographiques, c'est-à-dire le lieu où ils pratiquent leur activité (au total 7052 observations).

Parmi tous les bateaux à moteur actifs, 61,7% sont statiques. Il en est de même pour les canots (61,2%). Les voiliers, quant à eux sont à 57,8% statiques. Ces pourcentages nous amènent à faire l'hypothèse que la majorité des bateaux ont atteint l'un de leurs objectifs géographiques au moment des observations c'est-à-dire entre 8h30 et 12h30.

Activité	Nombre de bateaux concernés	Pourcentage
mouillage balade	4163	59,0
pêche	1859	26,4
indéfini	909	12,9
plongée	109	1,5
balade, plaisance	12	0,2
Total	7052	100,00

Tableau 6 : Tableau récapitulatif des activités des bateaux actifs statiques

D'après le tableau, la majorité des bateaux actifs et statiques sont au mouillage (îlots ou récifs). La pêche est effectuée par 26% d'entre eux. On peut déduire que 7,5% de la pêche est effectuée par des bateaux en mouvement, c'est-à-dire très probablement par des bateaux pratiquant la pêche à la ligne de traîne ou à la main. Ceci est corroboré par les analyses de la thèse de Jollit (2010) qui indiquent que 10% des pêcheurs ont utilisé la ligne de traîne lors d'une partie de pêche.

Notons que la proportion de bateaux pratiquant la pêche est plus importante que celle des bateaux dont l'activité est indéfinie. Elle représente donc l'activité phare des plaisanciers.

Les activités de plongée et de plaisance (balade en mer) restent minoritaires.

c) *Détail par type de bateaux actifs et statiques*

Lors des survols, rappelons que trois types de bateaux ont été identifiés : les moteurs, canots et voiliers.

types d'embarcations	Nombre de bateaux	Pourcentages
moteur	4068	57,7
voilier	1309	18,6
canot	1675	23,8
total	7052	100

Tableau 7 : Nombre de bateaux actifs et statiques par types de bateaux

Plus de la moitié des bateaux statiques observés sont des embarcations à moteur (57,6%). Les voiliers représentent seulement 24% de la totalité des bateaux immobiles, et les canots le sont à hauteur de 18,5%.

La figure suivante présente l'activité des plaisanciers par type de bateaux, actifs et statiques.

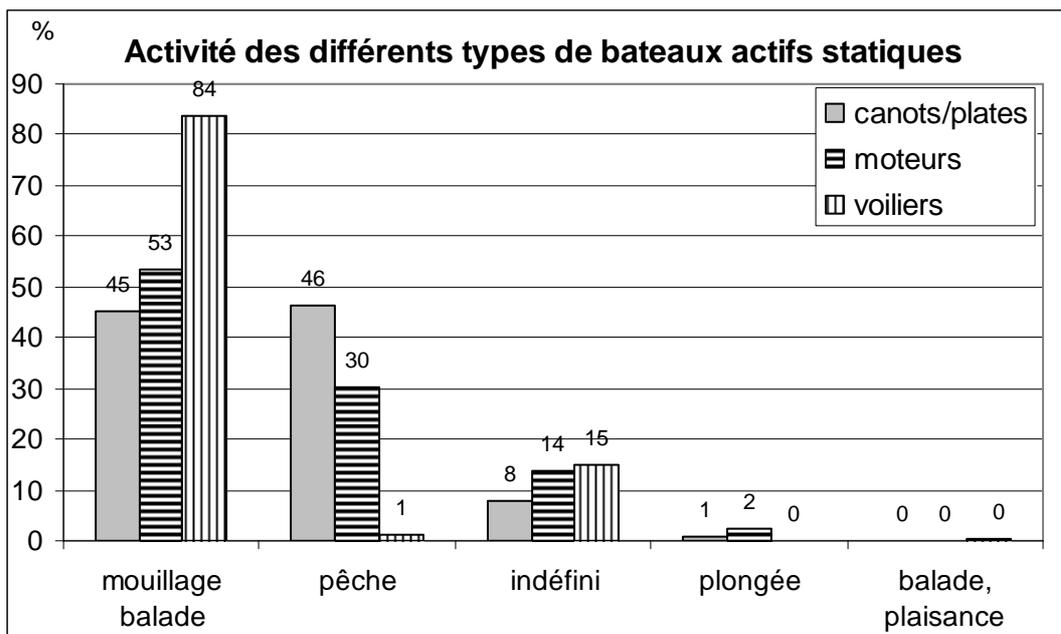


Figure 2 : Activité des différents types de bateaux actifs et statiques²

Les activités pratiquées lors d'une sortie en mer diffèrent de manière importante selon les types de bateaux.

En majorité, les voiliers et les bateaux à moteur ont été observés au mouillage lors d'une sortie en mer. La pêche est l'activité la plus largement observée parmi les propriétaires de canots puis par ceux des bateaux à moteur, alors qu'elle est très faiblement pratiquée par les voiliers.

La part de bateaux dont l'activité est indéfinie est la plus importante pour les voiliers et les bateaux à moteur que pour les canots.

Le fort pourcentage de voiliers au mouillage s'explique par les motivations premières de propriétaires dont le principal objectif est de visiter le lagon. Au vu de la forte proportion de voiliers, il est possible de conclure que le principal but d'une balade en mer pour les propriétaires de ces navires est de rejoindre un lieu agréable où ancrer.

En somme, le type de bateau est déterminant dans l'activité pratiquée. Les canots et les bateaux à moteur sont les plus utilisés pour la pratique de la pêche. En effet, même si les voiliers dont l'activité est indéfinie sont considérés comme pratiquant la pêche, la proportion sera beaucoup plus faible que celle des autres types de bateaux.

² Récapitulatif des activités des différents types de bateaux actifs et statiques

Activité	Nb moteurs actifs statiques	%	Nb canots actifs statiques	%	Nb voiliers actifs statiques	%
mouillage balade	2172	53,4	590	45,1	1401	83,6
pêche	1232	30,3	608	46,4	19	1,1
indéfini	560	13,8	101	7,7	248	14,8
plongée	99	2,4	10	0,8	0	0,0
balade, plaisance	5	0,1	0	0,0	7	0,4
total	4068	100,0	1309	100,0	1675	100,0

De même, même si l'activité des bateaux à moteurs dont l'activité est indéfinie concernait la pratique de la pêche, la part de pêcheurs parmi les bateaux à moteur serait inférieure à celle des canots. Cela laisserait-il supposer que les propriétaires des petites embarcations sont plus enclins à pratiquer la pêche. Le facteur économique influencerait-il l'activité de pêche ?

3. Analyse temporelle sur les bateaux actifs

a) Saisons

Un échantillonnage a été effectué pour déterminer le nombre de survols sélectionnés par saison. Pour rappel, 11 survols avaient été programmés en été, hiver et printemps et 10 en automne.

Pour pouvoir faire une analyse comparative, nous avons rectifié les pourcentages des bateaux présents pendant les saisons d'été, printemps et automne en prenant en compte le nombre de jours échantillonnés. C'est pourquoi, une colonne est intitulée « Pourcentages corrigés ».

saison	Nombre de bateaux	Pourcentages	Pourcentages corrigés	Nombre de jours échantillonnés
été	3341	32,18	32,18	11
hiver	2714	26,14	26,14	11
printemps	2368	22,81	22,81	11
automne	1960	18,88	20,76	10

Tableau 8 : Présence de bateaux actifs en fonction des saisons

D'après ce tableau, il ressort que les embarcations préfèrent sortir pendant la saison d'été : 32,2%. Puis, l'hiver est la saison la plus fréquentée (26%) et enfin les saisons intermédiaires (22,8% et 20,8%).

Il va de soi que les conditions météorologiques de chaque saison influencent les choix de sortie des plaisanciers en mer. En été, le temps est clément, et donc propice aux sorties en mer. La saison cyclonique et les pluies en automne expliqueraient la désaffection de cette saison par les plaisanciers.

En hiver, le froid relatif constituerait un facteur limitant, surtout pour la pêche au fusil.

b) Types de jours

Type de jour	Nombre de bateaux	Pourcentages	Pourcentages corrigés	Nombre de jours échantillonnés
Week end	4116	39,64	28,32	14
Vac week end	2725	26,24	29,16	9
Vac semaine	2186	21,05	17,54	12
semaine	1356	13,06	16,32	8
	10383	100,00		

Tableau 9 : Sorties des bateaux actifs selon le type de jour

De la même manière que pour les saisons, les pourcentages ont été corrigés en fonction du nombre de jours échantillonnés.

Deux classes de statistiques se démarquent fortement du tableau : les jours échantillonnés pendant les fins de semaine et ceux pendant les jours de semaine. Au total, près de 57,5% des bateaux sont observés pendant les fins de semaine et 33,7% pendant les jours de semaine.

Contrairement aux études qui ressortaient des enquêtes de terrain de la thèse de Jollit (2010), le lagon est légèrement plus fréquenté les fins de semaine pendant les vacances scolaires ou pendant les jours fériés (liés à des « ponts ») que pendant les fins de semaine classiques.

Il semble normal que la part des bateaux présents pendant la semaine soit inférieure à celle des weekends (environ 20% en moins). Cependant, le fait que le nombre de bateaux sortis pendant les jours de semaine soit inférieur au total des sorties pendant les jours de semaine pendant les vacances scolaires semble logique, même si nous pouvions nous attendre à une différence plus importante. Plusieurs hypothèses peuvent être émises pour tenter d'expliquer cette différence : tout d'abord, les vacances scolaires d'été sont l'occasion de partir du territoire pour de nombreux Calédoniens. D'autre part, la présence de bateaux pendant les jours de la semaine ne concernerait que les catégories socio-professionnelles ayant des emplois du temps qui leur laisse du temps libre pendant les jours de travail (enseignants, patentés, artisans, professions libérales...).

4. Degré d'éloignement de la côte

La majorité des bateaux a été rencontrée dans la zone intermédiaire qui correspond à l'espace lagunaire compris entre 250 mètres des côtes et la barrière de corail. 63% des bateaux sont présents dans cet espace. Ensuite, près de 23% des bateaux ont été observés à l'intérieur de la bande côtière à moins de 250 m des côtes. Puis, 12% des observations furent observés sur la barrière de corail et enfin moins de 3% à l'extérieur du lagon, derrière la barrière de corail.

Gradient à la côte	Nombre de bateaux	Pourcentages
intermédiaire	4493	62,92
côtier	1619	22,67
barrière	835	11,69
barrière ext.	194	2,72
total	7141	100,00

Tableau 10 : Nombre de bateaux actifs statiques selon l'éloignement de la côte

Si l'on affine les analyses par types de bateaux, on remarquera des différences significatives.

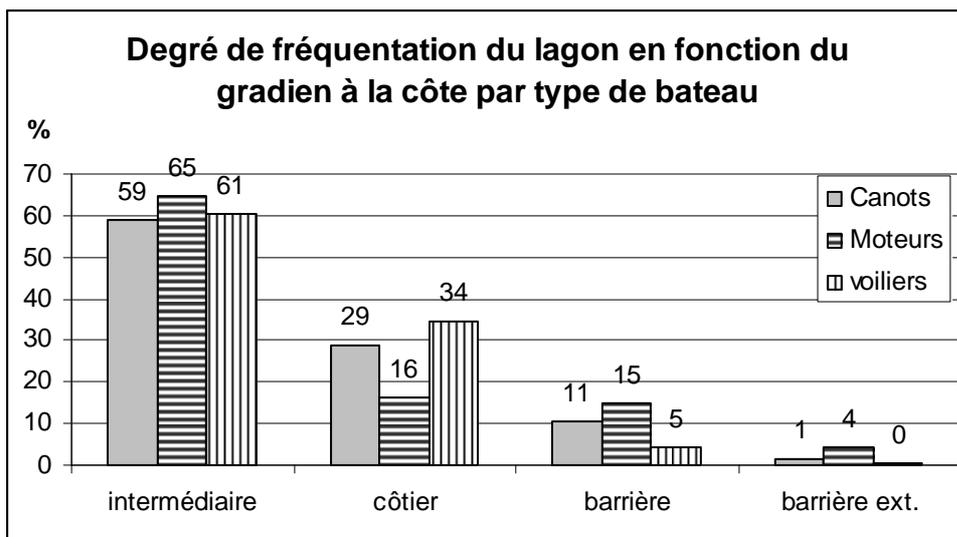


Figure 3 : Fréquentation des moteurs actifs statiques selon l'éloignement de la côte³

Le gradient de fréquentation à mesure que l'on s'éloigne de la côte est légèrement corrélé avec la taille des bateaux. Les canots sont plus présents dans l'espace lagunaire côtier que les moteurs (canots : 29% et moteurs : 16%). Ils sont en grande majorité inclus dans une bande de 20 km de large le long des côtes, sauf à partir de la perpendiculaire passant par la passe de Boulari. Bien que leur présence soit beaucoup moins importante au sud de cette ligne, il n'en reste pas moins que leur présence est remarquée jusqu'à l'îlot Kouaré.

Inversement, les moteurs sont plus présents à l'extérieur de la barrière de corail (canots : 1% et moteurs : 4%) que les canots. En effet, cet espace est fréquenté par des bateaux dont la taille et la puissance permettent un minimum de sécurité et de confort de mer. Il s'agit en majorité de bateaux à moteurs.

Les voiliers sont les plus présents dans l'espace côtier (35%). En effet, une très forte majorité des voiliers a été repérée au mouillage dans les différentes baies de la côte sud-ouest (dans la baie Maa et la baie de Prony : baie du carénage et la rade de l'est composée de quatre baies qui offrent des abris efficaces pour le mouillage) ou sur les îlots.

³ Tableau de fréquentation des bateaux actifs statiques selon l'éloignement de la côte et par type de bateau

Gradient à la côte	Nombre de canots	% Canots	Nombre de moteurs	% Moteurs	Nombre de bateaux	% Voiliers
intermédiaire	775	59,21	2642	64,95	1023	60,57
côtier	376	28,72	656	16,13	582	34,46
barrière	140	10,70	603	14,82	76	4,50
barrière ext.	18	1,38	167	4,11	8	0,47
total	1309	100,00	4068	100,00	1689	100,00

5. Fréquentation des biotopes

a) Par l'ensemble des bateaux actifs et statiques

Biotope	Nombre de bateaux	Pourcentages
massif corallien lagonaire peu profond	2289	32,5
lagon intérieur	1358	19,3
récif frangeant îlot	1086	15,4
lagon intérieur 250m cote	640	9,1
récif frangeant côtier	592	8,4
barrière terrasse lagonaire sans construction corallienne peu profond	411	5,8
barrière platier	365	5,2
barrière pente externe	117	1,7
lagon extérieur	76	1,1
massif corallien peu profond de mer intérieure	66	0,9
passe	35	0,5
barrière terrasse lagonaire à construction corallienne peu profond	8	0,1
massif corallien lagonaire profond	5	0,1
massif corallien profond de mer intérieure	4	0,1
Total	7052	100,00

Tableau 11 : Fréquentation des biotopes par les bateaux statiques et actifs

D'après le tableau 11, les biotopes les plus fréquentés par les bateaux actifs et statiques (33%) sont les massifs coralliens lagonaire peu profonds (dont la profondeur n'excède pas 5 mètres). 19% des bateaux sont observés dans le lagon intérieur, c'est-à-dire les fonds meubles du lagon. Le biotope correspondant aux récifs frangeants d'îlots est également fortement fréquenté par 15% des embarcations. Dans une moindre mesure, les récifs frangeants côtiers, le platier et les terrasses lagonaire sans constructions coralliennes peu profondes de la barrière de corail sont fréquentés par 5 à 8% des bateaux. De même, l'espace lagonaire sans construction corallienne situé dans une bande de 250m de la côte est fréquenté par 9% des bateaux.

Les massifs coralliens typiques de la corne sud, profonds ou peu profonds, ou de mer intérieure sont visités par 1% des bateaux.

Les passes quant à elles, comptabilisent près de 0,5% des observations.

Les récifs et massifs coralliens (tous biotopes récifo-coralliens confondus) sont les biotopes les plus fréquentés, d'une part parce qu'ils sont les biotopes les plus présents de l'espace lagonaire (hormis les fonds meubles) : ils couvrent à eux seuls environ 900 km² (c'est-à-dire 2% de l'espace lagonaire de la zone étudiée). D'autre part, ils constituent des objectifs de visite en soi pour leur côté aménitaire : la plaisance pure y trouve quiétude, plaisir des yeux par les paysages marins exceptionnels, ou pour la pêche : les pêcheurs savent qu'ils trouveront la ressource qu'ils recherchent dans ces habitats souvent faciles d'accès.

Le fort pourcentage des bateaux fréquentant les récifs d'îlot est principalement dû au fait que les îlots soient des endroits privilégiés de détente et de mouillage. Il en est de même pour les massifs coralliens lagonaire peu profonds, qui de plus sont très prisés par les pêcheurs.

Le lagon intérieur est également fortement fréquenté par les plaisanciers et surtout par les pêcheurs sur des fonds dépassent 20 mètres de profondeur ou en pleine mer.

La barrière de corail est également un lieu fréquenté mais dans une moindre mesure : les terrasses lagunaires peu profondes sans constructions coralliennes sont moyennement fréquentées, soit pour la plaisance pure, soit par des bateaux qui y mouillent pour pouvoir ensuite accéder aux massifs coralliens de la barrière de corail pour y pratiquer la pêche. La barrière externe, assez peu visitée, est surtout fréquentée pour la pêche.

Les complexes coralliens du grand sud sont très peu fréquentés. A part les îlots où les bateaux sont au mouillage (Mato, Kouaré, Ua, Uatio, Puemba, Pumbo, Noé, Vua, Iéroué, Uaterembi, Gi et N'Gé) les récifs sont principalement fréquentés pour la pêche.

b) Par types de bateaux actifs et statiques

Biotope	Pourcentages bateaux	Pourcentages moteurs	Pourcentages canots	Pourcentages voiliers
massif corallien lagunaire peu profond	32,5	34,64	28,27	38,09
lagon intérieur	19,3	17,82	18,49	15,70
récif frangeant îlot	15,4	15,81	15,43	14,39
lagon intérieur 250m cote	9,1	5,46	13,06	14,75
récif frangeant côtier	8,4	5,83	12,07	11,76
barrière terrasse lagunaire sans construction corallienne peu prof	5,8	6,96	4,97	3,76
barrière platier	5,2	7,01	5,04	0,84
barrière pente externe	1,7	2,46	1,15	0,12
lagon extérieur	1,1	1,60	0,46	0,30
massif corallien peu profond de mer intérieure	0,9	1,35	0,61	0,18
Passe	0,5	0,81	0,15	-
barrière terrasse lagunaire à construction corallienne peu profond	0,1	0,10	0,31	-
massif corallien lagunaire profond	0,1	0,07	-	0,12
massif corallien profond de mer intérieure	0,1	0,10	-	-
Total %	100	100,00	100,00	100,00
Total bateaux	7052	4068	1309	1689

Tableau 12 : Fréquentation des biotopes par type de bateaux statiques et actifs

Les coraux et récifs sont les biotopes les plus fréquentés par tous les types de bateaux. On observe un plus fort pourcentage de canots sur les récifs frangeants côtiers et le lagon intérieur jusqu'à 250m des côtes. Dans le même ordre d'idée, le platier de la barrière de corail compte plus de bateaux à moteurs. Les voiliers sont plus présents dans la bande lagunaire distante de 250m de la côte, et sur les récifs frangeants côtiers.

Aucun canot n'a été observé sur des massifs coralliens lagunaires profonds ni sur des massifs coralliens profonds de mer intérieurs, biotopes surtout rencontrés dans la corne sud. Bien qu'il soit possible et probable que les canots puissent atteindre ces biotopes, il n'en reste pas moins que ce sont des lieux très éloignés de tout îlot pouvant assurer un abri. Ce sont des risques que peu de plaisanciers prennent. Ils se mettraient non seulement en danger mais en plus ils ne respecteraient pas la réglementation s'ils y accédaient. L'absence d'observations peut également être due au fait que ces espaces n'ont pas été survolés et qu'il a été difficile de distinguer leur taille réduite.

Les voiliers sont absents des passes et des massifs coralliens profonds de mer intérieure. Les passes ne sont pas fréquentées par les voiliers, parce que d'une part les propriétaires

préfèrent naviguer à l'intérieur du lagon pour se rendre sur des îlots ou dans des abris côtiers paisibles, d'autre part, ces navires empruntent les passes pour sortir du lagon et naviguer vers d'autres îles du Pacifique, ce qui n'est pas fréquent.

Les voiliers sont présents dans la corne sud, ils ont surtout été aperçus se dirigeant vers l'île des Pins ou autour des îlots du Sud où ils mouillent. C'est pour cette raison qu'ils n'ont pas été observés sur les biotopes profonds particuliers du sud.

En règle générale, les terrasses lagonaires peu profondes de la barrière de corail sont peu fréquentées, mais cela est particulièrement dû au fait que la superficie de ce biotope est assez restreinte (26,6 Km²). Aucun voilier n'a été observé sur ce biotope.

c) Par l'ensemble des bateaux actifs statiques et hors mouillage

Le fait d'exclure les bateaux au mouillage de l'analyse apporte une information supplémentaire sur l'activité des bateaux, notamment celle des voiliers.

Biotope	Pourcentages bateaux	Pourcentages moteurs	Pourcentages canots	Pourcentages voiliers
lagon intérieur	33,41	29,38	33,24	65,69
massif corallien lagonaire peu profond	23,99	26,64	19,19	15,69
barrière platier	9,35	11,50	7,23	1,09
barrière terrasse lagonaire sans construction corallienne peu prof	8,53	9,65	6,12	3,28
récif frangeant côtier	6,25	3,69	13,91	4,38
récif frangeant îlot	6,01	5,01	8,76	4,74
barrière pente externe	3,65	4,80	2,09	0,36
lagon intérieur 250m cote	2,66	1,27	6,82	1,82
lagon extérieur	2,56	3,38	0,83	1,82
massif corallien peu profond de mer intérieure	1,91	2,53	0,97	0,36
passé	1,13	1,64	0,28	-
barrière terrasse lagonaire construction corallienne peu profond	0,27	0,21	0,56	-
massif corallien lagonaire profond	0,17	0,16	-	0,73
massif corallien profond de mer intérieure	0,10	0,16	-	-
Total %	100,00	100,00	100,00	100,00
Total bateaux	2930	1896	719	274

Tableau 13 : Fréquentation des biotopes par type de bateaux statiques et actifs, hors mouillage

Tous les bateaux actifs statiques et hors mouillage fréquentent -toutes proportions gardées- préférentiellement le lagon intérieur et les massifs coralliens lagonaires peu profonds. La part des voiliers dans le lagon intérieur est cependant la plus considérable avec près de 66% de la totalité des voiliers.

La part des bateaux à moteur fréquentant le platier du récif barrière est la plus importante parmi tous les types d'embarcations. Cependant, bien que la part des canots observés sur ce biotope soit loin d'être négligeable avec 7,2%, la part des voiliers l'est (1,1%).

En règle générale, les récifs frangeants qu'ils soient côtiers ou d'îlots sont assez prisés, même si la proportion parmi les canots est de loin la plus importante.

La pente externe du récif barrière est la plus fréquentée par les bateaux à moteur et dans une moindre mesure par les canots. Très peu de voiliers sortent du lagon. Autant les

bateaux à moteur sont observés le long des récifs barrières, les canots eux, restent cantonnés aux alentours des passes.

La fréquentation de terrasses lagunaires sans constructions coralliennes peu profondes du récif barrière bien qu'assez faible est loin d'être négligeable, notamment pour les bateaux à moteur.

Les voiliers qui naviguent en dehors du lagon se dirigent généralement vers d'autres îles. Les assez forts pourcentages de voiliers observés sur les récifs frangeants d'îlot ou côtier sont dus au fait que lors de leur observation, il a été impossible de déterminer avec précision leur activité, celle-ci pouvant être soit : mouillage actif, soit : pêche.

Le tableau fait ressortir une assez faible proportion (6,8%) de canots situés dans la bande côtière de 250m à partir du rivage. Cette proportion est caractéristique des canots et n'apparaît pas pour les voiliers ni les bateaux à moteur. Ces chiffres s'expliquent par le fait qu'il a été parfois difficile d'attribuer une activité aux canots, celle-ci étant notée comme « indéfinie ». Parmi ces bateaux, il est certain qu'une forte proportion serait considérée au mouillage et auraient dus être retirés de l'analyse. C'est pourquoi il y a un fort pourcentage pour ce type de biotope.

6. Conditions météorologiques

a) **Vent**

Les sorties des bateaux sont conditionnées par les caractéristiques météorologiques et notamment par le vent. La force maximale du vent lors des survols est de 19 nœuds.

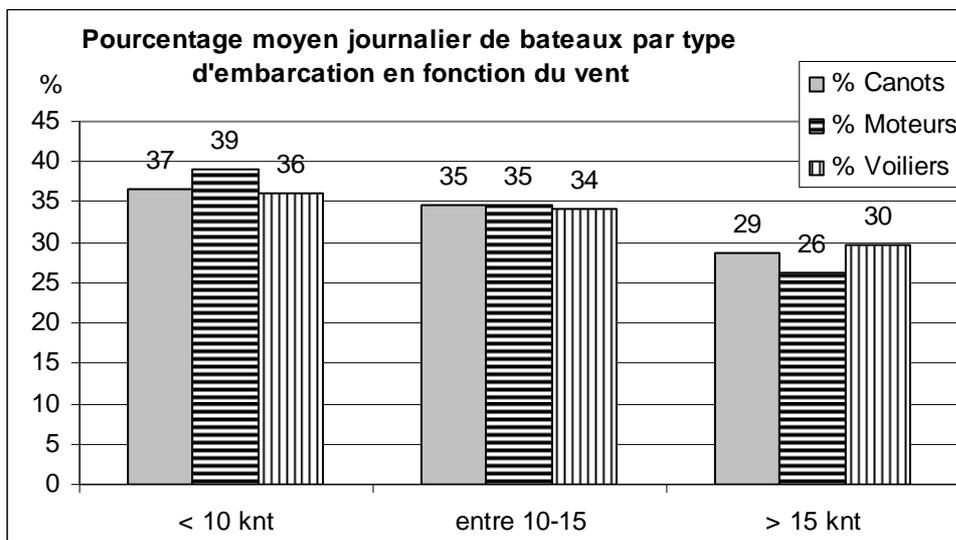


Figure 4 : Moyenne journalière et % de bateaux par type d'embarcation en fonction de la force du vent ⁴

⁴ Moyenne journalière et % de bateaux par type d'embarcation en fonction de la force du vent

Vitesse en nœuds (knt)	Nb moyen de bateaux par jour	Pourcentage moyen de bateaux par jour	Nb moyen de bateaux à moteurs par jour	% Moteur	Nb moyen de canots par jour	% Canots	Nb moyen de voiliers par jour	% Voiliers
< 10 knt	261	38	156	39	37	37	68	36
entre 10-15	236	34	138	35	35	35	64	34
> 15 knt	191	28	105	26	29	29	56	30

Le vent est en règle générale un facteur limitant le choix des sorties en mer. Si la différence est nette pour les bateaux à moteur, elle l'est beaucoup moins pour les canots et pour les voiliers.

b) Ensoleillement

L'ensoleillement joue également un rôle dans les choix des jours de sortie en mer comme l'atteste la figure ci-après.

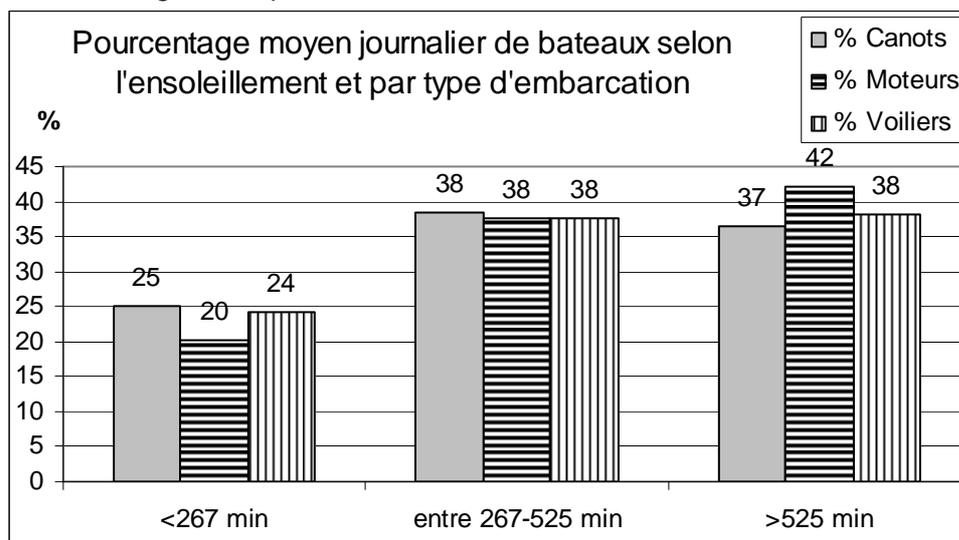


Figure 5 : Pourcentage moyen journalier de bateaux par type d'embarcation en fonction de l'ensoleillement ⁵

Les propriétaires de bateaux préfèrent sortir indifféremment lorsque l'ensoleillement est moyen ou important.

B) Analyses spatiales

L'ensemble des cartes proposées sont réalisées à partir de données spatiales ayant fait l'objet d'estimations annuelles. Elles portent principalement sur le nombre de sorties annuelles effectuées par les bateaux.

⁵ Moyenne journalière et % de bateaux par type d'embarcation en fonction de la force du vent

	Nb moyen de bateaux par jour	Pourcentage moyen de bateaux par jour	Nb moyen de bateaux à moteurs par jour	% Moteur	Nb moyen de canots par jour	% Canots	Nb moyen de voiliers par jour	% Voiliers
<267 min	47	20	82	20	26	25	46	24
267-525 min	67	28	152	38	40	38	71	38
>525 min	123	52	170	42	38	37	72	38

1. Estimations annuelles

a) Nombre de sorties annuelles par l'ensemble des plaisanciers

Au total 81 307 bateaux sortent en mer par an. Plus en détail, il s'agit de 60 003 bateaux à moteur et canots et 21 303 voiliers.

b) Nombre de sorties annuelles par les pêcheurs plaisanciers

Les estimations indiquent un effort de pêche annuel de près de 60 000 embarcations.

c) Production capturée

Les estimations font état de 736 tonnes prélevées par la méthode des survols.

2. Dynamique spatiale

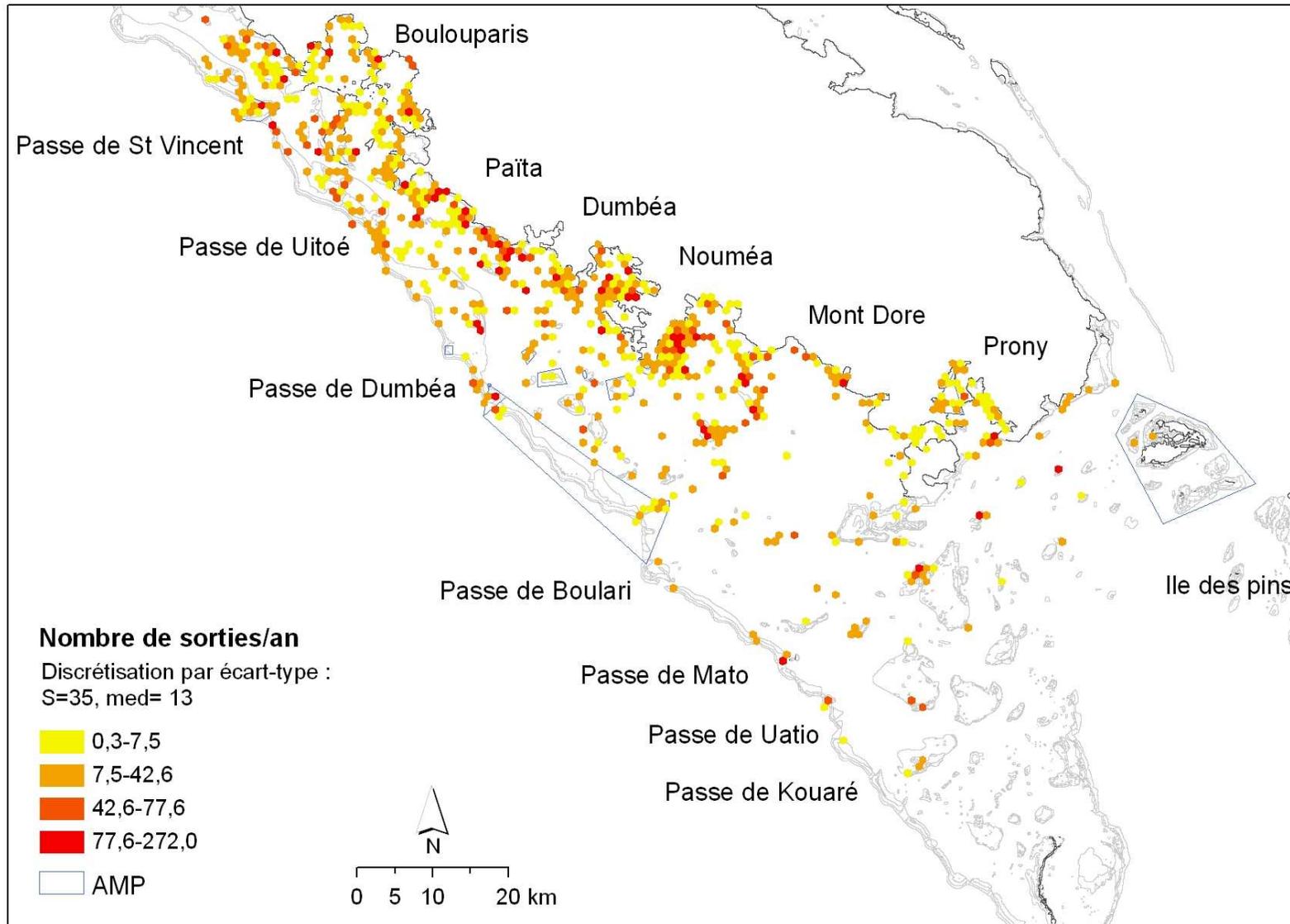
L'analyse cartographique des données spatiales sont cartographiées et présentées dans ce chapitre.

Les séries statistiques des cartes 3 à 24 sont discrétisées selon la méthode des écart-types. Elles sont spatialisées pour représenter la densité : en nombre de sorties par an et par unité de surface : 84,6 ha.

Les cartes 25 à 28 représentent des densités au km².

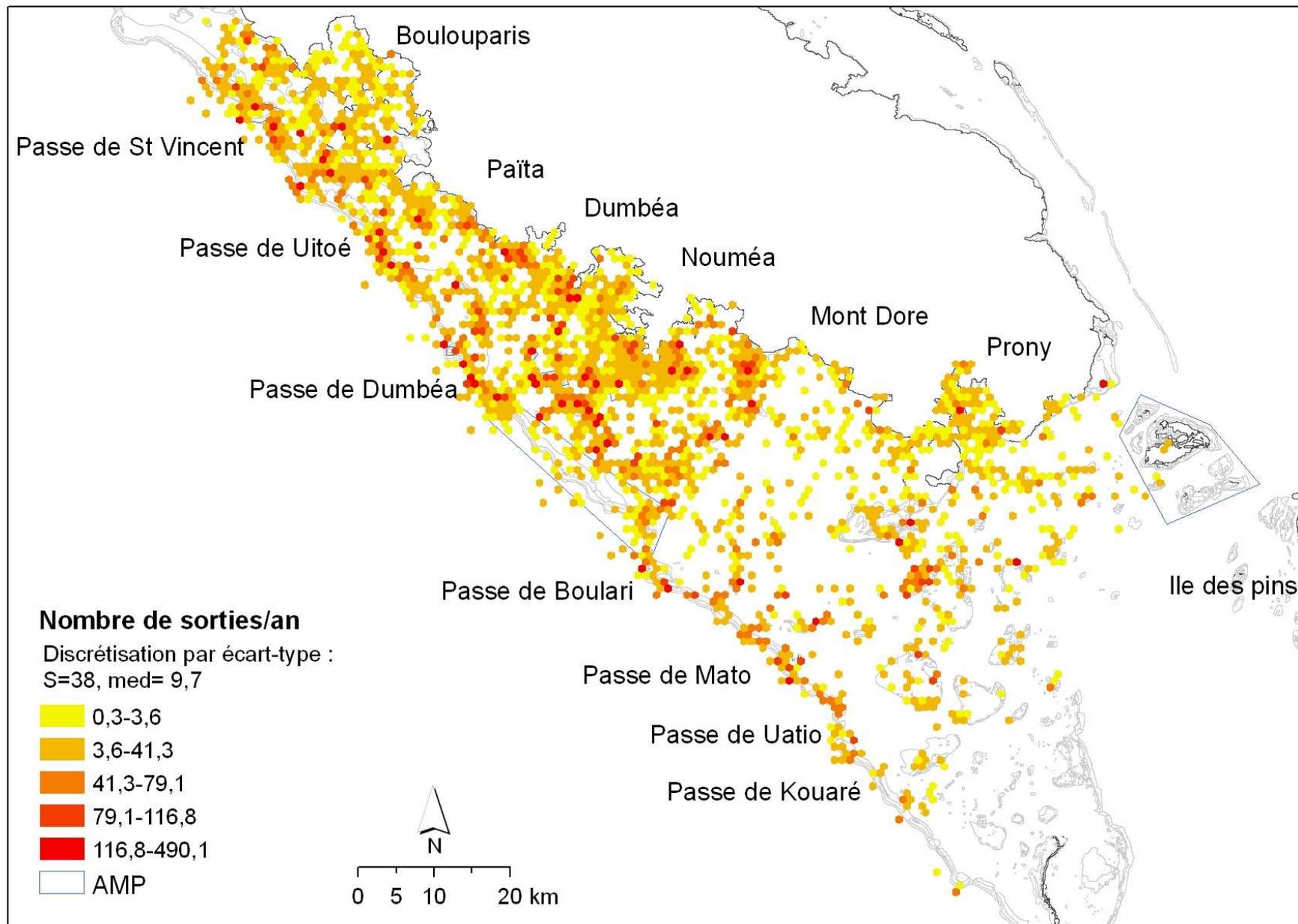
a) *Dynamique spatiale par type de bateaux*

• **Canots**



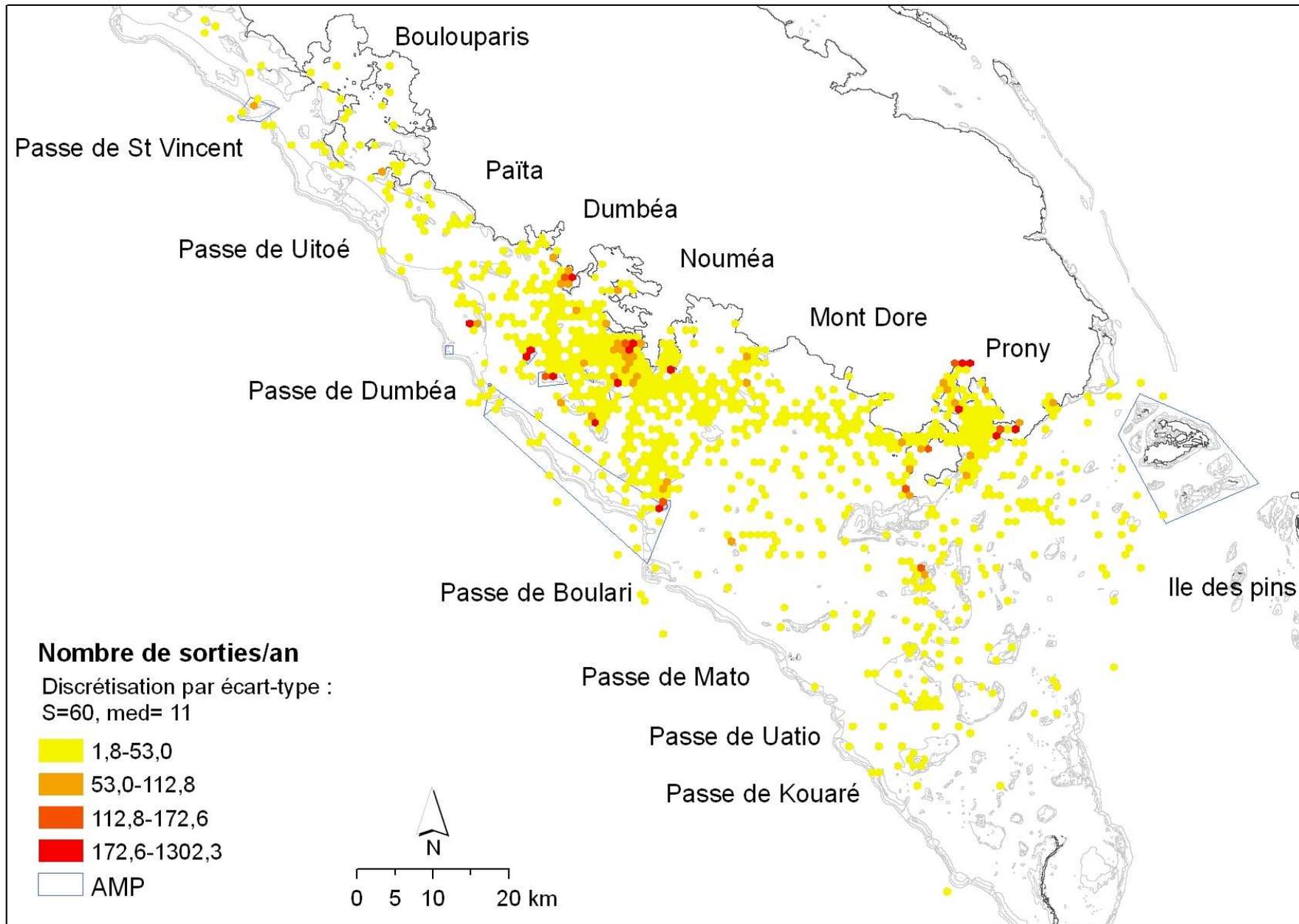
Carte 3 : Dynamique spatiale des canots (N observations = 707)
Les embarcations pilotées à partir de la barre franche sont dénommées canots

• **Bateaux à moteur**



Carte 4 : Dynamique spatiale des bateaux à moteur (N observations = 1933)

• **Voiliers**



Carte 5 : Dynamique spatiale des voiliers (N observations = 938)

- ***Analyse par type de bateaux***

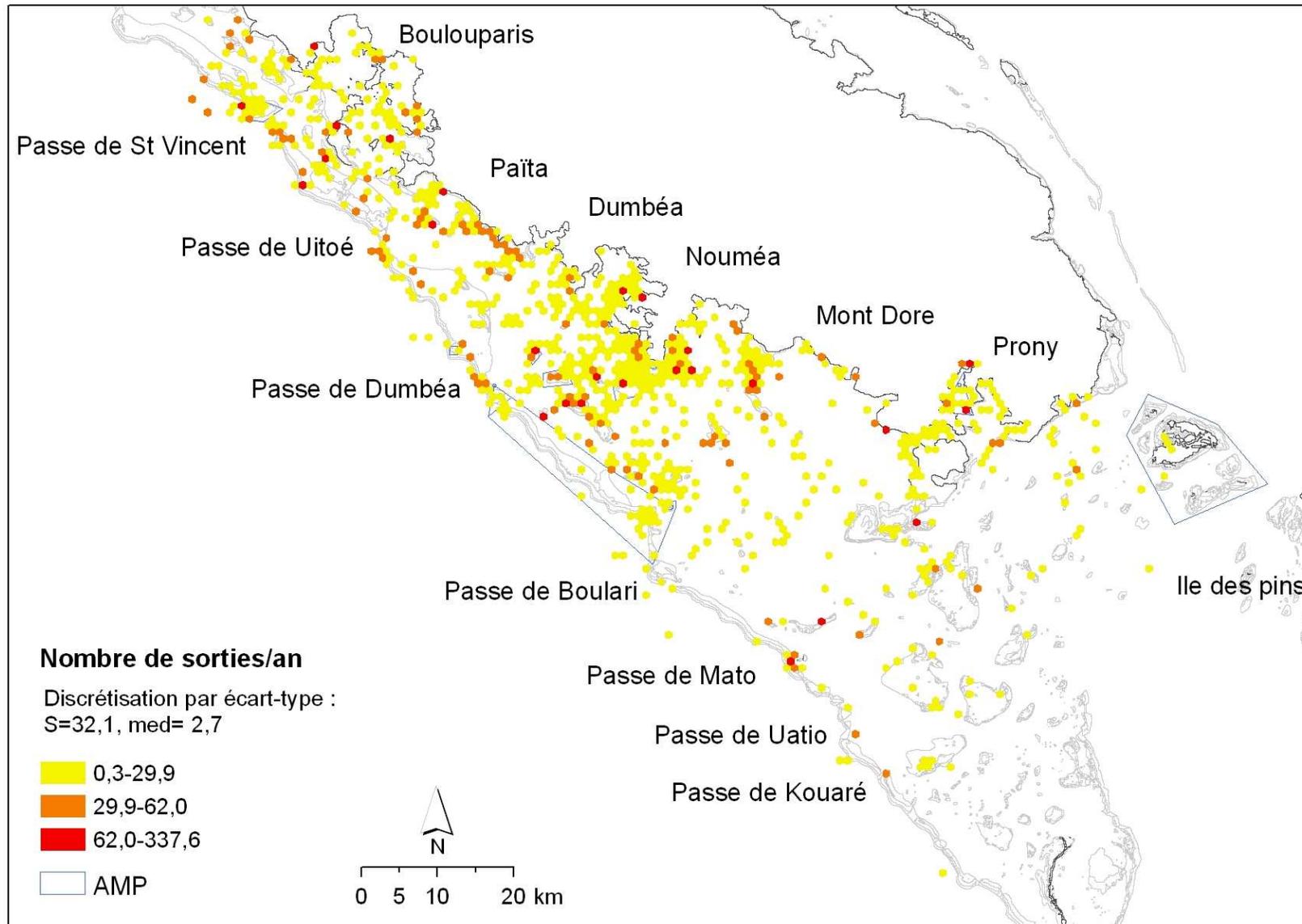
La taille des bateaux influence dans une certaine mesure leur dynamique spatiale. Si les canots sont en majorité concentrés le long des côtes et sur le récif barrière à moins de 20 km des côtes, certains d'entre eux ont été observés à l'entrée de la corne sud, sur les principaux îlots.

Les bateaux à moteur couvrent l'espace lagunaire de façon diffuse et quasi continue au nord d'une ligne Mont Dore-passe de Boulari. Au sud de cette ligne, les structures coralliennes sont principalement ciblées.

Les voiliers quand à eux connaissent les plus importantes concentrations annuelles qui vont jusqu'à 1300 unités pour 84,6 ha. Les îlots et structures coralliennes sont majoritairement ciblés, la barrière de corail l'est très peu. Mais les îlots les plus fréquentés sont situés dans un rayon de 15 km des côtes autour de Nouméa et dans la région de Prony.

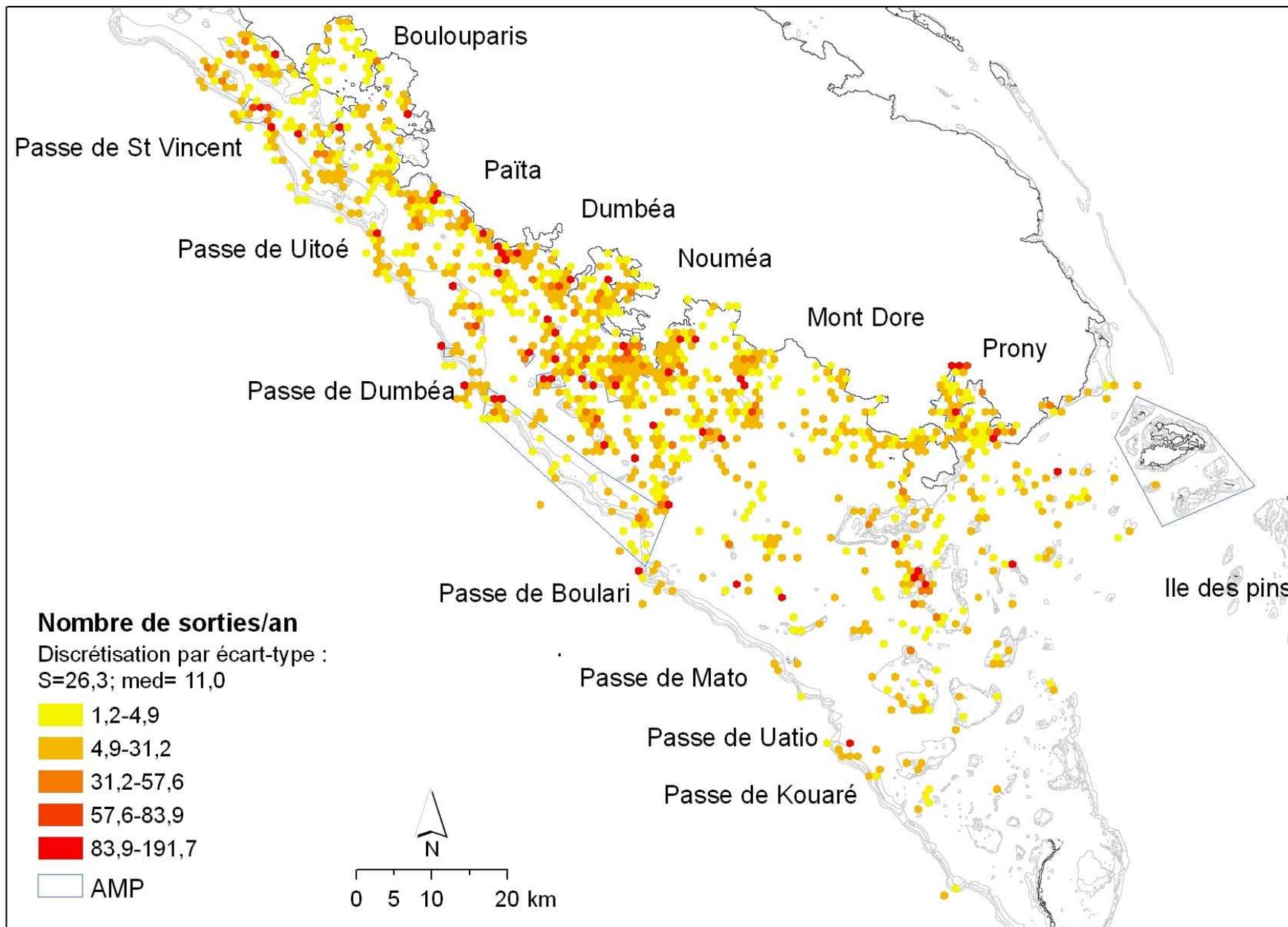
b) *Dynamique spatiale par saison*

• *Automne*



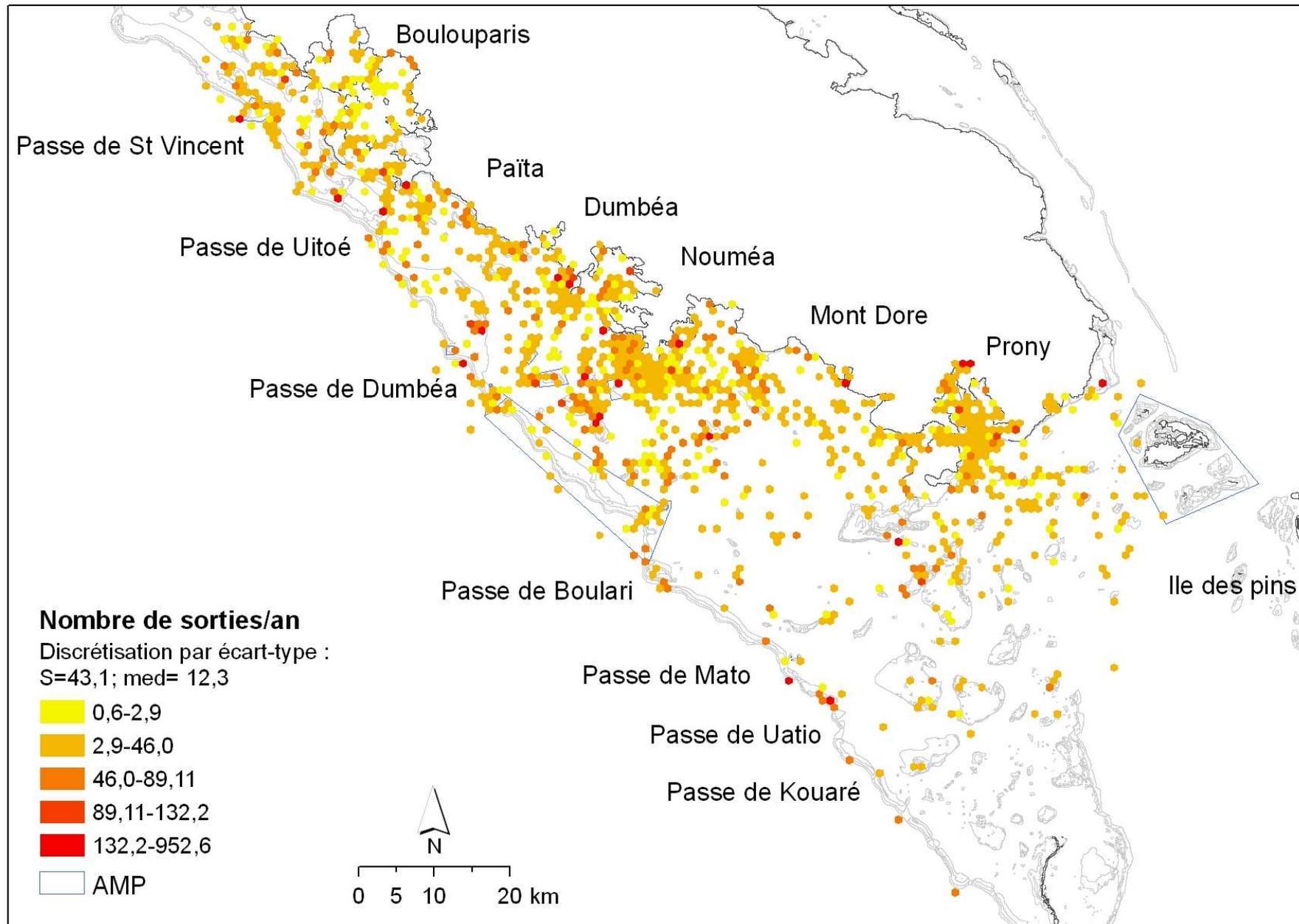
Carte 6 : Dynamique spatiale des bateaux en automne (N observations = 874)

• **Hiver**

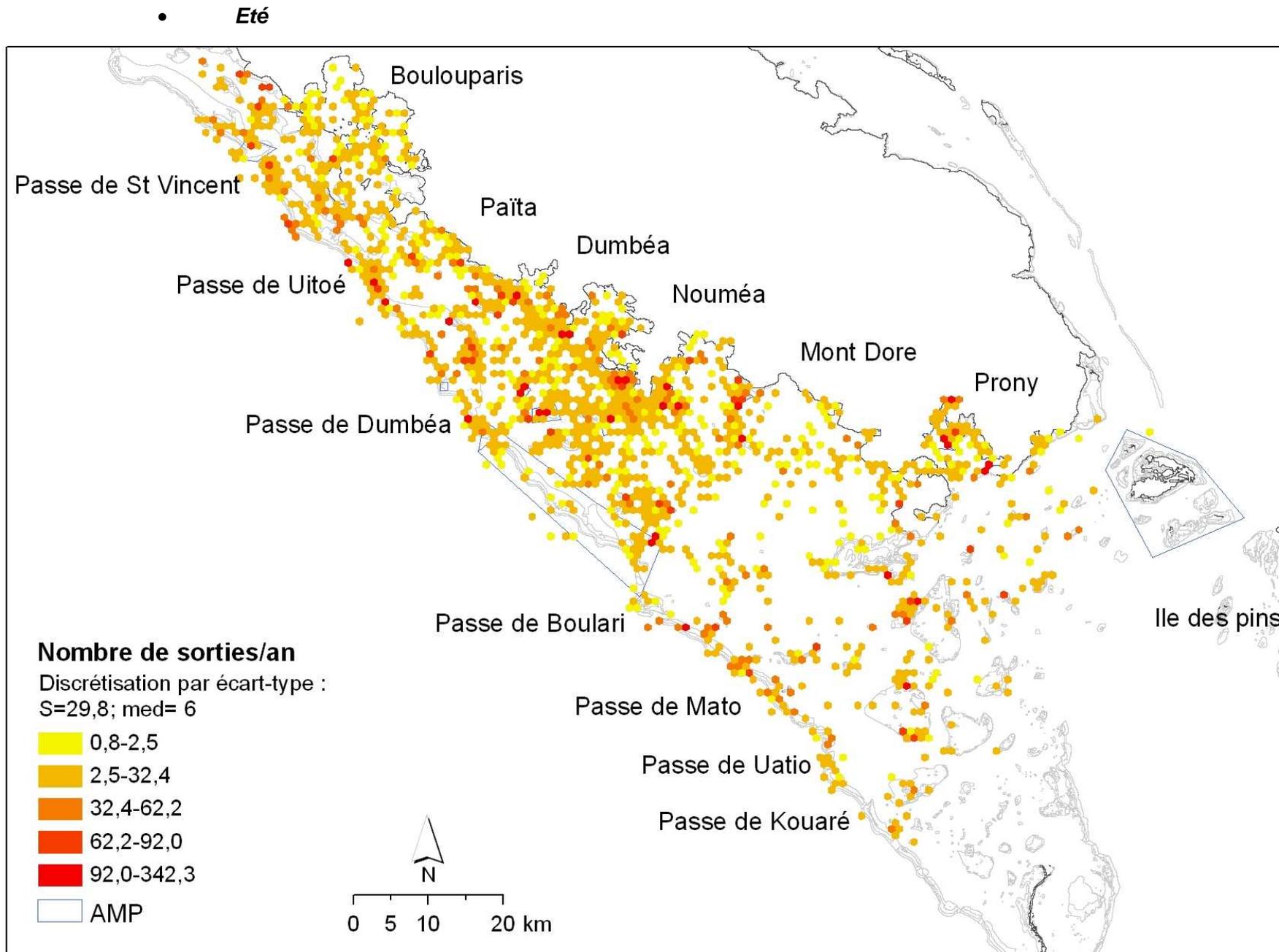


Carte 7 : Dynamique spatiale des bateaux en hiver (N observations = 1138)

• **Printemps**



Carte 8 : Dynamique spatiale des bateaux au printemps (N observations = 1069)



Carte 9 : Dynamique spatiale des bateaux en été (N observations = 1379)

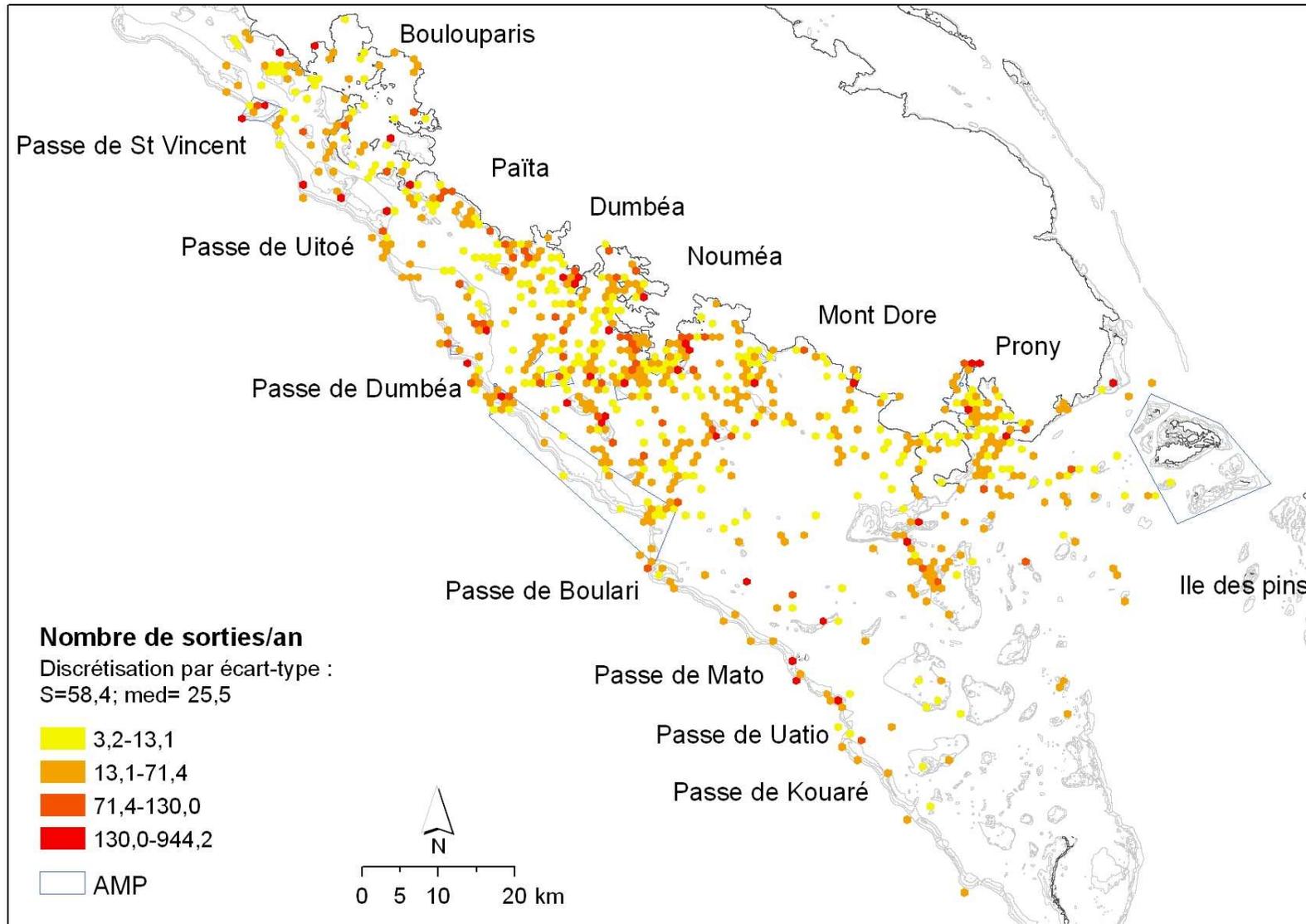
- ***Analyse par saison***

Les densités sont plus faibles en hiver et maximales au printemps. La dynamique spatiale des bateaux en été est beaucoup plus diffuse que pendant les autres saisons. Cet aspect diffus s'atténue en hiver, puis au printemps pour être le moins prégnant en automne.

Dans l'ensemble, quelque soit la saison, les îlots et structures récifales à l'intérieur d'une bande de 15-20 km le long des côtes sont les plus visités. En été, le récif barrière est beaucoup plus fréquenté, surtout au sud de l'AMP Aboré.

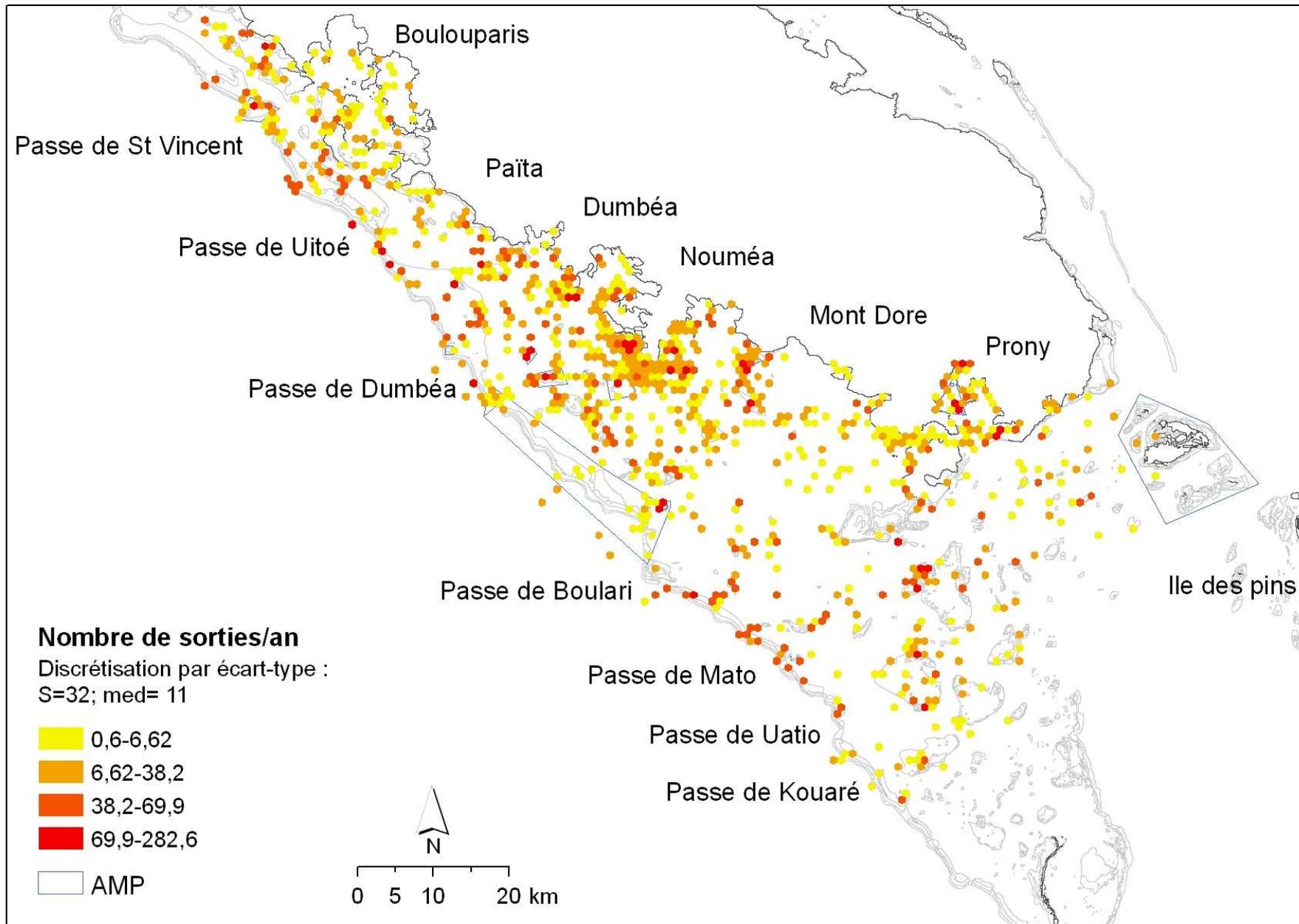
c) *Dynamique spatiale par type de jour*

• *Jours de semaine*



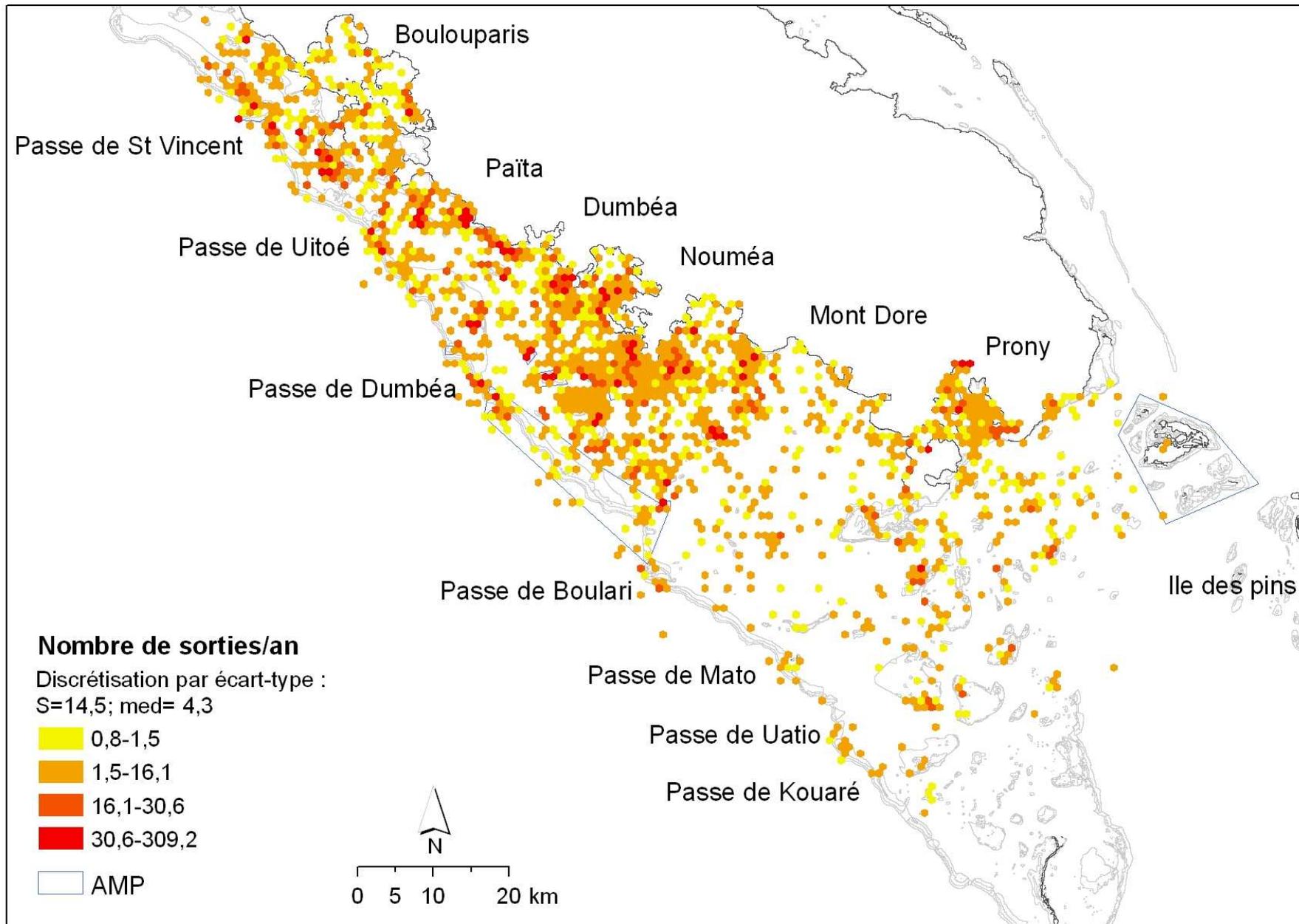
Carte 10 : Dynamique spatiale des bateaux pendant les jours de semaine (N observations = 759)
Les jours ouvrables du lundi au vendredi sont dénommés les « jours de semaine »

- **Jours de semaine pendant les vacances scolaires**



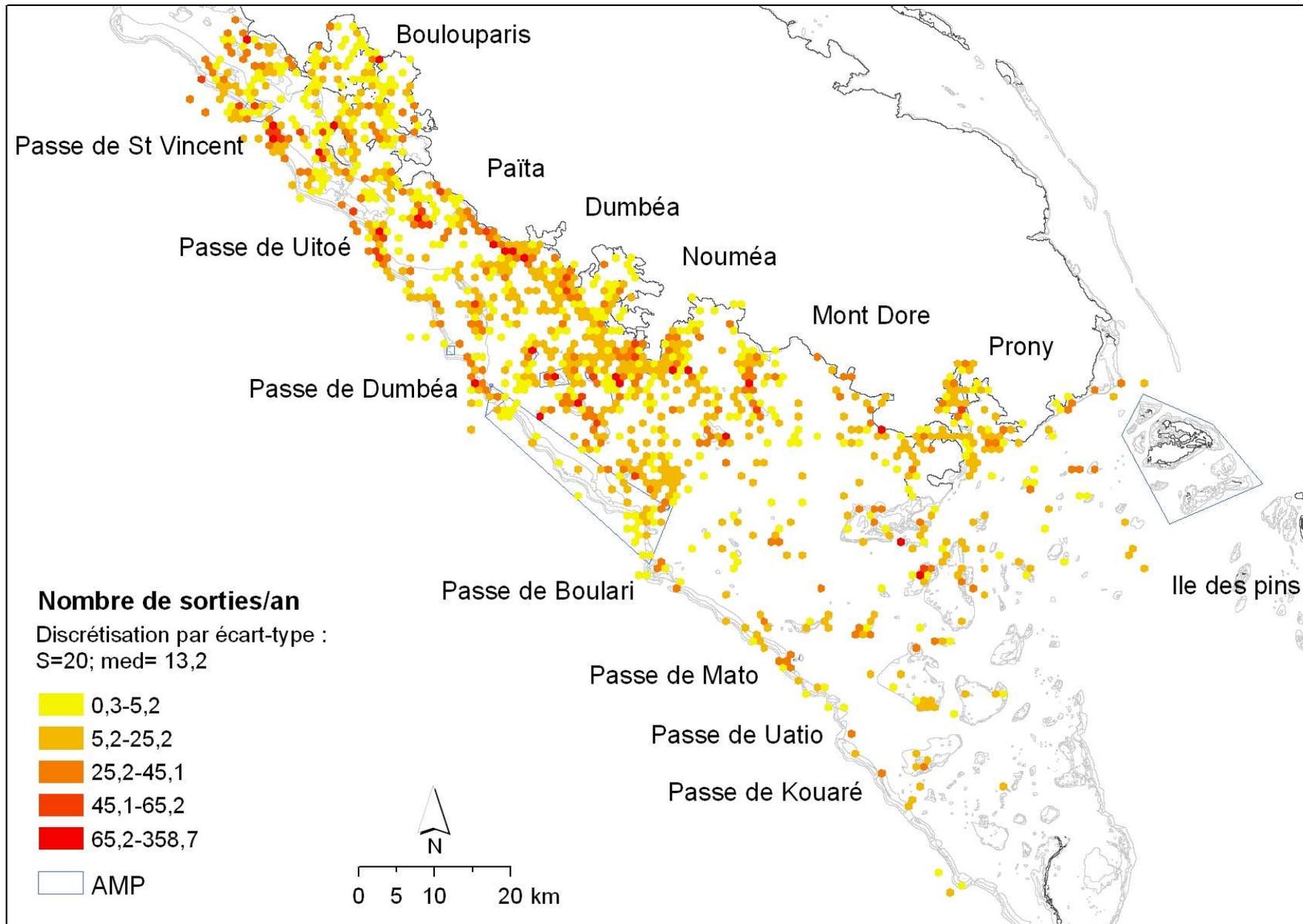
Carte 11 : Dynamique spatiale des bateaux pendant les vacances scolaires (N observations = 947)

• **Weekends**



Carte 12 : Dynamique spatiale des bateaux pendant les fins de semaine (weekends) (N observations = 1531)

- Weekends et vacances scolaires



Carte 13 : Dynamique spatiale des bateaux pendant les fins de semaine et les vacances scolaires (N observations = 1149)

- ***Analyse par type de jour***

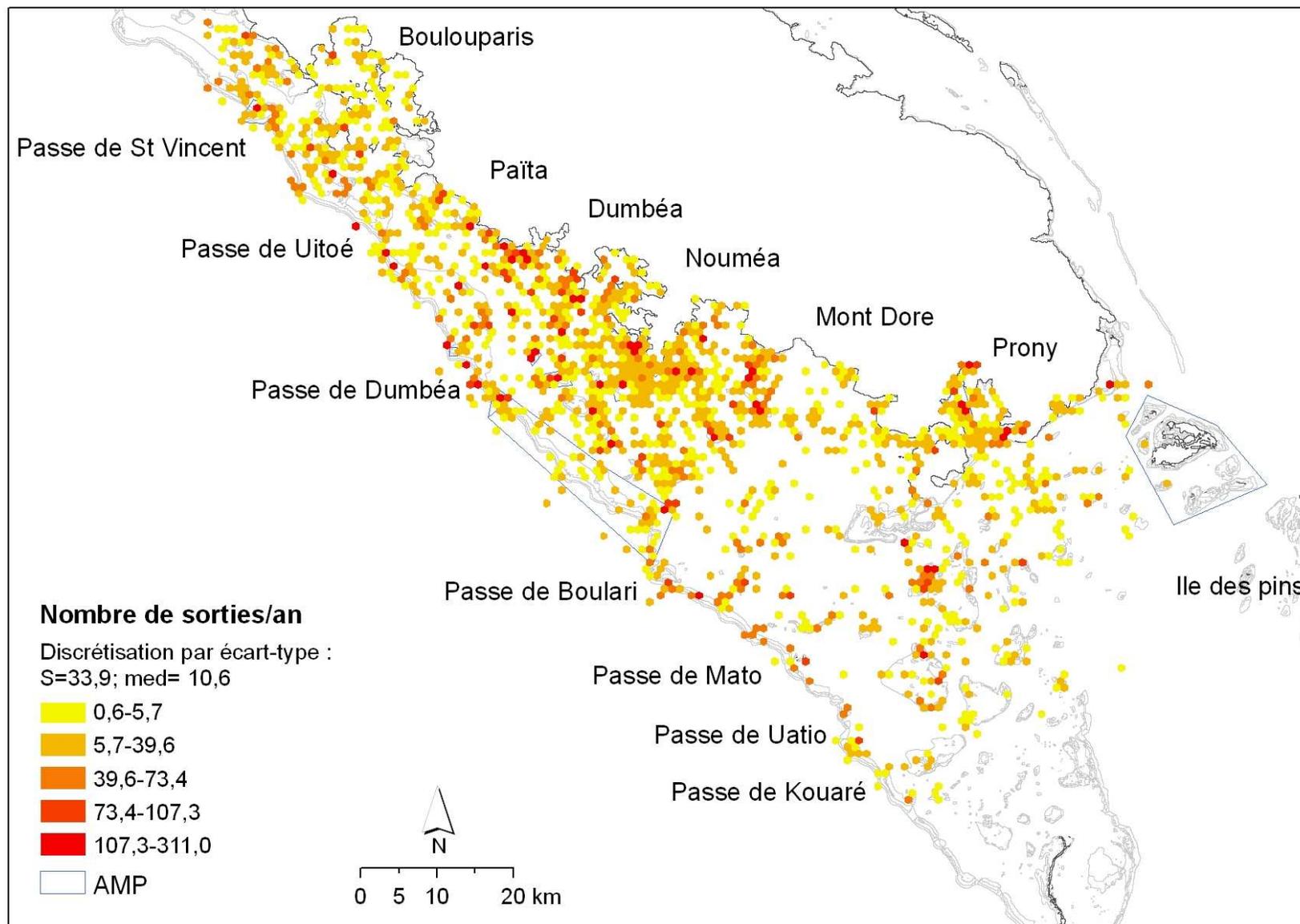
Indéniablement, la dynamique spatiale des bateaux est la plus diffuse pendant les weekends, alors que les densités les plus importantes occurrent pendant les jours de semaine.

Si les bateaux sont spatialement plus concentrés pendant les jours de semaine sur les îlots et structures récifales, la corne sud connaît une fréquentation plus diffuse pendant les jours de semaine pendant les vacances scolaires et les weekends.

Il est probable que le fait de disposer de plusieurs jours libres et consécutifs lors des sorties en mer (weekends et vacances scolaires) permet aux plaisanciers d'atteindre des destinations plus éloignées.

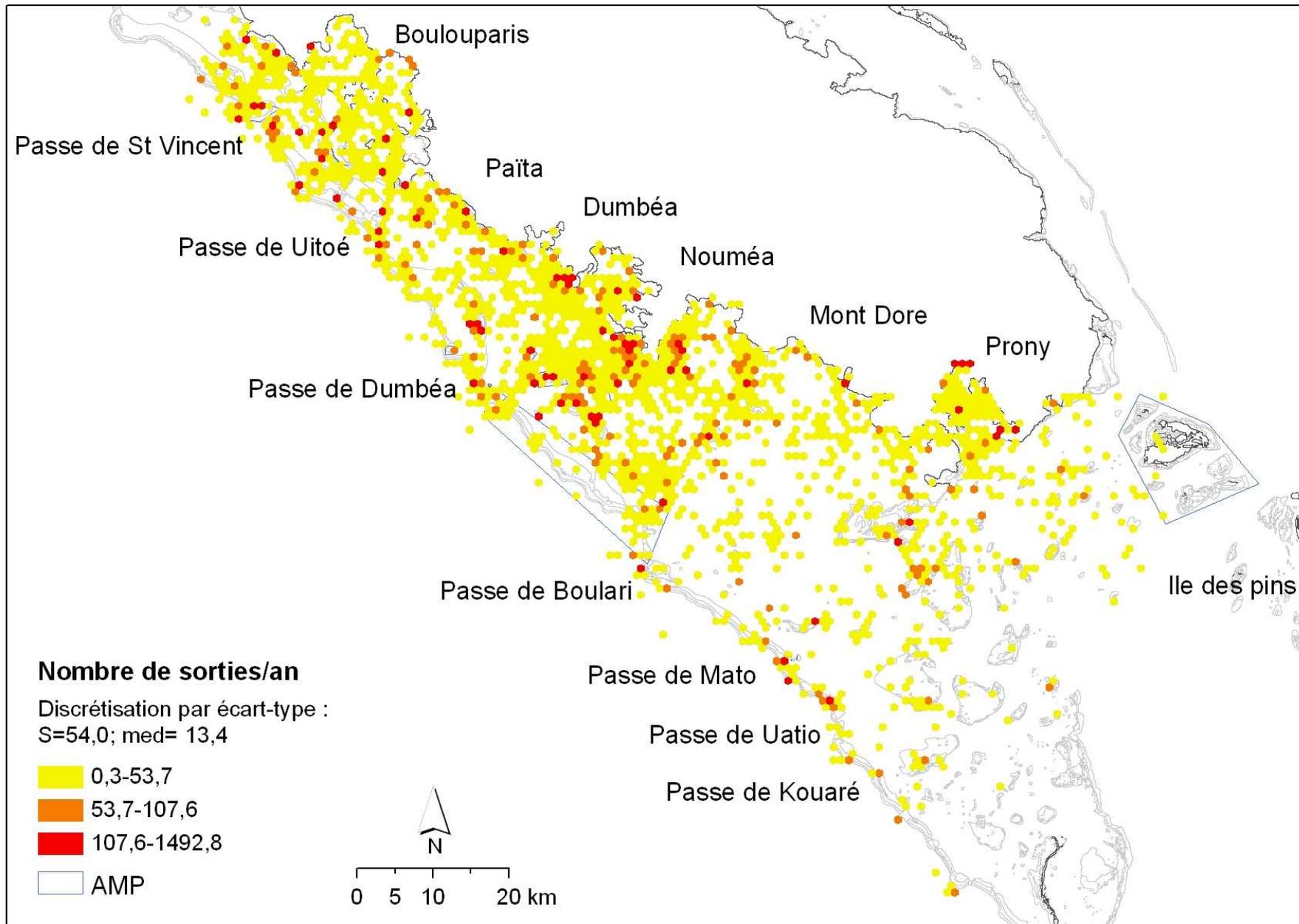
d) *Dynamique spatiale selon la force du vent*

- *Vents inférieurs à 10 nœuds*



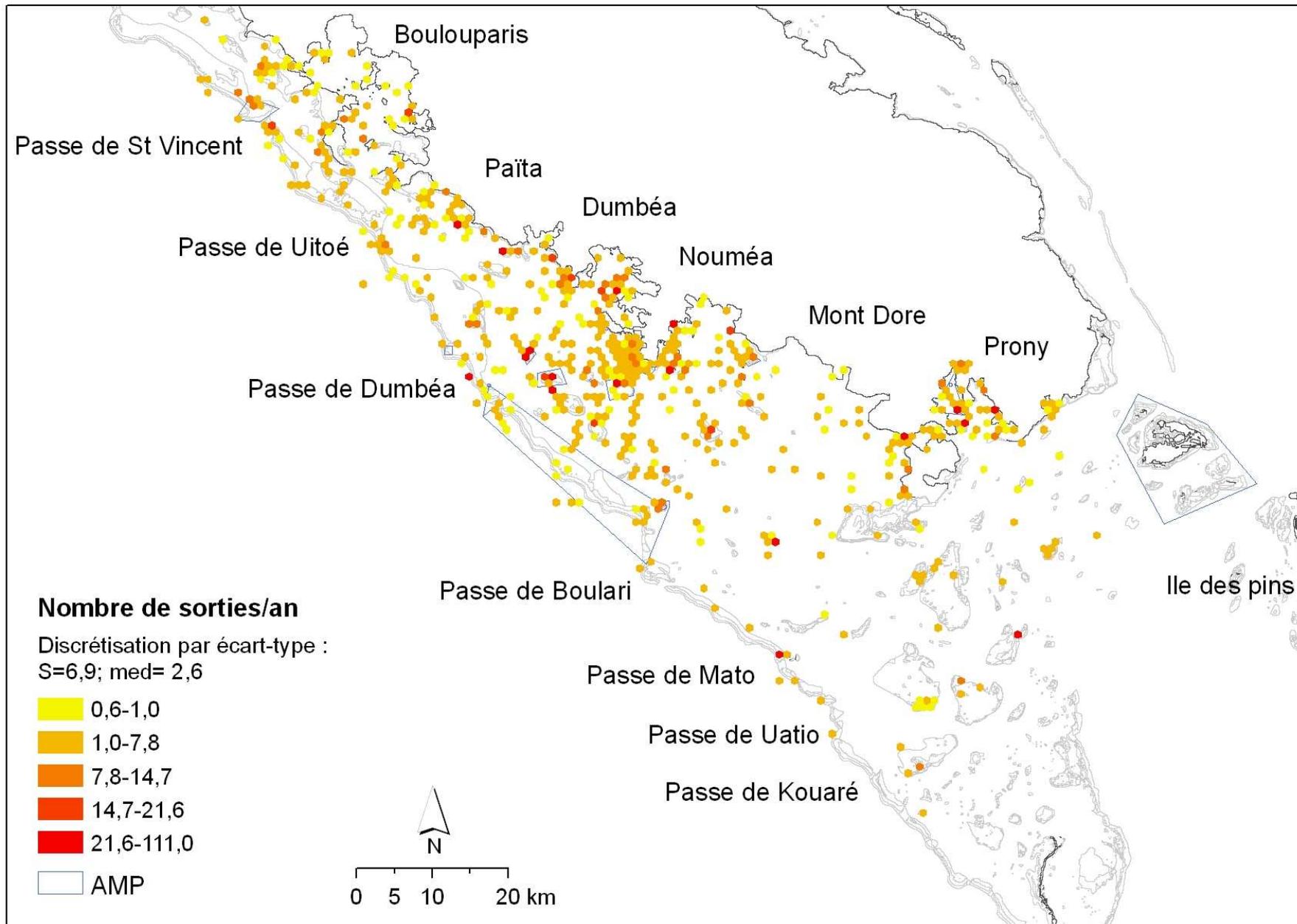
Carte 14 : Dynamique spatiale des bateaux lors de vents inférieurs à 10 nœuds (N observations = 1454)

• **Vents compris entre 10 et 15 nœuds**



Carte 15 : Dynamique spatiale des bateaux lors de vents compris entre 10 et 15 nœuds (N observations = 1777)

• **Vents supérieurs à 15 nœuds**



Carte 16 : Dynamique spatiale des bateaux lors de vents supérieurs à 15 nœuds (N observations = 584)

- ***Analyse selon la force du vent***

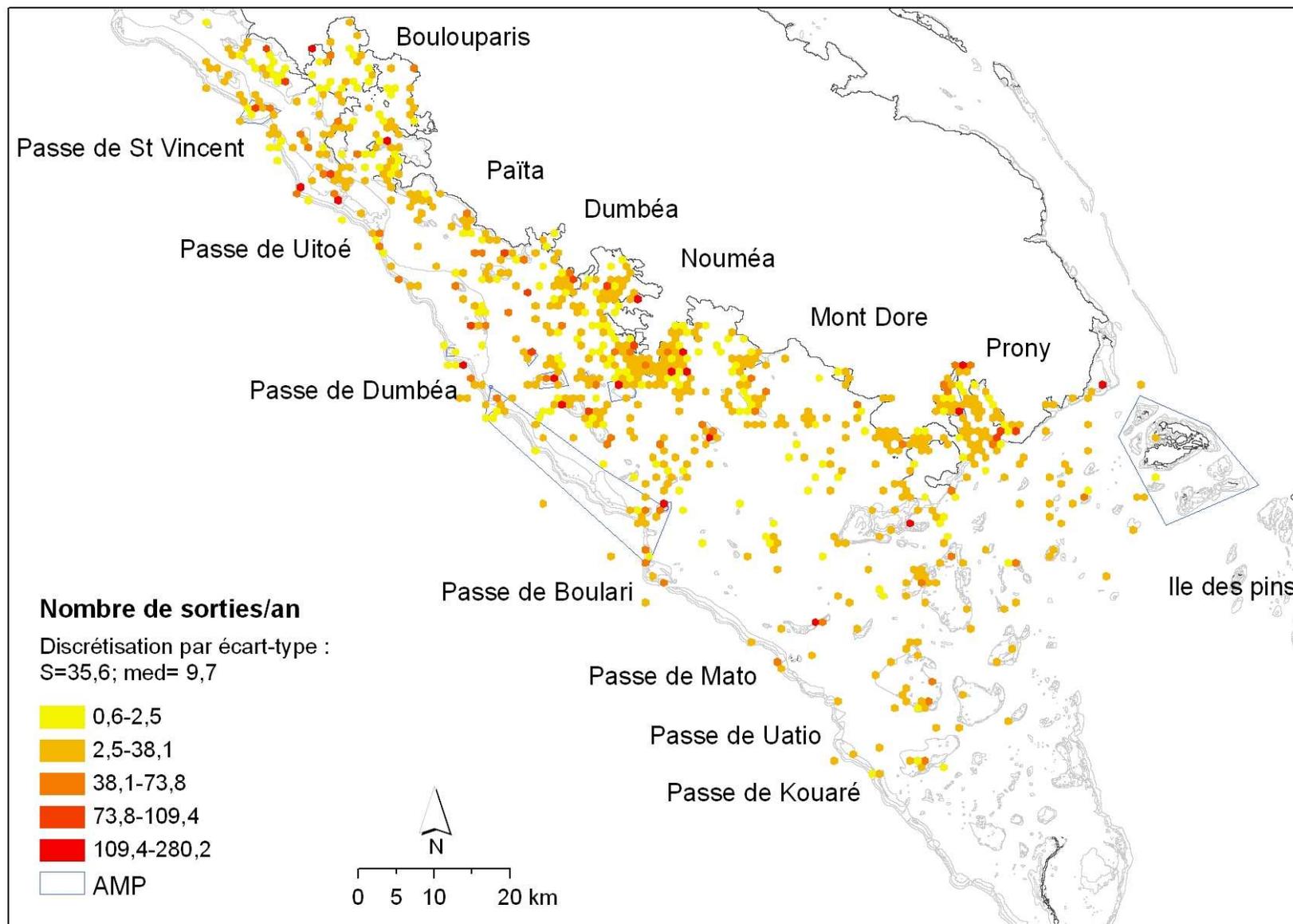
Le vent est un facteur limitant comme l'atteste la dynamique spatiale des bateaux lors de vents supérieurs à 15 nœuds. Celle-ci se concentre autour de Nouméa, et à l'abri des îlots et dans les baies.

La dynamique spatiale des bateaux de plaisance est similaire lors de vents faibles ou moyens, seules les densités diffèrent. Elles sont les plus fortes lors de vents moyens, compris entre 10 et 15 nœuds, alors qu'elles sont les plus faibles lors de vents forts.

Lors de vents faibles ou moyens, si la dynamique spatiale des bateaux est diffuse sur l'ensemble du lagon, elle est maximale au nord d'une ligne Mont Dore – passe de Boulari, à l'exception de la baie de Prony et des îlots de la corne sud les plus proches de la côte.

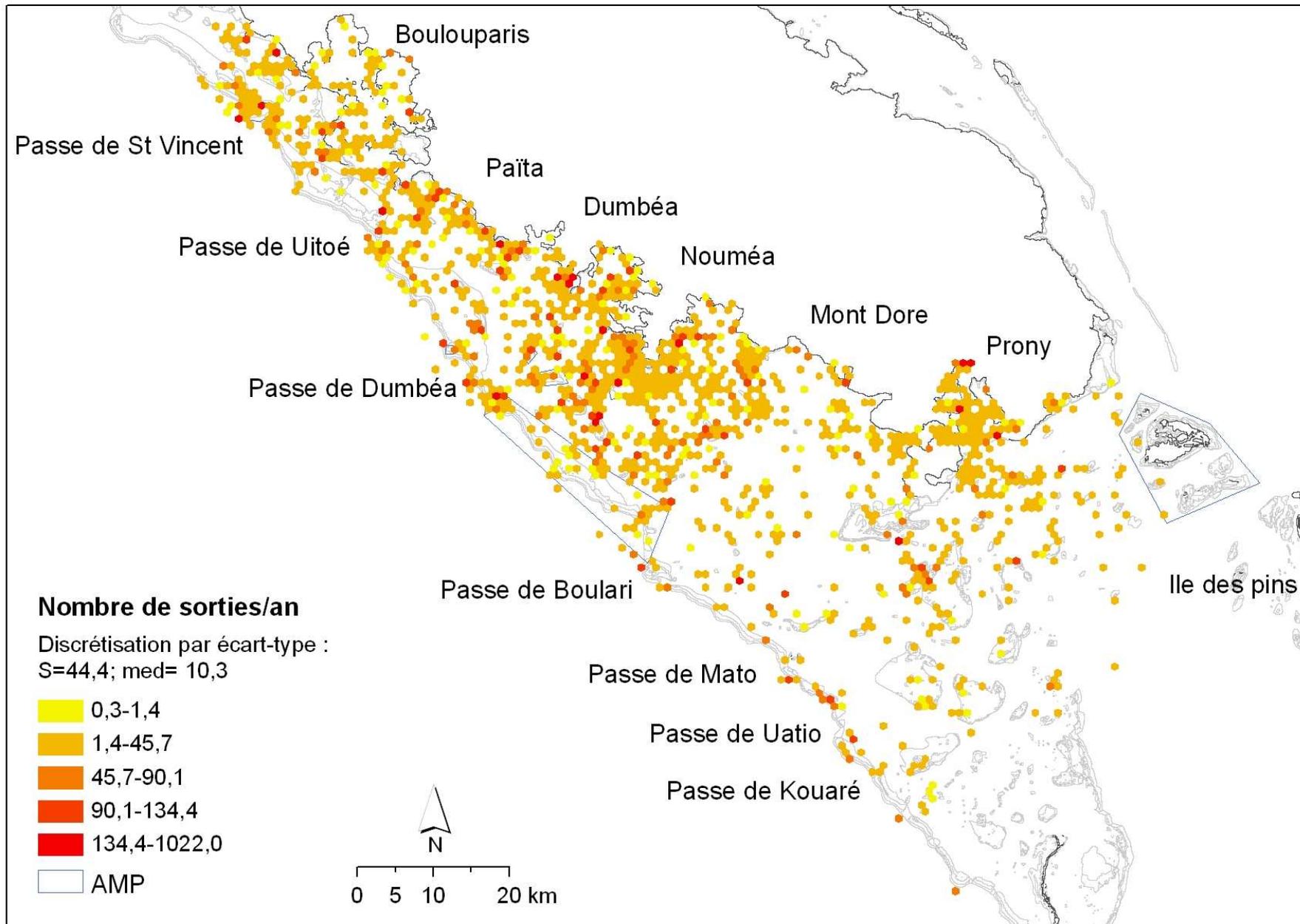
e) *Dynamique spatiale selon l'ensoleillement*

- *Ensoleillement inférieur à 267 minutes de soleil par jour*



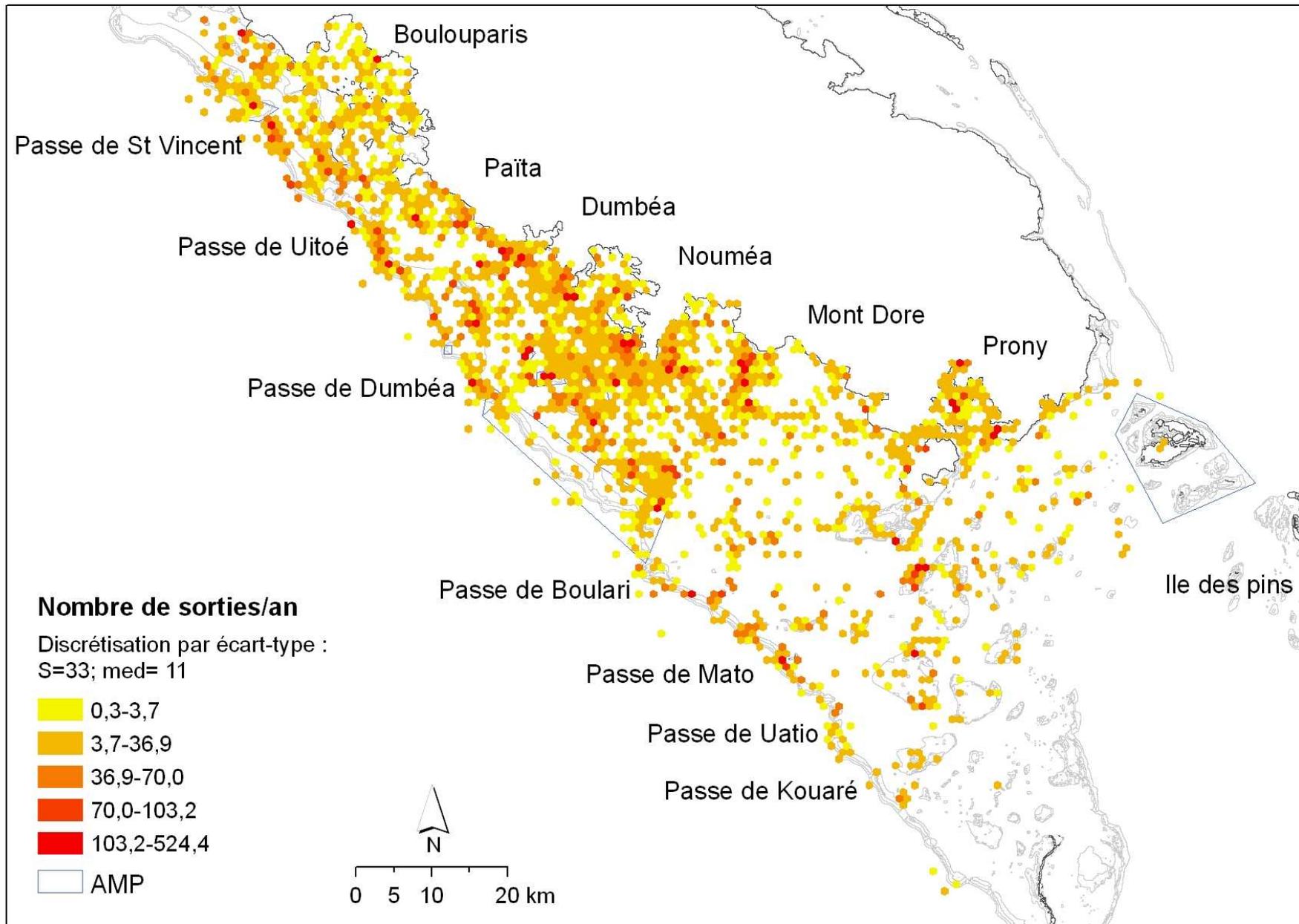
Carte 17 : Dynamique spatiale des bateaux pour un ensoleillement inférieur à 267 minutes de soleil par jour (N observations = 845)

- **Ensoleillement compris entre 267 et 525 minutes de soleil par jour**



Carte 18 : Dynamique spatiale des bateaux pour un ensoleillement compris entre 267 et 525 minutes de soleil par jour (N observations = 1281)

- **Ensoleillement supérieur à 525 minutes de soleil par jour**



Carte 19 : Dynamique spatiale des bateaux pour un ensoleillement supérieur à 525 minutes de soleil par jour (N observations = 1763)

- ***Analyse selon l'ensoleillement***

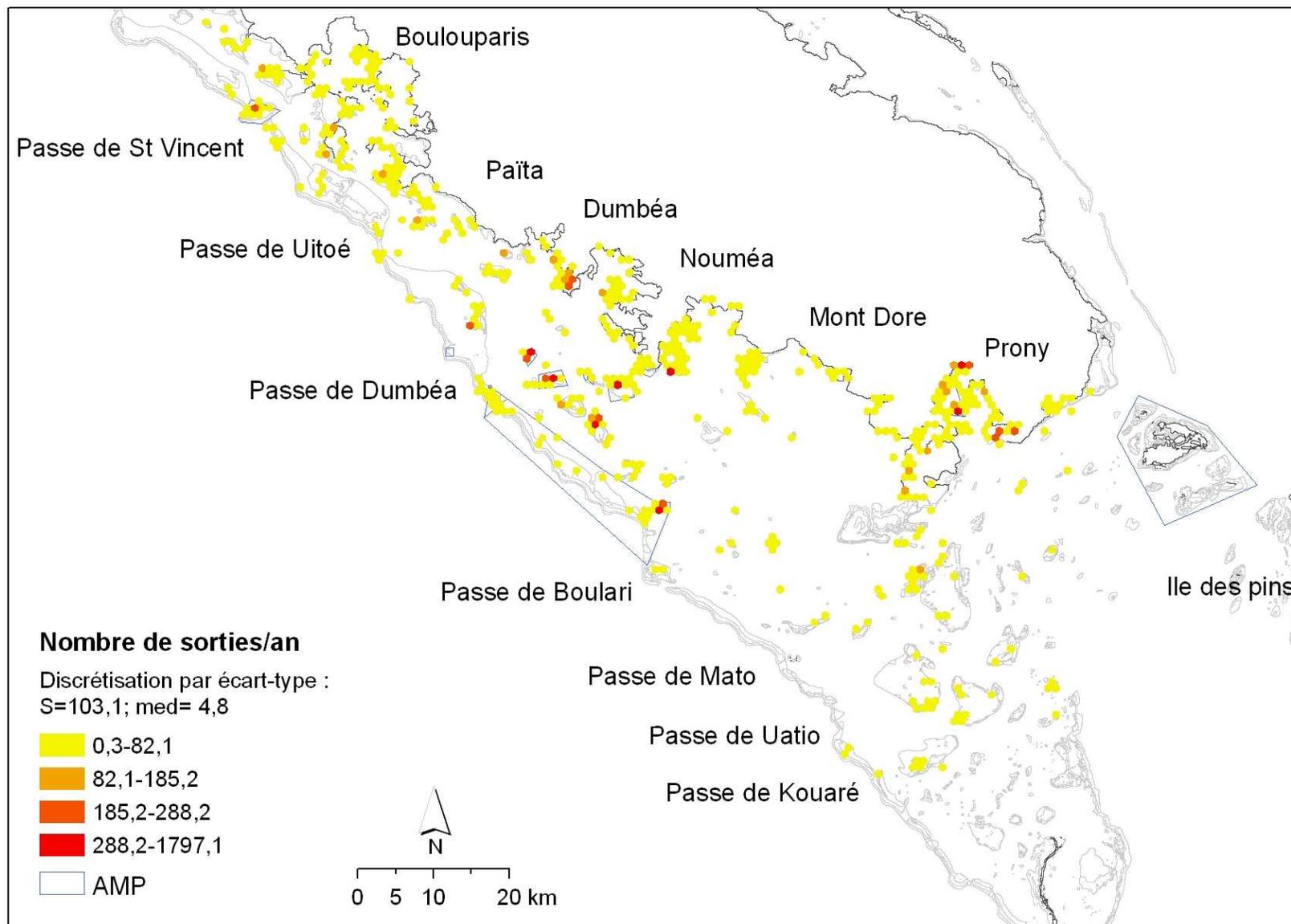
Tout comme le vent, l'ensoleillement est un facteur influençant les choix de sortie en mer. La dynamique spatiale des bateaux lors de jours très ensoleillés est plus dense et diffuse que lors de journées moyennement ensoleillées. Les jours de faible ensoleillement, les densités sont les plus faibles et la couverture spatiale des bateaux restreinte. Malgré cela, de fortes concentrations de bateaux sur les îlots de la corne sud sont observées.

Quelque soit l'ensoleillement, la région de Nouméa et de la baie de Prony connaît de fortes densités et une fréquentation de l'ensemble de son espace.

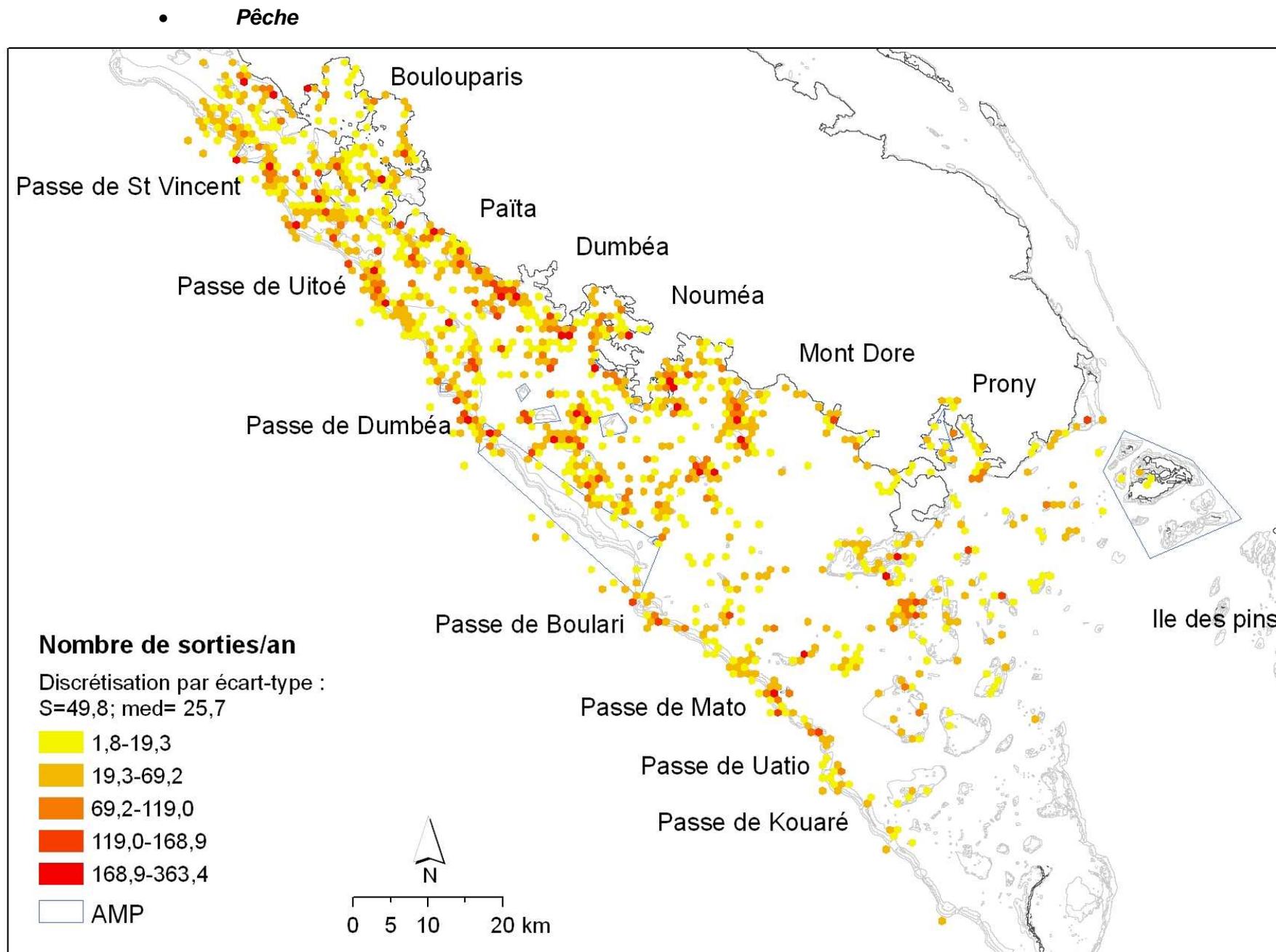
Bien qu'il subisse une certaine fréquentation pendant les jours faiblement ensoleillés, le récif barrière est largement visité pendant les jours fortement ensoleillés surtout dans sa partie la plus septentrionale. Les passes restent des lieux de fréquentation privilégiés.

f) *Dynamique spatiale par activité*

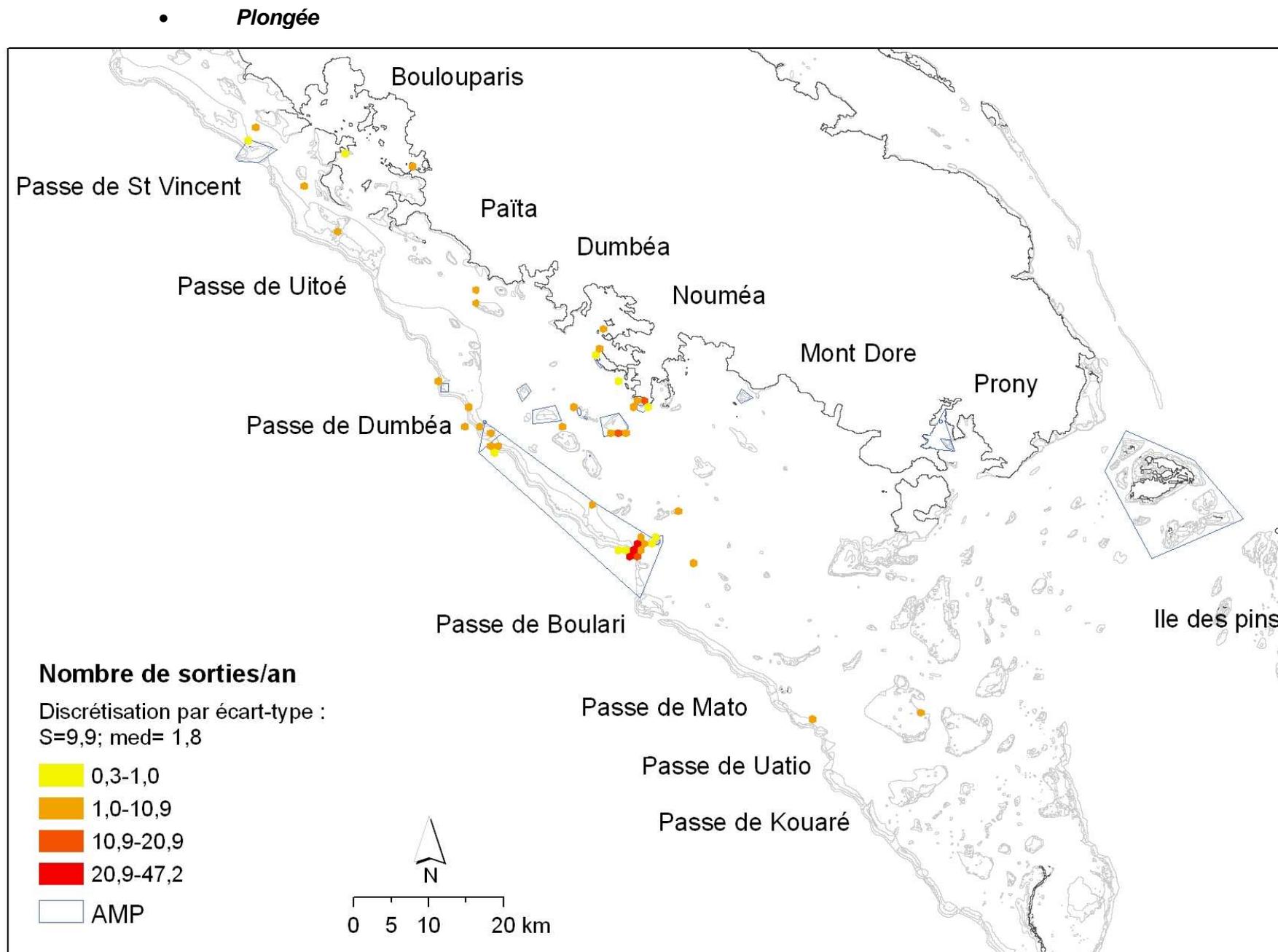
- *Mouillage lors d'une balade en mer*



Carte 20 : Spatialisation des bateaux au mouillage lors d'une balade en mer (N observations = 4169)

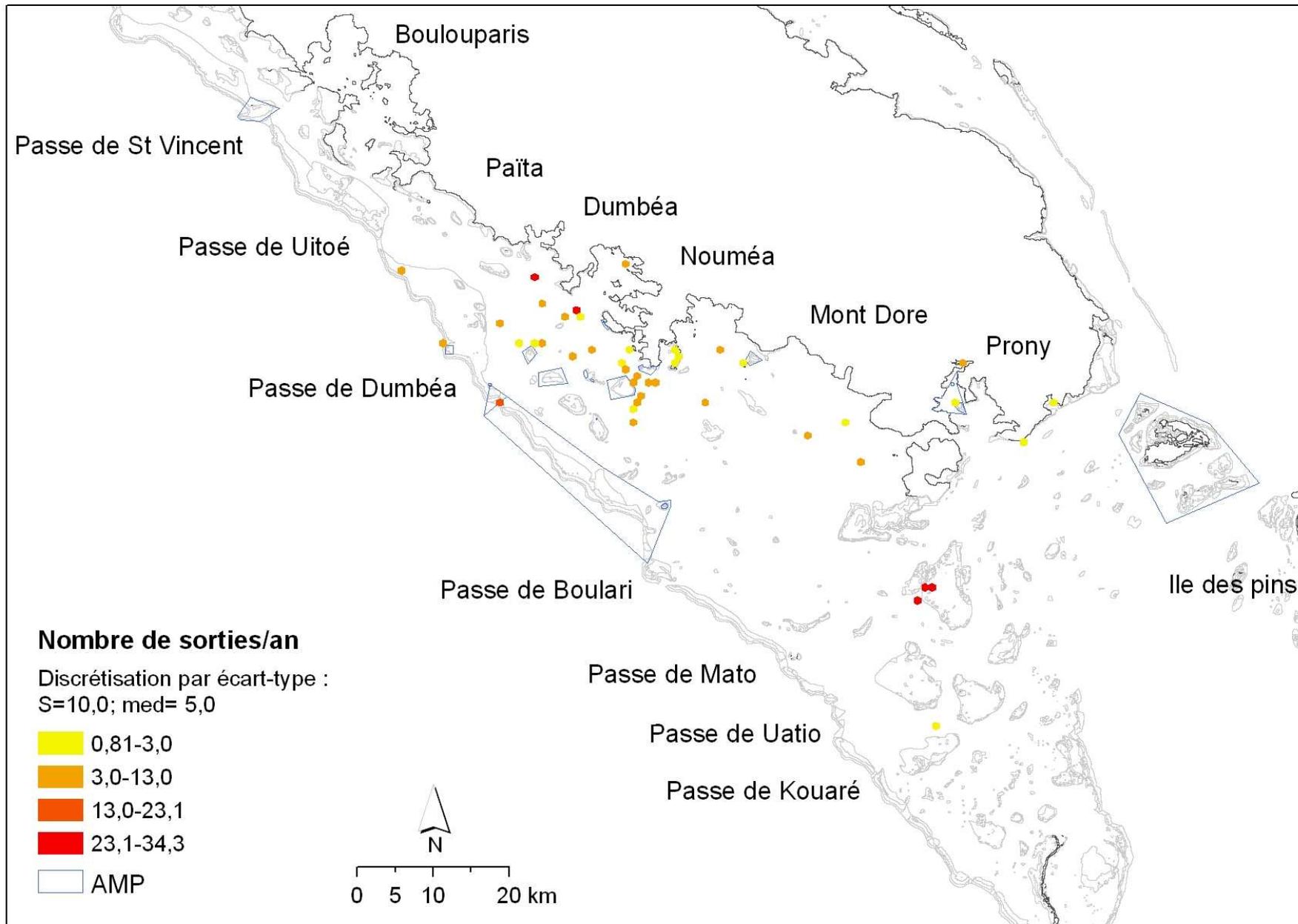


Carte 21 : Dynamique spatiale des bateaux de pêche (N observations = 1937)



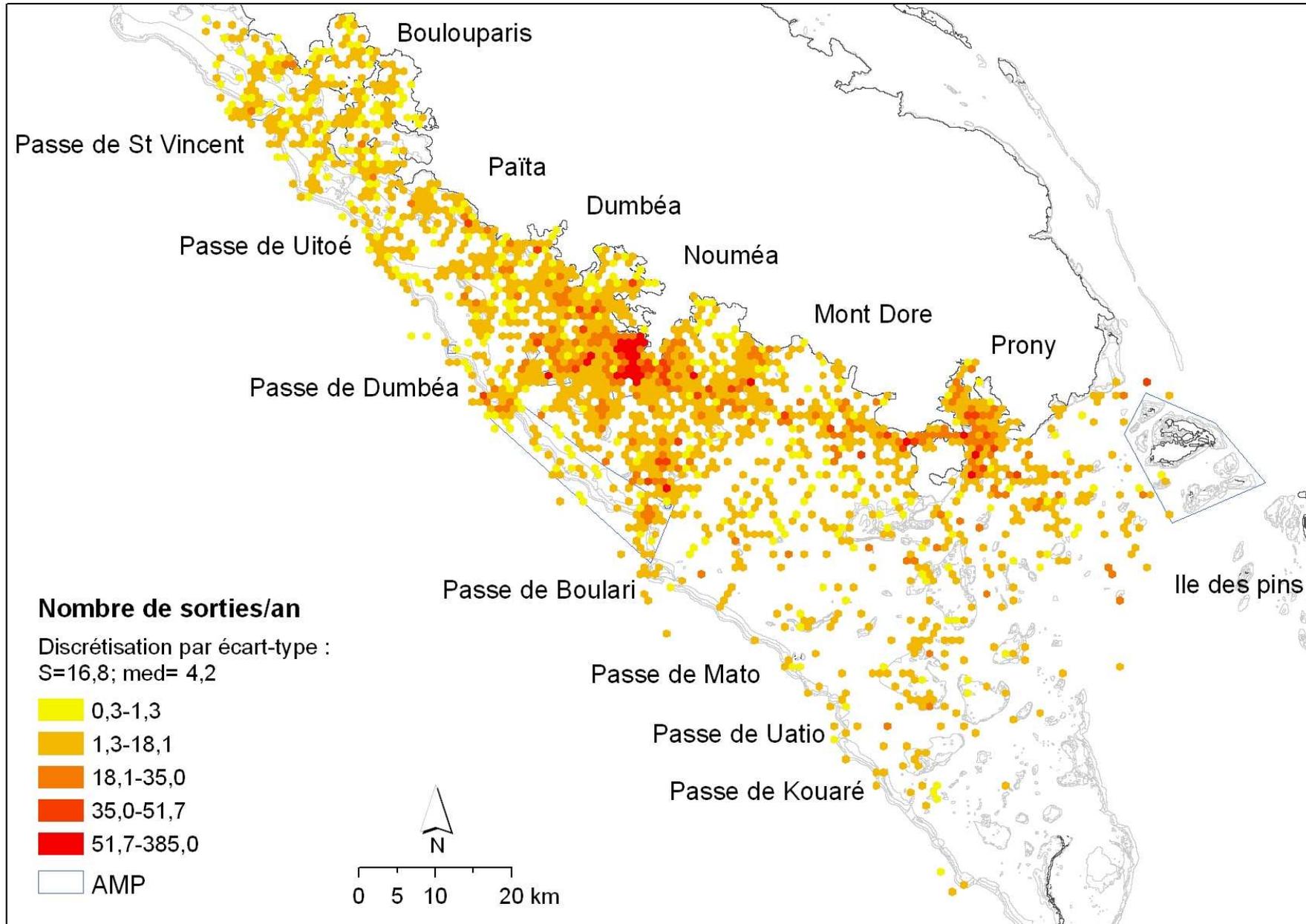
Carte 22 : Dynamique spatiale des bateaux de plongée sous-marine (N observations = 111)

• **Plaisance-balade**



Carte 23 : Dynamique spatiale des bateaux lors d'une sortie de plaisance-balade en mer (N observations = 47)

• **Indéfini**



Carte 24 : Dynamique spatiale des bateaux pour lesquels l'activité n'a pas été définie (N observations = 3944)

- **Analyse selon l'activité pratiquée**

Les principales activités observées d'avion concernent en ordre décroissant le mouillage sur des îlots ou sur des structures coralliennes peu profondes lors d'une balade en mer, la pêche, la plongée et la plaisance.

Quarante et un pourcent des bateaux ont été observés au mouillage (4169), dont 23% près des côtes sur des récifs frangeants côtiers (10%) ou dans les baies (13%). Dix neuf pourcent des bateaux ont été observés en train de pêcher (1937). C'est d'ailleurs pour cette activité que les densités sont les plus importantes puisqu'elles s'élèvent à 1800 visiteurs par an sur les îlots en réserve autour de Nouméa, dans les baies de Prony et Maa.

La pêche est réalisée sur l'ensemble des structures coralliennes du lagon sud-ouest, hormis les Aires Marines Protégées (AMP) ou cependant quelques observations ont été réalisées), ainsi que sur les fonds meubles et les mangroves. Les biotopes fréquentés dépendent des types de pêche pratiqués et de la ressource ciblée. Quelques observations ont été réalisées sur la pente externe du récif barrière et en haute mer.

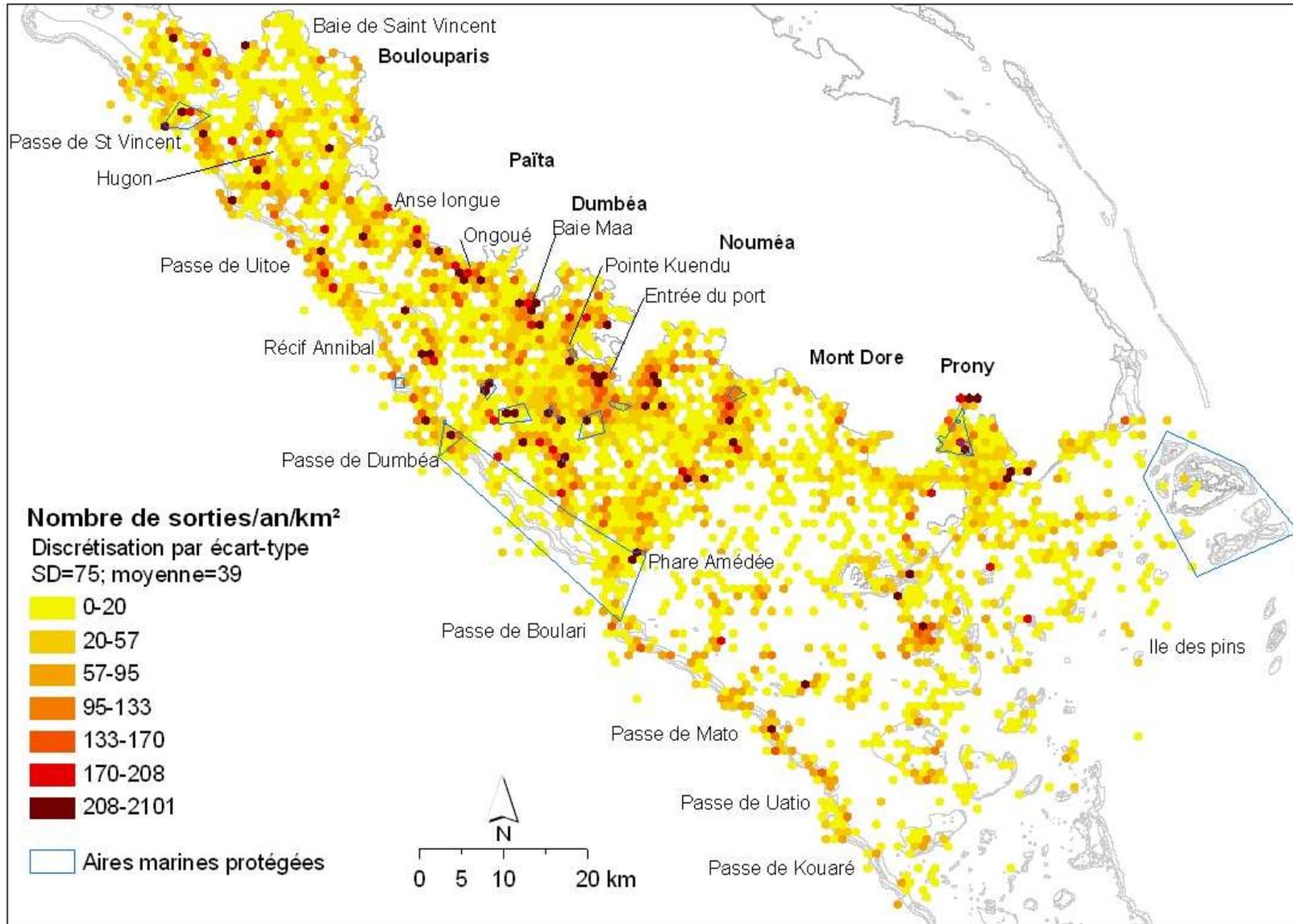
Chaque club possède ses lieux privilégiés de plongée qu'ils fréquentent régulièrement. Ils sont situés particulièrement sur le récif barrière, les îlots et espaces possédant un statut de protection (AMP). Plusieurs propriétaires de bateaux individuels ont été vus en train de plonger sur des sites non fréquentés par les clubs.

Il existe trop peu d'observations sur l'activité de balade en mer pour en déterminer de manière significative leur dynamique spatiale.

Les bateaux dont l'activité n'a pas pu être déterminée représentent 40% des observations. En raison des conditions climatiques et des limites propres à la méthodologie utilisée, il a été difficile de distinguer l'activité de plaisance-balade et de la plongée en apnée ou bouteilles de celle de la pêche.

g) Spatialisation des estimations annuelles

- **Plaisance : une dynamique spatiale dépendante des activités des plaisanciers**



Carte 25 : Dynamique spatiale annuelle de la plaisance toutes activités confondues

- **Analyse de la dynamique spatiale de la plaisance**

D'après la carte 25, présentant le nombre de sorties en mer par les bateaux de plaisance pendant une année, trois zones distinctes peuvent être différenciées par des degrés plus ou moins forts de concentration ou de diffusion de la plaisance.

La première zone se situe dans la région de Nouméa, dans un rayon d'une dizaine de kilomètres autour de la presqu'île. Sa limite nord suit une ligne : passe de Dumbéa - Baie Maa et sa limite sud : Phare Amédée - îlots au nord du Mont Dore. Cet espace se distingue par une distribution des bateaux de plaisance sur la quasi-totalité de l'espace lagunaire.

Les densités les plus importantes (densités supérieures à 208 bateaux/an/km²) sont observées sur l'ensemble des structures coralliennes en face de Nouméa et notamment sur les îlots ; à l'entrée du port ; la pointe Kuendu et le sud du récif Annibal. Elles se concentrent également sur les îlots et massifs coralliens selon un axe nord Mont Dore - Phare Amédée. Les densités les moins importantes concernent les fonds meubles et le récif Aboré. De vastes zones désertes se démarquent entre toutes les structures coralliennes que ce soient des îlots ou massifs, dans les fonds de baie et sur l'AMP Aboré. Les passes sont très prisées.

L'effet cumulatif de la plaisance et de la pêche permet d'expliquer les plus importantes densités sur les AMP et sur les récifs non protégés. La proximité des AMP sur lesquelles des aménagements ont été mis en place pour permettre un amarrage aisé, et les différentes activités de loisir que l'on peut réaliser sont autant de facteurs favorisant une importante fréquentation. Le phare Amédée se singularise par le développement d'une activité touristique régulière opérée par plusieurs opérateurs touristiques. Les passes sont, hormis la pêche, des lieux de pratique du surf. La baie Maa connaît une importante notoriété de par son orientation protégée du vent et la qualité de ses paysages. Les récifs ne faisant pas l'objet d'un statut de protection sont principalement visités pour la pêche, même si quelques activités nautiques ont lieu sur ces biotopes : plongée en bouteille ou en palme-masque-tuba.

La seconde zone concerne la partie nord de la zone d'étude, du nord de l'AMP Aboré jusqu'à la limite nord de la zone d'étude. Sur cet espace, la distribution de la plaisance est soit diffuse sur les fonds meubles, soit concentrée de façon linéaire le long du récif frangeant côtier et du récif barrière. Dans la baie de Saint Vincent, cette distribution est sélective et concerne les îlots et récifs peu profonds.

Plus encore que dans la zone précédente, les récifs frangeants côtiers connaissent une forte fréquentation, de même que certains îlots. Encore une fois, la proximité des espaces habités, de Ongoué à l'Anse Longue notamment, explique la forte densité de bateaux de plaisance.

De tous les îlots de cette zone, seuls ceux qui sont d'origine corallienne connaissent de fortes fréquentations, à la fois pour la plaisance et pour la pêche. L'exception vient du nord de l'îlot Hugon, où se situe une ferme. L'îlot Ducos étant réservé à une tribu des environs, aucune activité récréative n'y est répertoriée. Il semble donc que les petits îlots coralliens soient plus attractifs que ceux de grande taille. Le récif barrière est largement prisé des pêcheurs de même que les passes qui sont aussi très recherchées par les surfeurs. Les massifs coralliens sont moyennement à fortement fréquentés principalement pour la pêche.

La troisième zone s'étend du nord du Mont Dore à la corne sud. La distribution spatiale est diffuse et clairsemée, avec cependant une couverture quasi totale de la baie de Prony. Bien abritée, la baie connaît une forte fréquentation grâce à ses îlots, son paysage naturel

(terrestre ou marin) et de nombreuses petites criques calmes recherchées surtout par les voiliers.

De fortes densités des bateaux de plaisance sont observées dans le canal Woodin. Celui-ci est un passage privilégié des bateaux de Nouméa en direction de la baie de Prony, ou rejoignant la côte est. De façon saisonnière, il est envahi par les pêcheurs à la recherche de la loche mère (*Epinephelus malabaricus* ou *E. coioides*). Le long de la ligne de Nouméa à la baie de Prony en passant par le canal se situe un quasi continuum de densités faibles, signe de l'existence d'une véritable voie de communication. Autre effet de concentration saisonnière : l'activité touristique de *whale watching* lorsque les baleines viennent mettre bas ou élever leur petit pendant la saison qui s'étend de juin à septembre. Lors des survols, des baleines ont été surtout observées entre l'îlot Mato, la baie de Prony et l'AMP Y. Merlet.

Les fortes densités de bateaux de plaisance sont également observées le long du récif barrière et dans ses passes, fréquentés principalement pour la pêche. Ces fortes densités concernent de façon inégale les îlots et massifs coralliens à l'entrée de la corne sud et la baie de Prony. Les îlots du sud de la corne connaissent des densités moyennes alors que les fonds meubles sont caractérisés par de faibles densités ou des vides caractéristiques des espaces situés entre les structures coralliennes. Les îlots du sud sont prisés des plaisanciers adeptes du camping ou séjournant plusieurs jours à bord de leur voilier.

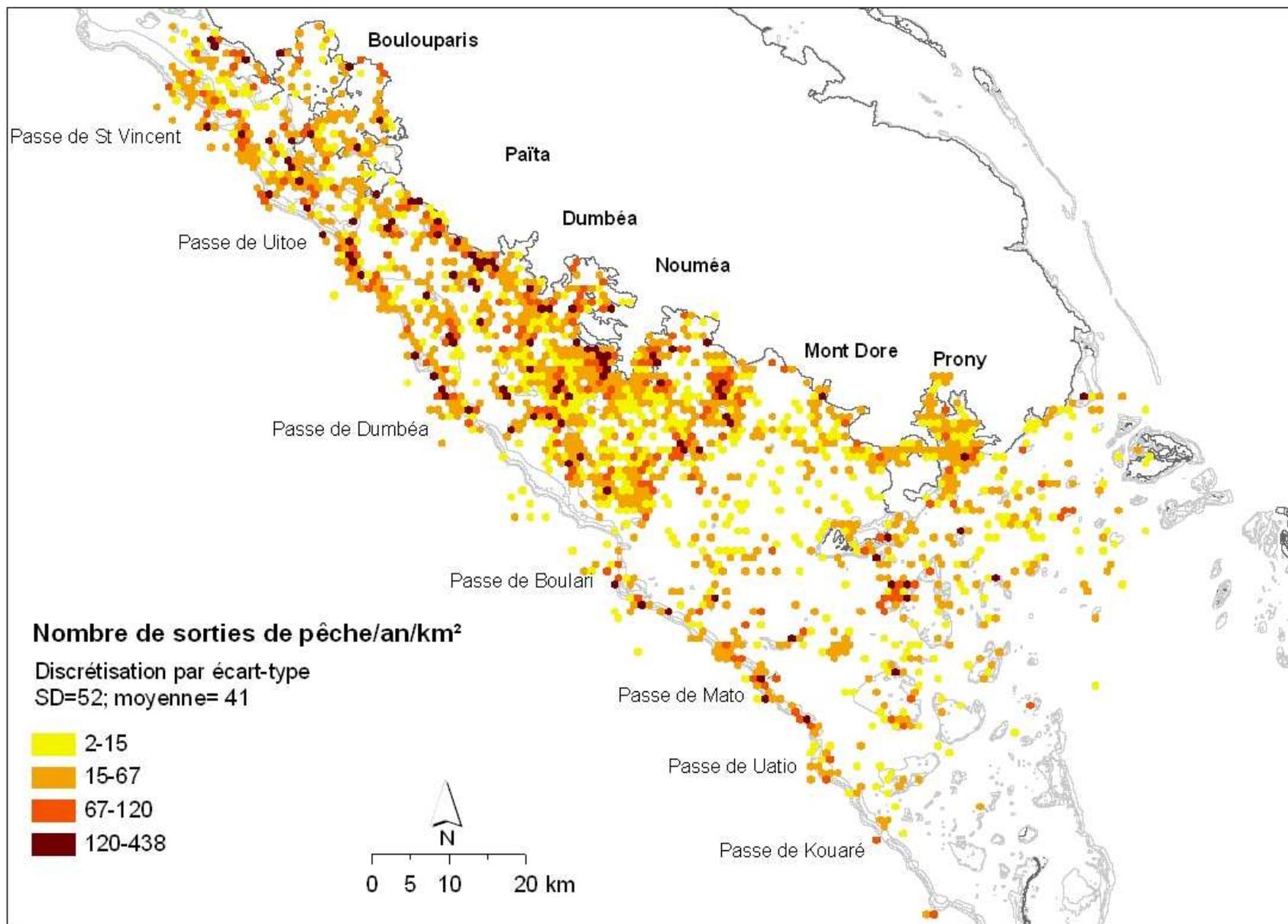
La différence de concentration des bateaux de plaisance sur l'espace lagunaire est en premier lieu dépendante de la démographie. Plus un espace du littoral est densément peuplé, plus la concentration de bateaux dans les environs immédiats est importante. En témoignent la zone urbaine de Nouméa puis les communes périurbaines du nord du Mont Dore et Païta. Alors qu'aucun témoignage issu des enquêtes de terrain de la thèse de Jollit (2010) ne fait état d'une quelconque fréquentation entre l'Anse Longue et Naia au sud de la commune de Païta, d'importantes densités ont toutefois été détectées lors des survols aériens. En effet, la distribution dépend également de la présence de points d'accès au lagon et de l'attractivité de la région maritime. Le long de cette côte, des lotissements avec accès privés au lagon foisonnent et favorisent une importante fréquentation de l'espace lagunaire attenant. Cela explique également pourquoi, loin des centres habités, la baie de Prony et le canal Woodin connaissent des densités faibles mais couvrant la quasi-totalité de l'espace.

Les îlots proches des espaces habités faisant l'objet d'un statut de protection sont très fréquentés par les plaisanciers à la recherche de lieux de détente et d'activités marines ou nautiques. Il existe un gradient négatif de densité à mesure que l'on s'éloigne des espaces habités. Cependant, les structures coralliennes les plus éloignées, notamment les îlots, constituent des lieux de regroupement des bateaux de plaisance, tout comme les baies les mieux abritées et offrant de jolis paysages.

Sur les îlots et structures coralliennes se concentrent des densités fortes à moyennes pour la pratique de la pêche ou pour des activités nautiques. Les plaisanciers y séjournent souvent plusieurs jours.

Plus le récif barrière est proche des côtes, plus il est fréquenté, mais de fortes concentrations de bateaux de plaisance sont également observées jusqu'à 60 km vers le sud. L'activité principale menée sur le récif barrière est la pêche et, de façon plus restreinte, la contemplation des fonds par les plongeurs.

- ***Un effort de pêche d'intensité variable mais présent sur l'ensemble de l'espace lagonaire***



Carte 26 : Dynamique spatiale annuelle de l'effort de pêche

- **Analyse de la spatialisation de l'effort de pêche**

La distribution spatiale des densités de l'effort de pêche est quasiment identique à celles de la plaisance à l'exclusion des AMP.

L'effort de pêche se distingue par des densités beaucoup plus concentrées géographiquement et quantitativement plus faibles que les densités estimées pour la plaisance. Cela est en partie dû à une concentration des pêcheurs sur les habitats les plus productifs, c'est-à-dire les structures récifales, et aussi à l'incertitude sur les activités pratiquées pour 40% des observations aériennes.

Il apparaît clairement qu'aucune structure corallienne n'est épargnée par la pêche. Les plus fortes densités sont majoritaires sur les massifs coralliens hors AMP dans la région de Nouméa, ainsi que sur le récif barrière notamment au niveau des passes ou sur les récifs frangeants côtiers au nord de la ville.

A proximité des lieux d'habitation et des débarcadères, les densités sont les plus importantes.

Deux distributions linéaires forment un continuum de fréquentation spatiale, caractérisé par de fortes densités de l'effort de pêche : la première borde les récifs frangeant côtiers de la commune de Païta et de Boulouparis, au nord de Bouraké. La seconde longe le récif barrière, avec une interruption au niveau de l'AMP Aboré. Il apparaît clairement que la pression de pêche croît sur le récif barrière à mesure que celui-ci se rapproche des côtes.

Dans le sud, les fortes densités concernent principalement les îlots à l'entrée de la corne sud, avec toutefois des densités moyennes à faibles sur les massifs coralliens à mesure que l'on se dirige vers la pointe de la corne sud. Cependant, le manque d'observations dans la partie la plus septentrionale ne permet aucune analyse, même si par temps clair quelques observations y ont été menées, notamment au sud du récif Garanhua. Cela démontre une activité certaine jusqu'à la pointe sud, non épargnée par l'importante distance qu'il faut parcourir même du débarcadère le plus proche (Prony).

Les plus faibles densités et les espaces vides sont observés dans le reste de l'espace lagonaire notamment sur les fonds meubles. Plus les massifs coralliens sont distants les uns des autres, plus les espaces de pêche sont isolés ou même absents. L'éloignement à la côte est également un facteur limitant la fréquentation.

Quelques observations indiquent cependant une activité occasionnelle de pêche sur les espaces protégés tels la réserve intégrale Y. Merlet et celle de l'îlot Bailly au Mont Dore. Au total lors des 43 survols, 15 observations de pêche sur 1938 observées ont été effectuées sur ces AMP (0,8%). A part ces deux cas de figure, aucun pêcheur n'a été observé sur ces espaces protégés, et la seule activité de pêche observée se développe généralement à partir des limites des AMP.

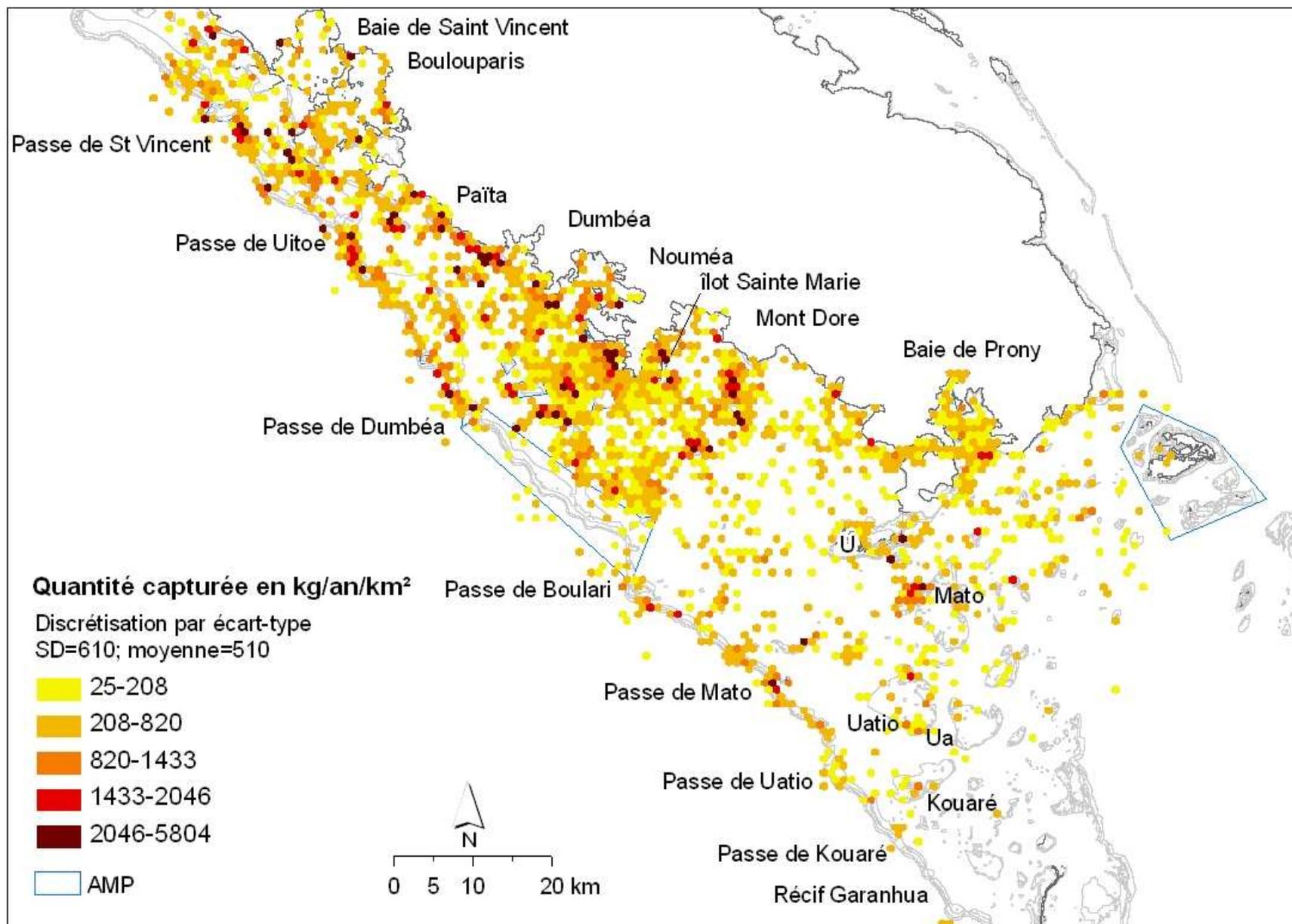
La comparaison entre la distribution spatiale de la pêche entre la méthode de recueil des données par survols et celle des entretiens aux rampes de mise à l'eau indique que 60% des bateaux pratiquant la pêche observés par survol aérien sont inclus dans les zones de pêche déclarées par les pêcheurs ou distants de 250 m⁶ de celles-ci (carte 64 de la thèse de Jollit, 2010). Les zones de fortes densités résultant des deux méthodes sont similaires ou sont situées dans un environnement proche.

⁶ Les 250 m correspondent à la marge d'erreur de positionnement des bateaux sur les cartes lors des campagnes de survols aériens.

La méthode des survols permet d'avoir une vision synoptique de la fréquentation spatiale de la zone par la plaisance et dans une moindre mesure sur la pêche. La méthode des enquêtes aux rampes (Jollit, 2010) permet d'obtenir des informations quantitatives et qualitatives utiles aux approches de gestion de l'environnement (estimations), mais une distribution spatiale propre à la population enquêtée (bateaux mis à l'eau à partir de rampes publiques). Cela explique les différences entre les deux méthodes de recueil des données.

Les survols aériens sont un atout majeur dans la spatialisation *in situ* de l'activité de plaisance. Ils permettent d'attester de la justesse des renseignements fournis par les pêcheurs. Le fait que 60% des observations soient incluses dans les zones de pêche montre une concordance satisfaisante et témoigne de la véracité des témoignages des pêcheurs. La concordance est bien plus élevée si l'on enlève de la comparaison les zones proches des côtes et des lotissements privés avec des accès privés à l'espace lagunaire.

- **Quantités capturées : des productions se raréfiant avec l'éloignement**



Carte 27 : Spatialisation annuelle des quantités capturées

- ***Analyse de la spatialisation des captures***

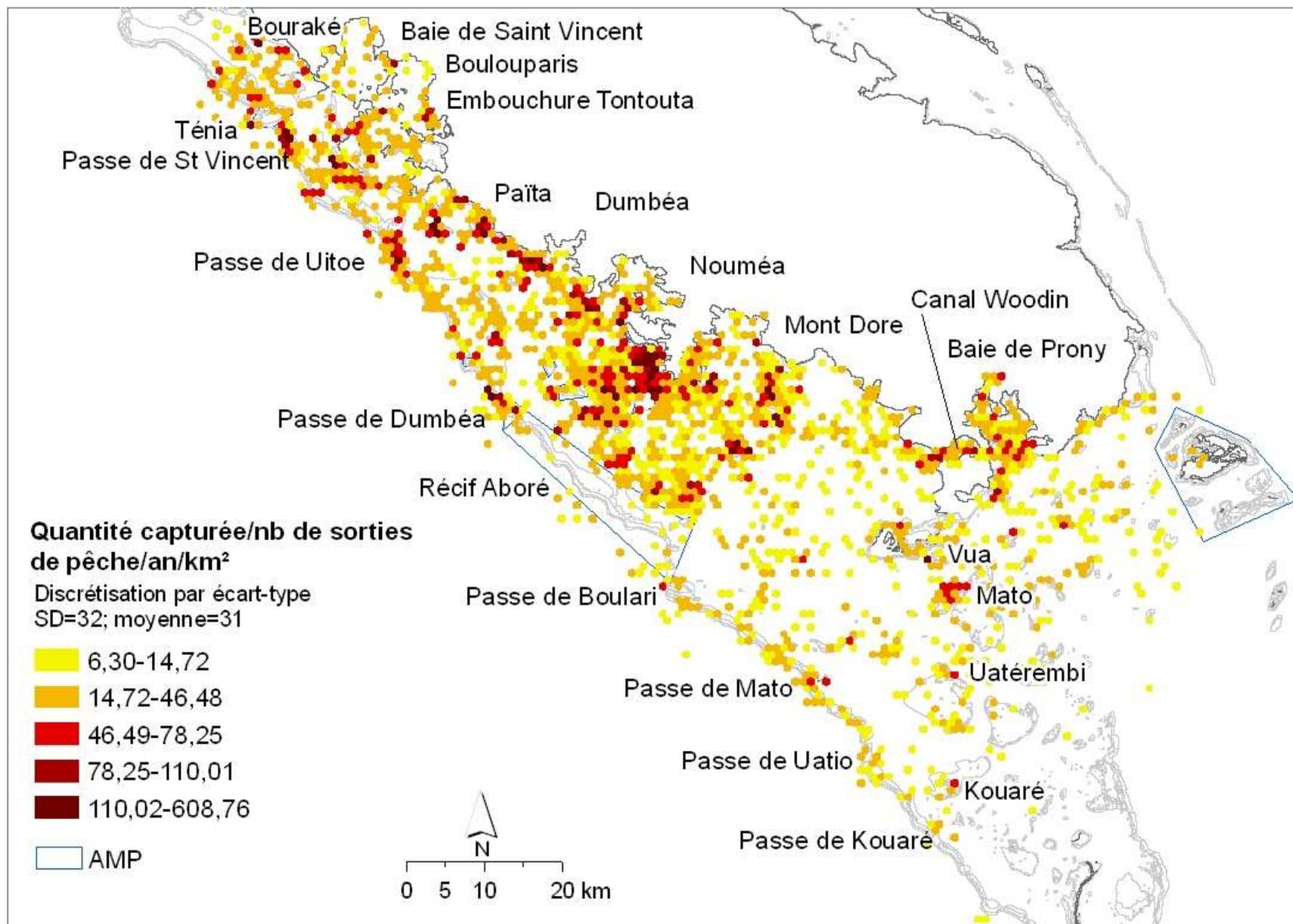
La distribution spatiale de la production annuelle suit logiquement celle de l'effort de pêche en raison de la méthode de calcul des estimations. Les fortes productions sont localisées à l'entrée du port de Nouméa et autour de l'îlot Sainte Marie, sur les récifs non AMP dans les environs proches de la ville, sur les îlots et récifs au nord du Mont Dore, dans la baie de Saint Vincent, le long du récif frangeant de Païta, et sur la barrière de corail surtout au niveau des passes.

Mis à part à l'entrée de la baie de Prony où les productions annuelles sont importantes, la baie connaît des productions moyennes. Dans la corne sud, les productions sont également diverses : sur les îlots et les structures coralliennes les plus proches des côtes (récif U et l'îlot Mato), les productions sont les plus importantes, elles ont tendance à décroître à mesure que l'on s'éloigne vers le sud, excepté sur les îlots Kouaré, Uatio et Ua. D'une manière générale, la majorité des îlots et des massifs coralliens de la corne sud connaissent une fréquentation de pêche et des productions d'intensité variable.

Le récif barrière est pêché sur toute sa longueur, sauf les zones possédant un statut de protection. Bien que les productions décroissent à mesure que l'on s'éloigne vers le sud, on observe une spatialisation continue des productions jusqu'à la passe de Uatio, puis elles deviennent clairsemées jusqu'au sud du récif Garanhua.

L'éloignement influence par conséquent la distribution spatiale de l'effort. Il constitue l'un des facteurs d'affaiblissement de l'effort de pêche et des productions. Mais les longues distances peuvent également être parcourues de manière intentionnelle par les pêcheurs soucieux de trouver des espaces peu fréquentés donc poissonneux.

- **Captures par unité d'effort : un indicateur de l'état de santé des écosystèmes**



Carte 28 : Spatialisation annuelle des CPUE

- **Analyse de la spatialisation des CPUE**

Les CPUE sont obtenues en divisant la production annuelle (kg/an) par l'effort de pêche annuel (nb de sorties de pêche/an). Ils sont un indicateur de la pression voire de la surpêche. Une CPUE élevée indique soit une situation de bonne santé de la pêche caractérisée par une abondance importante de la ressource et un effort faible à modéré, soit une situation d'appauvrissement progressif de la ressource caractérisée par de fortes productions et un effort modéré mais soutenu. A l'inverse, une CPUE faible indique soit une production faible de la part des pêcheurs, surtout des pêcheurs récréatifs, soit à l'inverse une situation critique de la pêche dont le seuil de durabilité serait atteint ou dépassé comme le montreraient des prises trop faibles par rapport à un effort de pêche intense.

Les fortes CPUE sont concentrées logiquement dans un rayon de 10 à 15 km autour de Nouméa, autour des espaces habités ou des rampes de mise à l'eau. Elles concernent surtout les structures coralliennes au nord du Mont Dore, les passes et la barrière de corail au nord de l'AMP Aboré, les récifs frangeants côtiers de Païta. De fortes valeurs sont également observées dans la baie de Saint Vincent, sur les récifs frangeants côtiers au nord de Bouraké, autour des îlots coralliens, aux alentours de l'AMP Ténia et dans la passe la jouxtant et enfin dans la mangrove à l'embouchure de la Tontouta.

Dans le sud, les plus fortes valeurs correspondent à l'îlot Vua, le canal Woodin et le récif frangeant à l'entrée de la baie de Prony, les massifs coralliens et surtout les îlots Mato, Uatérémbi et Kouaré.

En dehors du sud du récif barrière, les fortes valeurs des CPUE coïncident spatialement avec des efforts de pêche élevés. Sur les espaces près des côtes et des espaces habités, sur les structures coralliennes des environs de Nouméa et sur le nord du récif barrière, la pression serait suffisamment importante pour entraîner les prémices d'une surpêche en raison d'un effort de pêche soutenu. Les fortes CPUE à proximité des côtes représentent un processus inévitable d'une activité de pêche accrue en raison de la faible distance à parcourir.

Au sud du récif barrière la situation serait moins avancée. Les CPUE sont moyennes à faibles alors que les productions et les efforts de pêche sont importants. Cela démontrerait une relative bonne santé du récif, à l'exception de la passe de Mato où les CPUE sont plus importantes.

Les faibles CPUE sont observées principalement sur les fonds meubles, les fonds de baie et du sud du Mont Dore jusqu'au sud de la corne sud. Les fonds meubles, grâce à leur étendue, subissent un effort de pêche faible avec des prises peu importantes. Elles démontrent une bonne santé des structures coralliennes dans cet espace géographique caractérisé par de faibles productions.

Les zones où les CPUE sont importantes alors que les efforts de pêche sont faibles ou modérés concernent les fonds meubles entre l'îlot Maître et les quatre bancs de l'ouest, et ceux proches de la passe de Dumbéa, le récif à l'est du récif Toombo dans la passe de Boulari, l'îlot Mato et le récif de Néokouié au sud de la passe de Kouaré. Globalement, ces fortes CPUE seraient le témoignage d'une pêche qui ne perturberait pas la bonne santé des habitats concernés.

Le fait que pour 40% des bateaux observés par avion l'activité n'ait pas pu être déterminée pourrait apporter une distribution spatiale de l'activité plus limitée de l'effort de pêche, de la production et des CPUE. Cependant, la comparaison des résultats spatialisés entre les deux méthodes de recueil des données (survol et enquêtes), semble indiquer de faibles lacunes.

Elles concernent peu de zones. Les pêcheurs observés par les deux méthodes pêchent en effet sur les mêmes espaces, sur les mêmes structures coralliennes. Les bateaux observés sur les fonds meubles les plus éloignés du plan de vol sont ceux dont l'activité n'a pas pu être déterminée avec précision. Or l'activité sur ces types de fonds est beaucoup moins impactante pour la ressource que celle pratiquée sur les structures coralliennes et les récifs. En effet, les poissons ciblés sont pélagiques et s'ils ne sont pas migrateurs, ils ne sont pas non plus sédentaires.

V. ANALYSES DES PRESSIONS ET IMPACTS

A) Etude des capacités de charge et PME/MSY

1. Présentation des capacités de charge

Appliquée à l'écologie corallienne, la capacité de charge d'un récif corallien est son aptitude à supporter des usages d'extraction ou invasifs sans qu'il y ait de changements perceptibles et/ou de dégradation de la productivité biologique, et de la diversité des espèces sur une période de temps raisonnable. La notion temporelle est objective, mais pas la perceptibilité des changements (Wafar, 1997). Selon Wafar, plusieurs facteurs rentrent dans l'évaluation de la capacité de charge d'un récif corallien : sa taille, sa situation/localisation, diversité des espèces, productivité, types d'activités extractives, développement d'activités sur terre, sensibilité aux désastres naturels, interactions avec des écosystèmes adjacents, niveau du tourisme et des projets touristiques futurs, niveau de connaissance et de maîtrise des usages et des écosystèmes par les visiteurs, autres activités (inclus : les tests nucléaires). La capacité de charge dépend également des caractéristiques des habitats (présence d'abris ou de lieux de reproduction) ; de leur degré d'hétérogénéité et de leur morphologie. A titre d'exemple, un mur de corail vertical a une capacité de charge supérieure à un platier qui, lui, est davantage soumis au piétinement.

La capacité de charge est un outil largement utilisé pour la gestion de l'environnement. Elle fait appel à des seuils nécessaires pour maintenir le développement et les activités à un niveau écologiquement et socialement soutenable. Ils représentent les limites au-dessus desquelles un système ne pourra plus supporter de changements ou leur accroissement (Getz, 1982).

Or, en l'absence de seuils propres au contexte calédonien, nous essayerons de qualifier et de quantifier les capacités de charge écologique, physique et social, dans les domaines de la plaisance et de la pêche plaisancière, en nous appuyant autant que faire se peut sur les seuils issus de la littérature.

Les différentes capacités de charge utilisées dans cette étude sont :

- écologique : il s'agit du seuil limite aux changements que le système peut supporter sans être dégradé, c'est-à-dire le seuil limite d'usages récréatifs qui peuvent être menés sur une aire ou un écosystème avant qu'un déclin inacceptable ou irréversible des fonctions écologiques ne se produise (Pigram, 1983). D'autres auteurs proposent la définition suivante : il s'agit du nombre maximal de visiteurs sur une aire, une entité géographique telle une plage, avant que les fonctions écologiques d'un écosystème, d'un espace ou d'une aire soient perturbées ou mises en péril (Hawkins et Roberts, 1997; Martin et Uysal, 1990). A titre d'exemple, cela concerne la qualité ambiante de l'écosystème en termes de polluants apportés à l'écosystème ou en milieu corallien, il

s'agit du nombre de visiteurs qu'un récif peut supporter (Davis et Tisdell, 1995; Hawkins et Roberts, 1997; Hawkins *et al.*, 2005; Schleyer et Tomalin, 2000) ;

- physique : concerne le seuil limite d'unités d'usage (par exemple personnes, véhicules, bateaux) que peut contenir une aire. Ce seuil correspond à 1) l'espace requis pour que les activités récréatives puissent être pratiquées à une densité optimale, sans danger pour les usages (Sowman, 1987) ; 2) à la limite d'utilisation des capacités des équipements (parkings, rampes de mise à l'eau, personnel administratif...). Il existe donc une idée de saturation de l'utilisation ou de la fréquentation ;
- social : intéresse aussi bien la capacité des populations locales à tolérer la présence de touristes, et le degré de satisfaction des visiteurs au-delà duquel ils acquièrent des expériences négatives ou sont insatisfaits. Cela conduit souvent à un déclin de l'activité (Hillery *et al.*, 2001; O'Reilly, 1986). La capacité de charge sociale a été proposée comme outil de gestion des usages touristiques côtiers, avec le déclin de l'attractivité sur les plages, déclin du nombre de visiteurs, tous deux utilisés comme indicateurs de l'utilisation non durable de l'usage des ressources (Hughes, 2002; O'Reilly, 1986).

a) Capacité de charge écologique

La capacité de charge écologique correspond au nombre maximal de visiteurs qu'une aire peut supporter sans que ceux-ci n'en affectent les fonctions écologiques, ou seuil au-delà duquel des impacts écologiques inacceptables sont constatés (définition proposée par l'Organisation mondiale du tourisme).

L'estimateur de la capacité de charge se calcule souvent comme un ratio entre un nombre : que ce soient des individus, des habitants, etc. rapporté à une surface (d'un écosystème, d'une plage, etc.) ou à une quantité (de polluants) (David, 1999).

- ***Évalué en nombre de pêcheurs par km² de récifs coralliens***

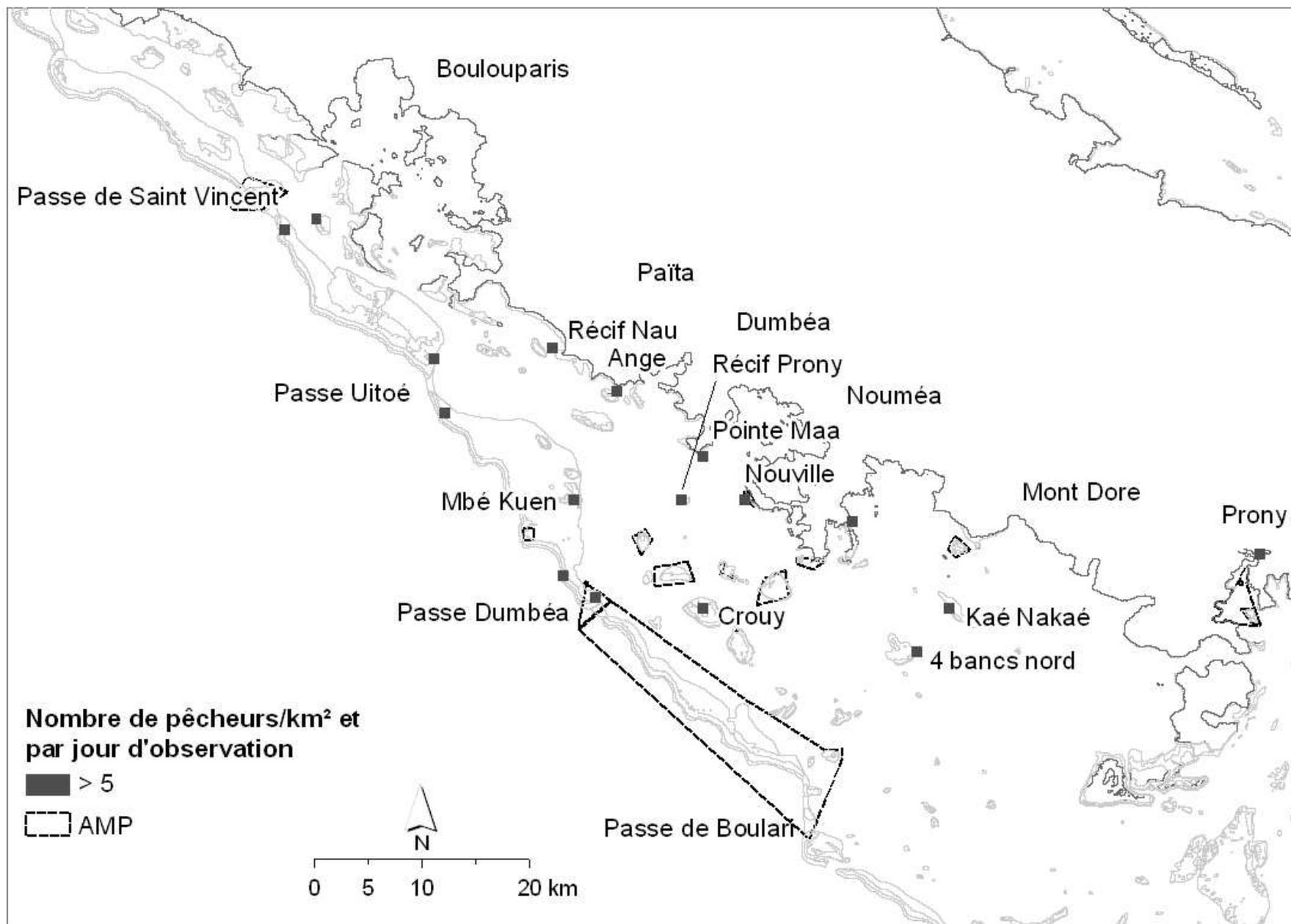
Dans notre cas d'étude, nous proposons de l'identifier dans un premier temps comme la quantité de pêcheurs par unité de surface. La limite proposée par (McClanahan *et al.*, 2002) détermine qu'à partir de cinq pêcheurs simultanés par km², la pression de pêche peut être considérée comme importante. Pour obtenir le nombre de pêcheurs par km², nous nous sommes basés sur les données issues de la thèse de Jollit (2010) : par bateau de pêche, il y a en moyenne 2,446 pêcheurs.

D'après la carte 29, la capacité de charge est dépassée exclusivement sur des structures coralliennes que ce soient les récifs frangeants côtiers, les récifs d'îlot ou non de l'espace lagunaire ou que la barrière récifale, toutes proches des zones habitées comme Nouméa, le sud de Païta et de Boulouparis, et le nord du Mont Dore ; ou abritées comme Prony. La corne sud est entièrement épargnée.

Cependant, nous avons vu qu'il existe une incertitude de 40% des observations dont l'activité n'a pas pu être renseignée. Ainsi l'impact est-il spatialement sous-estimé.

Outre l'influence directe sur la composition des communautés de poissons, la capacité de charge écologique concerne également les habitats, biotopes coralliens. Ils subissent une destruction physique ou chimique intimement corrélée à la quantité de visiteurs. Outre la surexploitation des ressources et le réchauffement climatique, il existe cinq grands types de dégradation directe des récifs coralliens : les loisirs par destruction directe, les constructions et remblais, le prélèvement des coraux, la mauvaise gestion telle la surpopulation sur les récifs frangeants et les ordures et rejets de toutes sortes (Salvat, 1998).

Dans notre cas d'étude, nous nous proposons d'étendre l'étude de l'impact sur les récifs coralliens à l'ensemble de la plaisance, et orienterons les résultats sur les complexes coralliens frangeants des îlots. Ces types de récifs subissent les plus importants impacts directs de la part des plaisanciers.



Carte 29 : Les capacités de charge écologique : le nombre de pêcheurs par unité de surface

- ***Destruction mécanique par piétinement : estimé pour l'ensemble des plaisanciers***

Dans le domaine des loisirs, la destruction physique des coraux est occasionnée par le contact direct par piétinement, effleurement ou par les ancres. Le piétinement intervient lors de la baignade lorsque les visiteurs doivent marcher sur les récifs frangeants pour rejoindre les eaux plus profondes pour nager avec ou sans matériel de plongée en apnée ou en bouteille ; lorsqu'ils se promènent le long de la berge par passe-temps ou pour prélever des coquillages ou autres organismes particulièrement esthétiques ; ou bien lorsqu'ils pêchent à pied. En apnée ou lors de simples baignades avec ou sans palmes masque et tuba, les coraux sont effleurés ou cassés par les palmes, sont utilisés par le plongeur pour se stabiliser dans l'eau, ou se reposer en cas d'urgence. D'ailleurs, moins le plongeur est expérimenté, plus son impact sur le corail sera fort et destructeur (Hawkins et Roberts, 1993). Son manque d'assurance le fera s'accrocher à tout ce qu'il pourra pour se rassurer et se maintenir dans l'eau. Même les baigneurs expérimentés et soucieux de l'environnement engendrent un impact sur les coraux, même minime. Or, un corail effleuré est un corail qui ne survivra pas, du moins à l'endroit du contact. Dans son étude, Leujak confirme que l'intensité de piétinement réduit la couverture de corail et provoque un changement des structures des communautés coralliennes. Les coraux branchus sont progressivement remplacés par des coraux massifs, plus résistants aux dommages mécaniques (Leujak et Ormond, 2008). Dans certains cas, la morphologie des coraux branchus se modifie et devient plus encroûtante ou devient moins arborescente (Hawkins et Roberts, 1993). Les coraux encroûtants sont beaucoup plus choisis par les visiteurs sur lesquels ils prennent appui pour se tenir debout ou se maintenir hors de l'eau. Ils sont également plus sensibles à l'asphyxie par la remise en suspension des sédiments par les baigneurs, même si dans ce cas, l'ensemble des coraux est sensible à l'étouffement par hyper sédimentation.

Les herbiers ne sont pas épargnés par le piétinement et sont arrachés par les ancres.

Le piétinement a un effet direct sur l'abondance des poissons attribué à la diminution de la couverture corallienne (Rogers et Cox, 2003). Cependant, l'abondance dépend de la rugosité des récifs, plus il existe d'anfractuosités et de crevasses au sein même des massifs coralliens, plus l'abondance augmentera en raison de la possibilité pour les poissons d'y trouver refuge au sein de structures non détruites par le piétinement. De même l'abondance dépendra des groupes trophiques. Si la couverture corallienne se réduit, les groupes trophiques corallivores disparaîtront car ne trouveront plus de sources d'alimentation. De même, les herbivores sont nombreux sur des structures coralliennes en régression au profit d'algues. Celles-ci supplantent les coraux surtout lorsque l'apport en matière nutritives est abondante (eutrophisation des eaux) (Leujak et Ormond, 2008).

Ainsi la capacité de charge au-delà de laquelle les coraux sont menacés par piétinement ou effleurement a été évaluée à 50 personnes/m²/an. Ce seuil a été proposé par Leujak (Leujak et Ormond, 2008) pour maintenir un niveau de récifs en bonne santé. Cette bonne santé dépend également de la bioconstruction et la bioérosion. Pour que les récifs persistent il faut que la différence entre ces deux processus soit toujours positive. La capacité de charge dépend donc de ce premier élément mais également de l'hétérogénéité des récifs. S'ils sont parsemés de crevasses et anfractuosités, ils supporteront une plus grande pression que s'ils sont homogènes. De plus, la capacité de régénération des coraux est plus rapide pour les coraux branchus que les coraux massifs. Or ces derniers sont prioritairement piétinés par les visiteurs puisqu'il est plus aisé de marcher dessus par leur aspect plus plat. De même le piétinement ne concerne que la partie la plus proche de la plage ou de la côte, celle dont l'épaisseur d'eau est suffisamment faible pour qu'une personne ne soit pas en mesure de nager.

De même, la variabilité de la présence saisonnière ou hebdomadaire des visiteurs est telle qu'il est délicat de réfléchir à une capacité de charge sur une année. Cependant, cette dernière permet d'obtenir une idée afin d'approfondir de futures recherches.

On peut considérer qu'il existe un gradient de destruction par piétinement entre la plage et le tombant des récifs frangeants en fonction de la profondeur d'eau. Dans une épaisseur d'eau inférieure à 1,5 m le piétinement est le plus intense, et la destruction de la couverture corallienne la plus importante. Sur cet espace le battement de la marée fait affleurer les coraux les plus proches de la plage ou de la côte et rend la baignade plus destructrice à marée basse ; les baigneurs dont le but n'est pas de regarder les coraux s'y baignent ce qui occasionne une abrasion et une destruction physique intense. Celle-ci est intermédiaire dans une épaisseur d'eau située entre 1,5 et 3 m au-dessus de la couverture corallienne, et faible de 3 m jusqu'au tombant du récif. Entre 1,5 et 3 m de fond, les plongeurs sont susceptibles de se tenir debout sur les coraux ou les effleurer avec leurs palmes.

Les données disponibles sur la bathymétrie ne sont pas suffisamment précises pour mener à bien l'analyse spatiale à partir de ces paliers de profondeurs. Bien que la littérature sur les capacités de charge des récifs coralliens prenne en compte les récifs dans leur ensemble, la superficie de certains d'entre eux dans le contexte calédonien est tellement étendue que nous avons décidé de mener les analyses sur une bande de récifs frangeants ou récifs peu profonds de 50 m maximum. Cette distance est inspirée par l'étude de Leujak (Leujak et Ormond, 2008) dont le terrain d'étude considérait un récif d'une largeur de 50 m. Nous posons le postulat que la géomorphologie corallienne est similaire entre les îlots, aussi bien bordés de récifs frangeants que de complexes coralliens lagonaires peu profonds, ce qui nous permet de procéder à des calculs de capacité de charge similaires à tous les îlots. Cependant, nous sommes conscients que ce postulat est réducteur de la complexité corallienne, il a toutefois le mérite de poser des bases de réflexion pour des recherches futures. Dans son étude, Mme Leujak a déterminé que chaque personne impactait 16 m² de récifs par piétinement. Cette valeur sera utilisée comme base de calcul de la capacité de charge des récifs.

Il y a en moyenne 4,3 personnes par bateau de plaisance⁷, et le nombre de bateaux de plaisance au mouillage sur les îlots est estimé à 19 231⁸ sur une année, c'est-à-dire environ 82 700 personnes (calculées par type de jour et saison). Plus en détail, d'après la carte 30, la capacité de charge est dépassée pour : Mbé Kouen, Casy, le Phare Amédée, Maître, Goéland, Larégnère et Signal.

Certains îlots connaissent des fréquentations inférieures à leur capacité de charge cependant proches du seuil limite. Dans un futur proche il serait probable que pour ces îlots et avec l'accroissement démographique, le seuil de la capacité de charge soit atteint. Un indice de vulnérabilité peut donc être : la fréquentation par rapport au seuil limite de capacité de charge. La vulnérabilité est considérée comme forte lorsque le nombre de visiteurs correspond à la moitié de la capacité de charge, moyenne lorsque ce nombre atteint au moins le tiers et faible quand il atteint le quart.

⁷ Donnée issue de la thèse de Jollit (2010) .

⁸ L'effort annuel est calculé à partir des survols aériens. Les estimations annuelles du nombre de bateaux de plaisance sur les îlots sont issues des estimations de l'effort annuel calculé à partir des types de jour et des saisons. L'effort total a ensuite été équi-réparti sur l'ensemble des observations, puis les observations au mouillage des îlots ont été sélectionnées et leur effort cumulé pour obtenir l'effort total de la plaisance au mouillage. Puis la surface de récifs frangeants sur une bande de 50 m de large a été calculée pour chaque îlot. Chaque superficie a été divisée par 16 (m², référence de Leujak) pour connaître la capacité de charge des récifs de chaque îlot. Puis on a comparé le nombre de visiteurs estimé par m² et par année sur chaque îlot avec la capacité de charge déterminée.

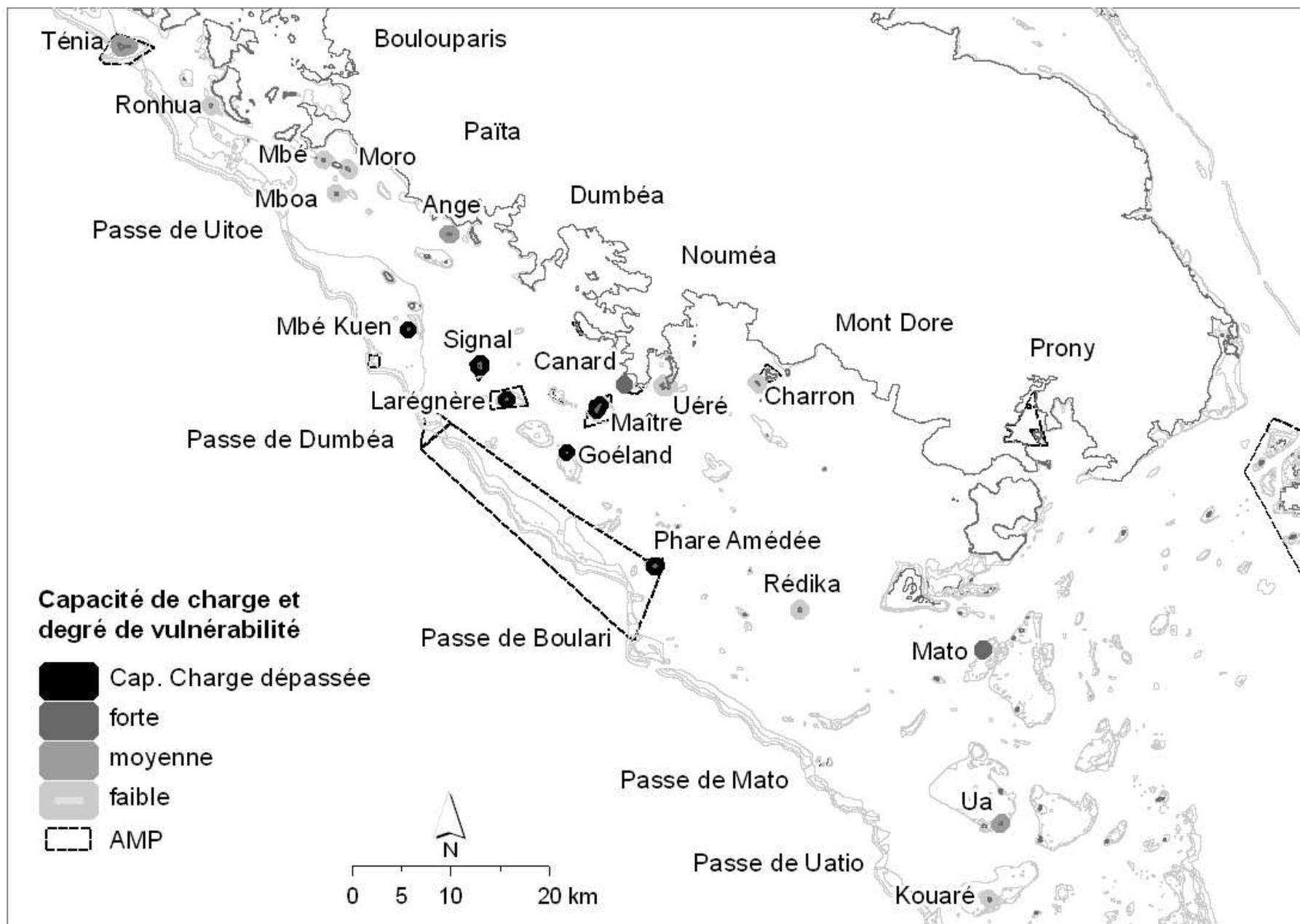
L'îlot Canard et Mato sont les plus vulnérables, puisqu'ils connaissent une fréquentation annuelle au moins égale à la moitié de la capacité de charge. La fréquentation annuelle de l'îlot Canard est d'ailleurs probablement fortement sous-estimée en raison des services de bateaux-taxi réguliers vers cet îlot. La capacité de charge est probablement largement dépassée.

Certains îlots comme l'îlot Ténia, Ange en face de Païta, et Ua dans la corne sud sont moyennement vulnérables, car leur fréquentation représente un tiers de la capacité de charge. Ange et Ua sont en effet caractérisés par une superficie restreinte qui augmente d'autant plus leur vulnérabilité.

Enfin, les îlots Ronhua dans la baie de Saint Vincent, et Mbé, Moro, et Mboa en face de Païta ; Uéré au sud de l'îlot Sainte Marie, Charron et Rédika, en face du Mont Dore ; et Kouaré dans la corne sud sont faiblement vulnérables, avec une fréquentation égale au quart de la capacité de charge.

Dans l'ensemble, les îlots sont les plus vulnérables lorsqu'ils sont proches de zones densément peuplées ou proches des côtes et des rampes de mise à l'eau. Ils le sont d'autant plus que leur superficie est restreinte ou que leur accès est facilité par des systèmes de navettes ou bateaux-taxi y amènent régulièrement des visiteurs. Les îlots concernés sont Ténia dans la baie de Saint Vincent, Canard, Maître, le phare Amédée et dans une moindre mesure Kouaré.

Ces résultats permettent de donner des pistes de recherche pour compléter les connaissances en matière de gestion de la charge maximale qu'un récif corallien peut supporter. Il est certain que des recherches plus approfondies par type de structure récifale, par type de corail, par profondeur, par géomorphologie récifale et autres types d'habitat permettraient d'affiner les mesures à prendre pour une gestion optimale.



Carte 30 : Les capacités de charge écologique : le nombre de visiteurs par unité de surface

b) Capacité de charge physique : CCP

Il s'agit d'un nombre maximal (visiteurs, charge polluante) qu'un lieu peut physiquement contenir avant que son intégrité physique ne soit affectée. Il s'agit aussi bien de la capacité de charge d'une plage en fonction de sa superficie, en fonction du nombre de places de parking, que du nombre de bouées de mouillage dans une baie ou un îlots, du nombre de matières polluantes qu'un lieu peut naturellement supporter avant qu'il ne soit considéré comme pollué.

Nous nous limiterons à l'étude de la capacité de charge physique d'une plage. En effet, il est considéré que la surpopulation d'une plage ou d'un îlot entraîne une dégradation de l'expérience d'un visiteur, et dans notre cas, d'une désaffection du site par les plaisanciers ou les pêcheurs à la recherche d'un site plus calme. Le choix de la fréquentation d'un îlot pour se restaurer pourrait par conséquent être influencé par les capacités de charge des plages.

La CCP d'une plage est entendue comme le nombre maximal de visiteurs pouvant occuper une plage au même moment (Williams et Lemckert, 2007). Dans les années 1989, une étude systémique en Floride fixait un total de 4,6m² de plage de sable sec par personne (Anonyme, non daté) au même moment.

La CCP d'une plage implique, comme toutes les capacités de charge, que l'on considère que la répartition des visiteurs soit homogène sur une plage. Or, bien évidemment cela n'est pas toujours le cas. De préférence, le visiteur aura tendance à s'installer près du point d'accès, il parcourt au maximum 250m à pied, avec une préférence à être proche des commodités (postes de secours, toilettes, douches) et sur des plages à accès libre et non payant (DeRuyck *et al.*, 1997). Sur la plage, il préférera s'installer sur du sable sec, et sur un espace où il ne sera pas incommodé lors de la montée de la marée. Les études sur les capacités de charge des plages ont par conséquent souvent essayé de prendre en considération les phénomènes de concentration des visiteurs sur les plages. Dans notre cas d'étude, l'accès aux plages des îlots se fait majoritairement par moyen personnels, les plaisanciers possédant leur propre bateau. Ils ancrent là où bon leur semble en fonction de l'orientation du vent, de l'épaisseur d'eau, de la présence de plage. Ainsi, si le vent joue un rôle déterminant pour l'ancrage, il intervient aussi pour l'installation des visiteurs sur les plages. De même que la présence de sable : les îlots coralliens ont tendance à être entouré de plages sableuses, même si certaines portions sont recouvertes de débris coralliens grossiers, alors que les îlots hauts ne possèdent de dépôt de débris calcaire que sur une certaine portion de leur pourtour. En ce qui concerne les îlots faisant l'objet d'un apport régulier de visiteurs par un système de navettes, la concentration des visiteurs est souvent plus importante près des points d'accès (pontons ou lieux de débarquement).

Or aucune étude n'a été effectuée permettant de connaître la superficie en sable sec des plages des îlots du lagon de la Nouvelle-Calédonie. Pour contourner le manque d'information, et pour proposer des pistes de recherche et de réflexion futures, posons le postulat que les îlots du lagon possèdent en moyenne une largeur de 15 m de plage de sable sec sur l'intégralité de leur pourtour sauf sur ces îlots hauts : Bailly, Ducos, Hugon, Mathieu, Mato, Montravel, Porc Epic, Puen, Sainte Marie, T'Ndu et Uo. Pour ces îlots connus, la superficie de plage supposée a été divisée par deux lors des analyses. Ils ne sont en effet pas tous entourés de plages où la récréation est possible.

La bande de 15 m de sable sec est une moyenne large basée sur des observations personnelles d'une poignée d'îlots. Volontairement large, elle permet de donner des résultats minimum garantis d'une prise de conscience immédiate pour les gestionnaires si les seuils sont dépassés.

En prenant en compte 4,6m² de surface de sable, les résultats d'analyse indiquent que la capacité de charge physique des plages des îlots n'est jamais atteinte. En effet, le nombre annuel de visiteurs n'atteint quasiment jamais la CCP qui, elle, est fixée pour une journée. Il existe quelques exceptions, notamment concernant les îlots les plus fréquentés : Amédée, Goéland, Larégnère, Maître, Mato, Mbé Kuen et Signal. Mais si l'on estime le nombre de visiteurs fréquentant ces îlots sur une base journalière, la CCP n'est jamais atteinte (voir tableau 14).

Cependant, la capacité de charge physique des plages ne correspond pas à la capacité de charge sociale d'une plage, qui elle est issue de la perception des visiteurs ou touristes.

c) Capacité de charge sociale : CCS

• Qu'est-ce que la CCS ?

Comme pour la capacité de charge écologique, il n'est pas suffisant d'utiliser un ratio du nombre de m² de plage par touriste ou visiteur, car entrent en considérations des facteurs tout aussi importants que sont :

- l'accessibilité : le nombre de places de parking, la nature des environs, les équipements environnants,
- la nature de la plage elle-même : la profondeur, le front de mer, l'espace intertidal, la propreté, la sécurité et les conditions de mer,
- les facteurs externes tels la météo, le climat, la saison, la date, l'heure et les attentes des visiteurs et usagers (Silva *et al.*, 2007).

La capacité de charge sociale ou CCS prend en considération ce dernier facteur : la subjectivité des visiteurs. Cette capacité de charge est définie comme « l'espace (souvent mesuré en m² par personne) dont un touriste a besoin pour qu'il vive une expérience intéressante » (Anonyme, 2004), « le niveau maximum d'usages au-delà duquel s'opère un déclin dans l'expérience récréative » (Jurado *et al.*, 2009), ou « une inacceptable dégradation du degré de satisfaction des touristes » (David, 1999).

La capacité de charge sociale prend en considération la perception que les touristes possèdent de l'environnement qu'ils sont venus visiter, des dégradations que cet environnement a subi (que ce soit d'origine anthropique ou naturelle) et qui amenuise la satisfaction qu'ils retiennent de leur expérience touristique. A terme, cette insatisfaction se traduit par un déclin de l'attractivité des sites. Dans ce cas de figure, on parle de la limite du changement acceptable. Celui-ci se définit comme la limite au-delà de laquelle l'image du site touristique est si négative que la fréquentation de la destination touristique décroît » (David, 1999).

Le degré de satisfaction dépend également des impacts de l'ensemble des usages comme la nature et la quantité de déchets, l'état de santé des écosystèmes, et du degré de conscience environnementale que possède le touriste : un touriste possédant une faible conscience environnementale acceptera mieux les impacts négatifs (Priskin, 2003). A cet égard, la nationalité joue un rôle fondamental dans la perception de la qualité de l'environnement des plages et zones de baignade ou de plongée (Leujak et Ormond, 2007). Les différentes nationalités perçoivent la surfréquentation de façon différente. Il apparaît que les Européens occidentaux sont les plus sujets aux dégradations des écosystèmes coralliens que leurs homologues russes ou égyptiens. Cette différence tient à l'expérience des touristes, à leur sensibilité et leur conscience environnementale plus aiguisée car ils voyagent depuis plus longtemps, car ils baignent dans une société de plus en plus orientée vers la protection de l'environnement, car ils sont initiés aux problèmes environnementaux

depuis qu'ils sont jeunes. D'ailleurs, plus un touriste possède d'expériences dans des milieux naturels, plus il est sensible aux détériorations, et moins il est tolérant à leur dégradation. Ou encore, plus il possède de connaissances sur les écosystèmes, plus il est sensible à tous les types de dégradation des sites naturels. A titre d'exemple, il a été démontré que les déchets ou les destructions des plantes, arbres ou coraux réduisent le côté aménitaire des activités récréatives (Barker, 2003; Hoover *et al.*, 1985; Lynn et Brown, 2003). Ces facteurs jouent un rôle majeur dans la perception et l'attente que les visiteurs ont des espaces naturels qu'ils recherchent. D'ailleurs, une étude sur les côtes liguriennes montre que la propreté des plages et de l'eau de baignade sont les plus importants facteurs d'insatisfaction des touristes (Marin *et al.*, 2009). Nous prenons la liberté de faire une analogie avec la pêche. Un pêcheur habitué à ne pêcher que des grosses prises, dans des quantités importantes ou qu'il jugera satisfaisantes selon ses propres critères, sera beaucoup moins enclin à se contenter de faibles prises ou d'espèces moins « gouteuses » qu'un pêcheur novice. Cela expliquerait pourquoi les personnes nouvellement installées en Nouvelle-Calédonie se satisfont plus de captures de taille plus réduites et en nombre plus restreint que les populations calédoniennes habituées à un lagon poissonneux. Mais se satisfaire de faibles prises pour s'adonner à un véritable passe-temps dénote également un respect de la nature, sans pillage du lagon par des prises dépassant les besoins réels des pêcheurs.

Partant de ces définitions, la littérature est abondante dans l'établissement des capacités de charge sociales en ce qui concerne la découverte des milieux naturels en plongée, en palme/masque/tuba, pour la pratique de la pêche, ou sur l'utilisation des plages. La perception des usagers sert dans la plupart des cas à fixer une capacité de charge sociale utilisable par les gestionnaires, dans des buts de développement touristique et de conservation de l'environnement.

- **CCS des plages**

La surfréquentation des plages a souvent été le facteur majeur de cause d'insatisfaction cité par les touristes (Hoover *et al.*, 1985; Leujak et Ormond, 2007; Musa, 2002). Selon (Budruk *et al.*, 2008), la foule ou de la surpopulation est un concept normatif qui intervient lorsque le niveau d'usage interfère avec les activités (Manning, 1999) ou bien lorsqu'il dépasse un standard acceptable (Vaske et Donnely, 2002). Ce concept a été défini comme une évaluation négative, personnelle et subjective de certains niveaux d'utilisation (Manning et Ciali, 1980). Le fait qu'il soit basé sur un jugement personnel et individuel du niveau d'utilisation approprié à un lieu ou un temps donné (Kuentzel et Heberlein, 2003) en fait un concept dynamique, non figé et évolutif (DeRuyck *et al.*, 1997). Cette évaluation subjective peut être influencée par une variété de facteurs qui peuvent être classés en trois groupes : les caractéristiques individuelles, les caractéristiques des autres, et des facteurs situationnels (Manning, 1999). A cela s'ajoute le facteur temporel.

Ainsi, l'impression de surpopulation sur les plages dépend de facteurs tels la taille de la plage, la situation des plages en milieu urbain ou rural (Jurado *et al.*, 2009), la présence d'équipements ou services, les caractéristiques propres aux visiteurs comme la personnalité, le sexe, la culture, la taille du groupe (DeRuyck *et al.*, 1997) et leurs attentes notamment pour la recherche de tranquillité ou de milieux naturels : plus un touriste recherchera un environnement naturel, plus il sera sensible à la densité de touristes sur une plage (Inglis *et al.*, 1999; Manning, 1985a ; Manning, 1985b). Il sera d'autant plus touché par la surpopulation qu'il aura développé un sentiment d'attachement, d'appartenance à une plage, à un îlot. A l'inverse, plus il recherchera la foule, et des activités ludiques organisées sur les plages, plus il sera disposé à accepter des densités de population plus importantes. En fonction de son caractère grégaire ou individuel, la CCS sera différemment appréhendée par le visiteur, même si les deux types se sentent inconfortables sur des plages isolées ou surfréquentées. Ainsi, l'impression de surpopulation dépend de ce qu'attend une personne

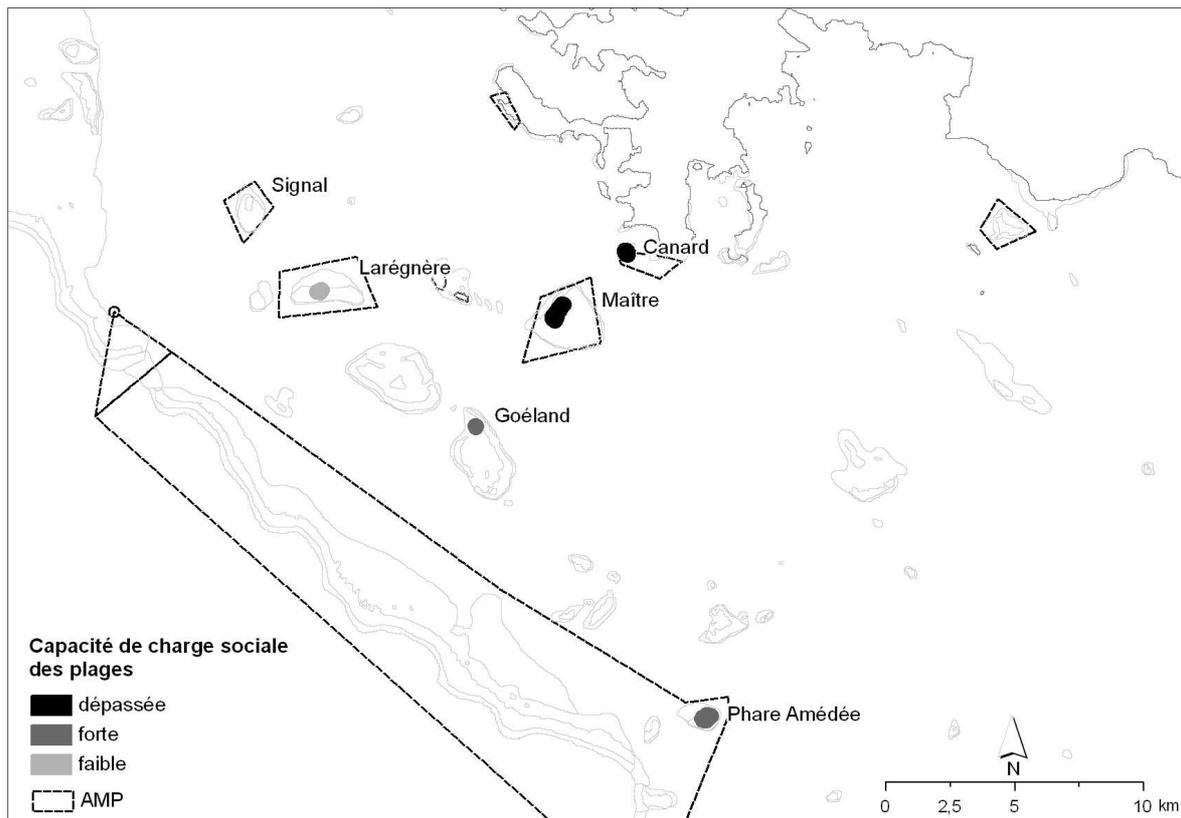
d'un site ou de ce qu'elle a l'habitude d'y attendre (DeRuyck *et al.*, 1997). Selon les situations, une personne aura une impression de surfréquentation à des densités différentes, ce qui implique la faculté d'auto-régulation d'un visiteur (Brotherton, 1973).

La perception est également influencée par la période de l'année pendant laquelle sont effectuées les enquêtes : vacances scolaire, weekends ; mais également par l'heure de la journée. Les heures de visite d'une plage sont influencées par ce que recherchent les visiteurs : les individualistes la fréquenteront tôt ou tard dans la journée et à des périodes de l'année où ils savent qu'il y a moins de monde (DeRuyck *et al.*, 1997).

En ce qui concerne la quantification des CCS sur les plages, et selon une étude menée sur les plages de la Costa del Sol en Espagne, les touristes l'ont déterminée en milieu urbain à 8 m²/personne et en milieu rural à 15 m²/personne (Jurado *et al.*, 2009). Par ailleurs, sur les plages liguriennes il était fixé à 5m²/personne pour une perception acceptable, ou bien sur les côtes portugaises à 25 m² de sable sec par voiture pour une capacité de charge prenant en compte le nombre de places de stationnement à disposition des touristes (Silva *et al.*, 2007). Pour d'autres études, le seuil de 15 m²/personne semble être accepté comme standard (Trousdale, 1997) alors qu'à la Réunion le standard adopté était d'environ 12m²/personne. Dans son étude, DeRuyck (DeRuyck *et al.*, 1997) a fait un récapitulatif des standards pris en compte par plusieurs auteurs. Ceux-ci vont de 5 à 25 m² par personne.

Dans le contexte néocalédonien, il n'est plus à prouver que la fréquentation des îlots est motivée par la recherche d'une expérience de nature, de tranquillité et de dépaysement. Au vu du contexte particulier de notre étude qui se base sur la fréquentation des plages des îlots, et non des plages des côtes, de la multitude d'îlots et des attentes des plaisanciers plus à la recherche d'espaces naturels peu fréquentés, et bien que certains îlots soient fréquentés par des personnes utilisant des navettes régulières privées car ne possèdent pas de bateau privé pour s'y rendre et donc acceptant des CCS plus faibles, les analyses de capacité de charge sociale des plages se basent sur une densité d'un visiteur pour 15 m² de sable sec.

En s'inspirant de l'indice de vulnérabilité fixé pour le piétinement des récifs coralliens pour déterminer une vulnérabilité forte lorsque la fréquentation des plages atteint la moitié de la CCS, moyenne lorsqu'elle atteint 1/3, faible à ¼ ; et non vulnérable pour des fréquentations encre inférieures au quart. Ainsi, pour une bande de sable sec de 15m de large sur le pourtour d'un îlot ou sur la moitié de son pourtour selon le type d'îlot, l'analyse de la capacité de charge sociale indique une surfréquentation sur les îlots Maître et Canard.



Carte 31 : La capacité de charge sociale des plages

La seule fréquentation par les bateaux de plaisance sur l'îlot Maître atteignait le 27 août 2006 aux environs de midi : 1 500 personnes, alors que la capacité de charge de l'îlot est fixée à 1 900 personnes. Or la capacité de charge est largement dépassée si l'on considère les navettes touristiques qui opèrent des rotations à partir de Nouméa. Dans son rapport, L. Mercé (Mercé, 2006) indiquait une fréquentation annuelle pour 2005 de 17 528 personnes amenées par navette sur cet îlot. Or, si l'on rapporte le nombre de visiteurs arrivés en navette à la fréquentation moyenne par type de jour et saison du lagon des plaisanciers arrivés par bateau personnel, et en admettant que le nombre de bateaux en mer par type de jour et par saison reflète le nombre de bateaux par type de jour et par saison sur les îlots, il apparaît une fréquentation moyenne de 561 personnes par weekend. Le résultat de l'addition de ces deux influences indique un dépassement de la capacité de charge sociale.

En appliquant la même méthode d'analyse pour l'îlot Canard, et selon L. Mercé, 33 750 visiteurs sont allés sur l'îlot Canard en 2005. La capacité de charge a été dépassée tous les weekends de toutes les saisons sauf au printemps. Le nombre de plaisanciers sur cet îlot est suffisamment négligeable pour ne pas influencer les résultats (maximum de 13 individus le 6 novembre 2005). En effet, il est trop près de la côte et ne constitue pas une véritable destination en tant que telle pour les plaisanciers. Cet îlot fait l'objet de mesures de protection des oiseaux nichant et se reproduisant bien qu'il ne soit pas classé réserve ornithologique. Ceci n'est pas le cas de Goéland qui possède ce statut de protection des espèces aviaires.

Les îlots Goéland et Amédée sont fortement vulnérables. Au plus fort de sa fréquentation, Goéland connaissait un pic de visiteurs de 140 personnes le 05 mars 2006 alors que sa CCS est déterminée à 250. Selon Mercé, le phare Amédée a reçu 22 251 visiteurs en 2005. Avec une CCS de 1090 visiteurs par m², la fréquentation est tout juste inférieure à la CCS : une moyenne de 712 visiteurs par jour de weekend a été estimée en 2005, à laquelle s'ajoute un pic d'une centaine de personnes relevé le 11 novembre 2005.

L'îlot Larégnère est faiblement vulnérable pour un pic de fréquentation observé le 7 mai 2006 avec 170 personnes pour un indice de vulnérabilité faible de 160 personnes.

Les données présentées sont issues du nombre de bateaux maximal observés par survols et par jour sur les îlots, en comptant une moyenne de 4,3 personnes par bateau. Les données sont donc issues d'observations à une heure précise un jour précis. La fréquentation des îlots par les plaisanciers varie tout au long de la journée, bien que nous estimions que le plus fort de la fréquentation ait lieu aux alentours de midi et en début d'après midi. Le nombre de remorques vides sur les rampes de mise à l'eau est en effet maximal entre 10h30 et 13h⁹. Les observations menées par survols sont par conséquent légèrement inférieures au pic de fréquentation des îlots.

Des études prenant en compte la variation de la présence de visiteurs au cours d'une journée permettraient d'affiner les résultats.

Aucun autre îlot ne serait vulnérable selon cette méthodologie. Cependant une étude plus poussée à partir de la superficie exacte de plage de sable sec par îlot permettrait d'affiner la capacité de charge physique et une enquête réalisée auprès des visiteurs d'en déterminer la capacité de charge sociale. Notre étude vise à donner les bases d'une réflexion et une méthodologie. Les données présentées sont certes issues de moyennes, mais leur mérite est de déceler une surfréquentation potentielle immédiate et d'orienter les futures mesures de gestions à partir d'études ciblées.

Capacité de charge des îlots pour 15m de plages	CC phys. 4,6m ² /pers	CC sociale 15m ² /pers	Nb personnes par an
Abu	7 479	2 294	284
Amédée	3 547	1 088	6063
Ange	3 454	1 059	1294
Atiré	2 263	694	185
Bailly*	6 193	1 899	2481
Canard	1 766	541	1174
Casy	9 137	2 802	8063
Charron	4 317	1 324	645
Ducos**	38 118	11 690	710
Gi	4 316	1 324	168
Goéland	806	247	7181
Hugon*	31 928	9 791	2632
Iéroué	3 516	1 078	258
île longue	11 163	3 423	430
Kouaré	3 523	1 080	950
Larégnère	2 102	645	8665
Maitre	6 201	1 902	13407
Mathieu*	11 632	3 567	1647
Mato*	1 668	512	1896
Mba	8 791	2 696	383
Mbé	3 413	1 047	65
Mbé	982	301	271
Mbé Kuen	1 610	494	2219
Mbo	5 301	1 626	1428
Mboa	3 540	1 086	1066

⁹ Variation du nombre de remorques au cours de la journée du 19/12/04 à la rampe de mise à l'eau de la Côte Blanche

Montravel*	4 818	1 477	181
Moro	4 498	1 379	288
N'Do	5 515	1 691	228
Ndu_Kué	10 171	3 119	335
Ndué	3 764	1 154	568
Ngé	3 818	1 171	529
Noé	2 572	789	237
Pandanus	1 623	498	495
Porc Epic*	638	196	499
Puen*	13 882	4 257	4227
Rédika	4 158	1 275	1281
Ronhua	3 219	987	1535
Sainte Marie*	27 668	4 242	4640
Signal	5 108	1 566	7959
Ténia	10 242	3 141	3849
Téré	1 992	611	26
Testards Nord*	28 487	4 368	456
T'Ndu*	7 222	2 215	421
Totéa	2 565	787	116
U2*	1 054	323	348
Ua	3 855	1 182	1355
Uatérembi	3 701	1 135	65
Uatio	3 546	1 088	434
Uéré	11 077	3 397	3715
Ugo	3 352	1 028	211
Vua	3 582	1 099	133

Tableau 14 : Capacité de charge physique et sociale des plages des îlots. La CC physique prend 4,6m²/pers comme référence alors que la CC sociale prend 15m². La superficie des plages est obtenue en considérant une largeur de 15m de plage par îlot. Les îlots signalés d'une * ne possèdent pas de plage sur tout leur pourtour. Pour ceux-ci, la superficie des plages a été divisée par 2. Deux ** indiquent qu'il s'agit d'un îlot revendiqué par les tribus où les plaisanciers n'accostent pas. En gras sont indiqués les îlots dont la fréquentation dépasse les CCP et les CCS.

De toute évidence, l'aspect humain est à prendre en considération pour optimiser les mesures de gestion de l'activité de plaisance. Il est important de connaître les attentes des plaisanciers lors d'une sortie, leur niveau de satisfaction qu'ils rencontrent déjà, les paramètres extérieurs qui les gênent ou les gêneraient dans leurs sorties ou activités, la résilience sociale, etc.

2. Les Maximum Sustainable Yields ou Prises Maximales Équilibrées

Les **maximum sustainable yields** (ou prises maximales équilibrées) représentent les plus importantes biomasses pouvant être capturées sans diminuer ou porter préjudice aux stocks de poissons (ou autres ressources marines).

Nous sommes conscients que les MSY sont remis en cause depuis une vingtaine d'années. Ils sont sujet à caution car ils ne prennent pas suffisamment de facteurs en compte, notamment l'effort de pêche ou le coût de la capture des poissons (Fairhead et Hohnen, 2007) ou à cause de l'importante variabilité spatiale et géographique des écosystèmes marins. En effet, la biodiversité sur un récif varie en fonction de l'interaction entre des facteurs à l'échelle des îles (taille et type d'îles, leur degré d'isolement, leur latitude, leur

distance du centre de biodiversité...) et des facteurs locaux (type de récif, distance à la côte, couverture corallienne ou algale, profondeur...) et des perturbations (anthropiques dont la pêche et les pollutions ; ou naturelles telles les cyclones ou blanchissement des coraux) (Kulbicki, 2007). De plus, il est difficile, voire impossible de déterminer des MSY sur des pêcheries multi-espèces, multi-engins et adopter une approche mono-stock demeure peu réaliste compte tenu de la diversité des espèces pêchées lors d'une sortie/campagne de pêche en mer.

Par conséquent, estimer un MSY pour l'ensemble des écosystèmes coralliens représente un déficit pour tout scientifique, beaucoup ayant abandonné l'idée, sauf à un niveau local dans un contexte particulier. Certains ont pourtant essayé de le relever pour produire des estimations, qui bien qu'elles soient très généralistes, ont le mérite de donner un ordre d'idée d'un seuil critique, une référence par rapport à une démarche d'indicateur. Nous utiliserons ce seuil pour définir des zones de surpêche potentielle qui mériteraient une attention particulière notamment pour des objectifs de suivis et de réglementation. Même si les avis sont partagés concernant l'utilisation des MSY à objectif de gestion, ils demeurent un outil utilisé par des scientifiques et gestionnaires pour répondre au principe de précaution (Abaunza *et al.*, 2003; Mangel *et al.*, 2002). Nous avons fait le choix de nous en servir pour proposer des pistes de recherche et de réflexion futures.

Notre but dans les analyses qui suivent est donc de définir des zones de surpêche potentielle selon les critères fournis par la littérature, tout en sachant que les limites et les concepts utilisés ne donneront dans l'état actuel des connaissances qu'un ordre d'idée de la situation des pêches et notamment de la surpêche. Nous nous limiterons à utiliser le concept de MSY.

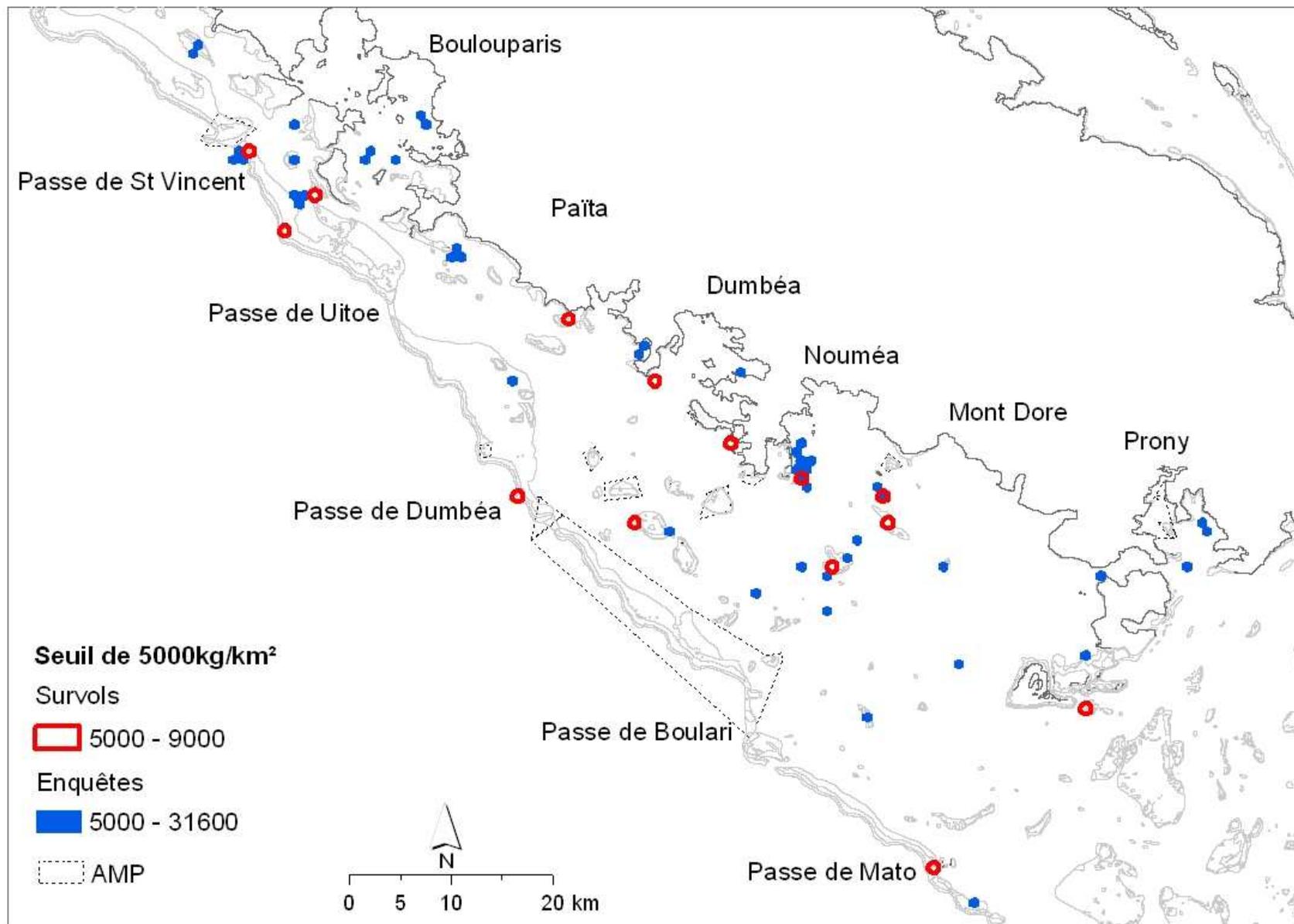
Nous nous baserons sur plusieurs travaux pour réaliser une cartographie du dépassement des MSY. Les premiers sont de (Newton *et al.*, 2007), dont les résultats exposent une valeur de MSY de référence estimée à 5t/km²/an dans les îles situées dans la région intertropicale et pourvue de récifs coralliens. Les MSY estimés par les différents modèles Schaeffer (Schaeffer, 1954) et Fox (Fox, 1970) vont de 4,5 à 23 t/km²/an (Dalzell et Adams, 1996). McClanahan (McClanahan, 1995) indique un rendement maximal soutenu/durable (*sustained*) sur les récifs coralliens de 100kg/ha/an, soit 10t/km²/an.

En tout état de cause, (Adams et Lueda, 1997) indique que la moyenne des rendements des 43 pays du Pacifique est en moyenne de 7,7 t/km²/an, qu'ils se situent entre 0,2 et 40 t/km²/an, alors que Russ parle d'une variation de 0,4 à 37 t/km²/an (Russ, 1991) pour l'ensemble des récifs coralliens à travers le monde. Burke (Burke *et al.*, 2002) parle de rendements de 5t/km²/an sur des récifs coralliens dégradés qui peuvent atteindre 20 t/km²/an s'ils sont en bonne santé.

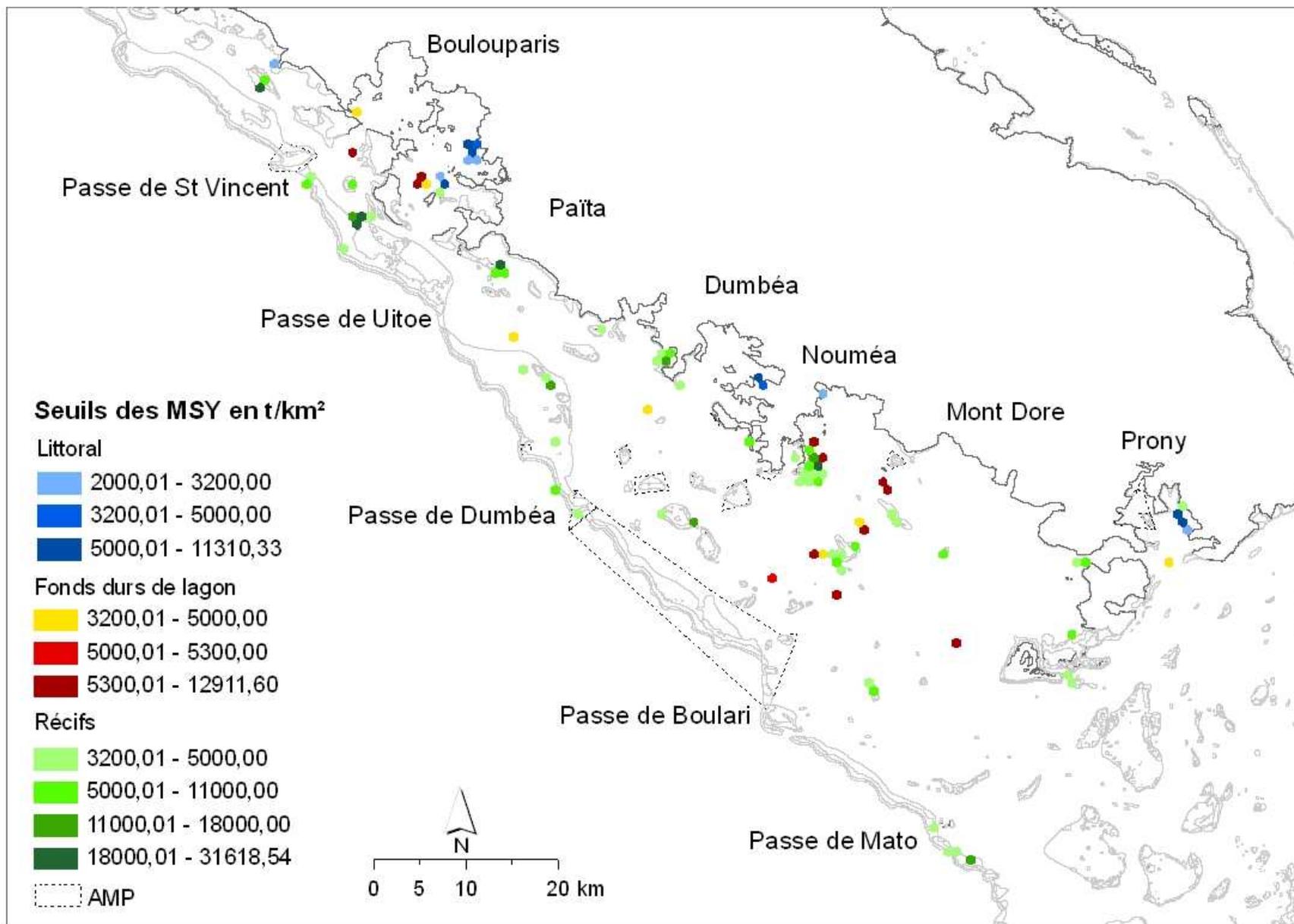
Les MSY diffèrent selon plusieurs facteurs : à l'échelle globale ils dépendent du climat, de l'océanographie, des interactions entre la taille des écosystèmes, les types d'îles, le degré d'isolement, la latitude, la distance du centre de la biodiversité corallienne... à une échelle locale, ils dépendent de la géomorphologie des récifs, leur distance à la côte, de la couverture corallienne ou algale, leur profondeur, de la diversité des espèces, de leur cycle de vie... et des perturbations comme la sédimentation, dégradations physique et/ou chimique, et des facteurs socio-économiques (Dalzell et Adams, 1996).

En tout état de cause, la limite de 5t/km²/an pour les MSY telle que proposée par Newton (Newton *et al.*, 2007) a été conservée dans un premier temps. Elle servira de référence en considérant l'écosystème corallien dans sa globalité, même si nous sommes conscients de la variabilité spatiale intra-lagonaire. La production de biomasse varie en effet au sein même des structures coralliennes mais aussi entre les récifs coralliens du monde entier. Puis pour affiner les résultats, nous nous baserons sur les travaux de Pauly (Pauly, 1997) puis de

Kulbicki (Kulbicki, 1997) pour adapter les MSY à la morphologie des récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie.



Carte 32 : Les MSY : comparaison entre la méthode des survols et celle des questionnaires de la thèse de Jollit (2010)



Carte 33 : Les MSY par grand type d'écosystèmes pour la méthode des questionnaires de la thèse de Jollit (2010)

B) Vulnérabilité des écosystèmes récifo-lagonaires

La pêche est pratiquée sur l'ensemble du lagon, et aucune structure corallienne n'est épargnée, pas même les massifs récifaux de la corne sud. Même si les plus importants efforts de pêche et quantités prélevées se concentrent sur certains sites, en l'état actuel de l'activité et à l'échelle du lagon dans son ensemble, il est possible d'affirmer que le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie n'est pas en danger de surpêche ni de sur-utilisation par les pêcheurs plaisanciers. Cependant, à une échelle locale, les prémices d'une surpêche et/ou d'un dépassement de la capacité de charge écologique ou social laissent présager la nécessité d'une intervention des pouvoirs publics pour continuer et améliorer la gestion de l'espace lagonaire et de ses ressources.

Dans l'analyse des impacts anthropiques, la pêche et la surfréquentation des îlots figurent parmi les facteurs les plus importants, car ils génèrent des impacts aussi bien directs qu'indirects sur les écosystèmes. La modification de la structure trophique des communautés de poisson ou de la ressource marine exploitée, la diminution de la taille de la ressource par la pêche ; la destruction mécanique par contact ou par étouffement des coraux lors de la remise en suspension des sédiments accumulés sur le fond lors de baignades ; la modification morphologique et de composition spécifique des récifs coralliens par piétinement le long des plages ; la baisse de la qualité de l'expérience vécue par les visiteurs à cause de la surfréquentation des plages ; et la modification chimique de l'eau entraînant la prolifération d'organismes au détriment des récifs coralliens (algues ou autres organismes ubiquistes), ainsi que l'impact visuel et olfactif des détritiques et déjections humaines etc. figurent parmi les impacts les plus importants sur les écosystèmes générés par la population de plaisanciers.

Cependant, la variété d'activités nautiques pratiquées dans le lagon calédonien ne se résume pas à la pêche ni à la baignade. La plongée sous-marine est fortement développée au point qu'une dizaine de structures commerciales de plongée en bouteille opèrent en moyenne à Nouméa, et beaucoup plus sur l'ensemble du territoire et sans compter les structures associatives ; que le kite-surf connaisse un engouement important, et que les activités classiques telles la planche à voile, le ski nautique et wake board, le surf, jet-ski, pirogue, canoë-kayak etc. soient également pratiquées.

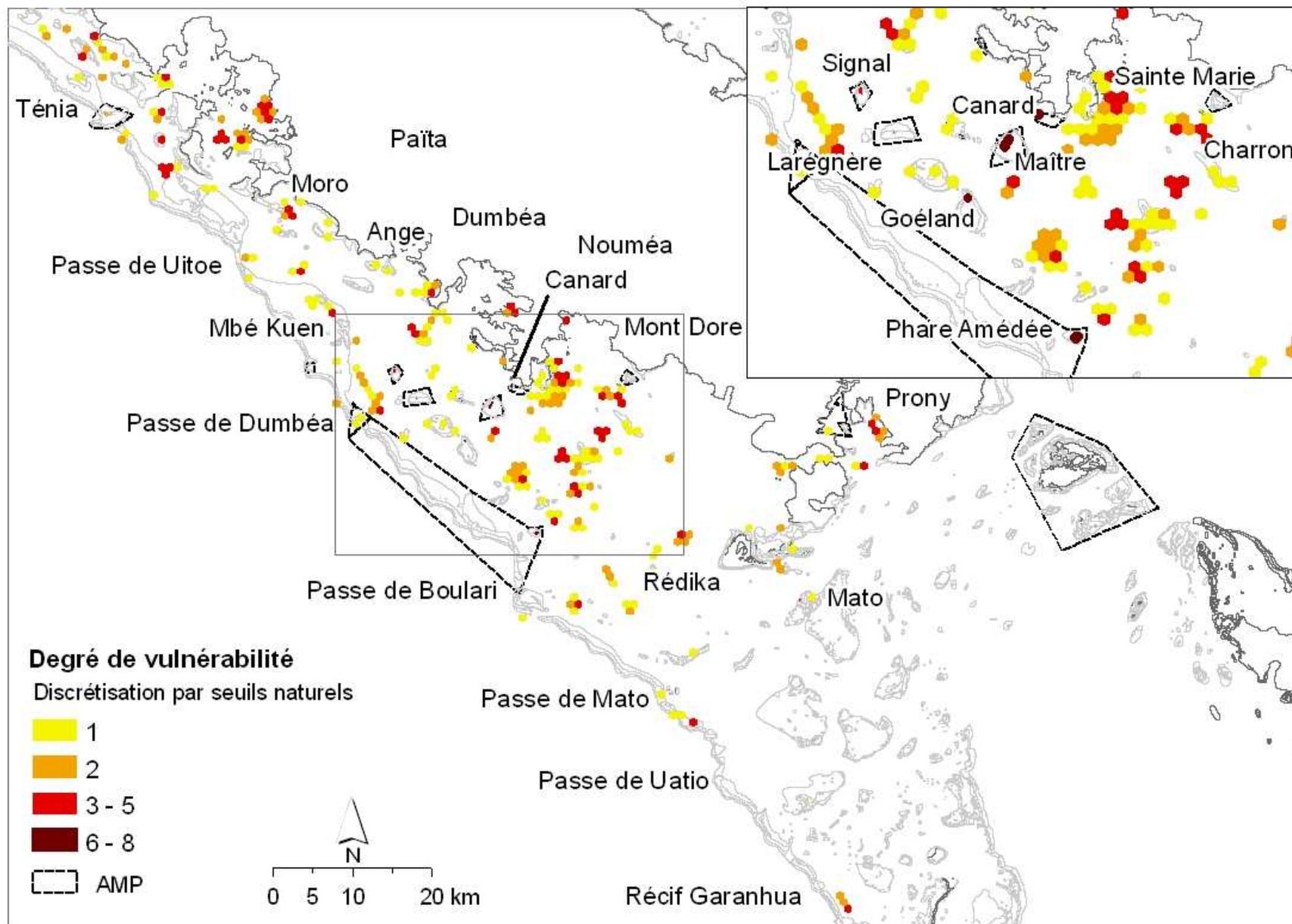
Pour qualifier l'impact, nous avons développé un indice de vulnérabilité basé sur un calcul arithmétique à partir des seuils de capacité de charge. Pour la pêche, la capacité de charge choisie est écologique alors qu'elle est sociale pour les plages. La méthodologie adoptée consiste à noter de 1 à 4 le degré de vulnérabilité ou le dépassement des capacités de charge. Le chiffre 4 étant affecté au dépassement, 3 pour des valeurs comprises entre la moitié du seuil de dépassement et le seuil lui-même, 2 pour le tiers, et 1 pour le quart. L'analyse spatiale consistant à additionner tous les indices de vulnérabilité a permis de dresser une cartographie des zones de vulnérabilité maximale de 8 et minimale de 1.

D'après la carte 34, les zones les plus vulnérables sont celles dont l'indice est supérieur ou égal à 6. Elles concernent les îlots proches de Nouméa, et sont concernées principalement par une surfréquentation des plages et des récifs frangeants. Il s'agit des îlots Canard, Maître et Goéland.

Lorsque l'indice est compris entre 3 et 5, les zones concernées sont considérées comme fortement vulnérables. Elles concernent indifféremment des zones de pêche sur des structures coralliennes et des îlots (Signal, Larégnère) proches des côtes densément peuplées (aux alentours de Nouméa, du nord du Mont Dore et de la baie de Saint Vincent), les passes ou des sites remarquables par leur paysage unique où le tourisme est déjà important (Prony).

Les zones de vulnérabilité moyenne (2) sont généralement adjacentes aux zones de vulnérabilité forte et correspondent quasi majoritairement aux zones de pêche sur des récifs coralliens. Il en est de même pour les zones de vulnérabilité faible plus nombreuses, concernant des biotopes plus variés (récif barrière, frangeant côtier, et intermédiaire, fonds meubles), où émergent des zones de la corne sud.

Les caractéristiques sociales et culturelles des individus à l'origine des impacts ou les subissant influencent la perception qu'ils ont de ces impacts sur les expériences positives qu'ils espèrent retirer de leurs loisirs. Ces caractéristiques détermineront des situations d'indifférence, de tolérance, ou de rejet à l'égard de ces comportements non civiques et de leurs impacts. La concordance entre les attentes d'un individu avec ce qu'il espère d'une expérience positive déterminera ses choix spatiaux, avec cependant une certaine variabilité due au libre arbitre et à l'importance du niveau de tolérance des individus face à des situations négatives.



Carte 34 : La vulnérabilité des écosystèmes récifo-lagonaires

VI. DISCUSSION : PRECISION ET SUIVI DE L'ACTIVITE ; ET RECOMMANDATIONS

A) Analyse critique de la précision des données

Les méthodes de suivi doivent prendre en compte plusieurs facteurs, le plus souvent limitants. Le premier est le coût de l'investigation ou de recueil des données, le second, la précision des données recueillies et les biais.

Aucune méthode de recueil de données n'est capable de prélever toutes les données souhaitées (Committee on the Review of Recreational Fisheries Survey Methods, 2006). Cependant, la méthode des survols est la plus adaptée pour connaître l'effort d'une activité, telle la plaisance, surtout lorsqu'il s'agit de couvrir un espace immense (Pollock *et al.*, 1994).

La méthode des survols permet de couvrir le lagon sud-ouest (~5000 km²) de manière exhaustive, et de localiser avec le plus de précision possible la dynamique et la distribution spatiale de la plaisance.

Le niveau de précision est jugé satisfaisant pour connaître l'effort de pêche, car outre l'altitude restreinte (300 m) favorisant le repérage des bateaux, l'utilisation de jumelles à fort grossissement, diamètre d'objectif et luminosité importants, ainsi qu'un appareil photo à téléobjectif a permis de compléter les éventuelles incertitudes d'observations. La précision est également jugée satisfaisante au regard du positionnement des bateaux par rapport aux entités géomorphologiques. En effet, le positionnement des bateaux par triangulation a été aisé sur les entités visibles telles que cayes, îlots ou récifs. L'objectif était de connaître la fréquentation des principaux biotopes, comme par exemple un îlot ou sur une structure corallienne, ou sur les fonds meubles ou durs de lagon. La précision de positionnement par triangulation des bateaux sur les fonds meubles sans repères visuels à proximité donne une imprécision jugée d'une cinquantaine à une centaine de mètres mais néanmoins acceptable. En effet, l'important dans le positionnement est de connaître le biotope sur lequel la pêche a lieu, et la diversité des composants des fonds meubles est faible en comparaison avec les structures coralliennes, ce qui rend l'imprécision acceptable.

Si la localisation des bateaux a été réalisée de manière tout à fait satisfaisante, l'observation de l'activité a généré quelques lacunes. Rappelons que pour 40% des bateaux, l'activité n'a pas pu être déterminée. Il est par conséquent usuel que la méthode des survols aériens soit complétée par une autre méthode d'acquisition de données relatives à la pêche pour que les captures, habitudes soient estimées (Pollock *et al.*, 1994).

Après avoir analysé la dynamique spatiale des bateaux de plaisance observés d'avion et ceux ayant répondu aux entretiens (Jollit, 2010), il apparaît que 60% des observations aériennes de pêche sont incluses dans les zones de pêche dessinées par les pêcheurs plaisanciers. Ce pourcentage paraît satisfaisant au regard de la couverture spatiale de la pêche telle que dessinée par les pêcheurs. En effet, la population-cible de chacune des méthodes est différente. La méthode des enquêtes prenait en compte les bateaux mis à l'eau sur des rampes publiques, alors que la méthode des survols prend en compte l'ensemble des bateaux de plaisance sur le lagon sud-ouest. Ainsi, la couverture de la pêche obtenue par les enquêtes est-elle naturellement plus restreinte que celle des observations aériennes.

Nous considérons par conséquent que les 40% des observations aériennes indéterminées ne constituent pas une lacune au regard de l'ensemble de l'activité de pêche. Parmi les 40% de bateaux dont l'activité n'a pas été déterminée, nous considérons que ceux qui pratiquent

la pêche se localiseraient sur les zones de pêche déjà identifiées ou dans un environnement proche.

La méthode d'échantillonnage des jours de survol est basée sur un tirage aléatoire afin de faire baisser la variance et augmenter la précision des estimations. Le fait que certains jours sélectionnés n'ont pas pu être survolés en raison des conditions météorologiques pourrait apporter un biais dans les estimations, mais le fait qu'ils aient été remplacés par des jours aux caractéristiques équivalentes a contribué à réduire considérablement les risques de biais.

Ainsi, les distributions spatiales et les estimations peuvent être considérées d'un niveau très satisfaisant.

Cette analyse comparative des différentes méthodes met en lumière plusieurs éléments. La méthode des survols doit impérativement être complétée par une méthode de recueil de données de pêche si l'on veut que la spatialisation de la pêche plaisancière, la pression et les impacts puissent être évalués de manière satisfaisante (Pollock *et al.*, 1994).

B) Proposition de suivi de la plaisance et des activités reliées

Avec un taux d'accroissement du nombre de bateaux de plaisance de 7,5% par an (depuis ces 20 dernières années), les autorités en charge de la gestion des ressources naturelles et de l'espace lagunaire doivent opérer un suivi de l'activité de la plaisance et de la pêche pour adapter voire modifier leurs réglementations en conséquence. Les données recueillies dans le cadre de la thèse de doctorat de Jollit (2010) datent de 2005, et celle des survols aériens, de 2006. Or depuis, le code de l'environnement de la Province Sud a été créé, reprenant ou modifiant les textes réglementaires déjà en vigueur. En parallèle, en 2008 une partie des récifs coralliens a été inscrite au patrimoine naturel de l'UNESCO. Par ailleurs, la qualité et la quantité de messages de sensibilisation à l'environnement de la part des autorités compétentes ou d'organisations de défense de l'environnement non gouvernementales augmentent d'années en années.

Les changements de comportement peuvent être perceptibles à court terme dans le cas d'une réglementation plus ferme et de moyens de contrôle associés, ce qui est le cas de la mise en place du code de l'environnement par la Province Sud. Dans ce cas, la résilience sociale est importante. Elle se définit comme propension des populations à s'adapter et à accepter les changements imposés (Gelcich *et al.*, 2006). Par contre, elle devient plus faible lorsqu'il s'agit d'adopter des comportements non imposés, basés sur la modération qui est une considération hautement subjective, sachant que chaque être humain agit tel qu'il le fait parce qu'il pense que c'est la meilleure façon de faire. Il s'agit par exemple de restreindre ses captures à ce que l'on a besoin, sans gaspiller la ressource. Pour de tels changements de comportement, l'échelle temporelle est très différente et les pas de temps sont de l'ordre de plusieurs années, voire une génération (25 ans).

Compte tenu de ce contexte réglementaire ayant contribué à agrandir la superficie totale des AMP ou à changer certaines de leurs caractéristiques réglementaires, de la nécessité de connaître l'évolution de l'activité de plaisance et des activités associées, du coût que représentent la mise en œuvre de survols aériens, il est recommandé d'opérer un suivi sur un pas de temps de cinq années. Plusieurs études de suivi d'activités nautiques aux USA, Australie et Nouvelle-Zélande se sont basées sur un tel intervalle de temps. Celui-ci paraît justifié dans un contexte réglementaire relativement stable, c'est-à-dire sans transformation ou évolution majeures. Il permet de prendre la mesure de l'évolution de l'effort de la plaisance, c'est-à-dire le nombre de bateaux de plaisance par an, ou de l'effort de pêche et

de l'évolution de la dynamique spatiale des plaisanciers et des activités reliées ainsi que l'évolution de la fréquentation des écosystèmes récifo-lagonaires.

Pour que le suivi soit comparable à la présente étude, il est également conseillé de garder le même plan de vol, et de se baser sur les mêmes stratégies d'échantillonnage.

Cela étant dit, plusieurs mesures pourraient être adoptées pour améliorer la méthodologie utilisée. Tout d'abord, le niveau de précision des observations sur l'activité des bateaux pourrait être amélioré par l'utilisation d'un avion à ailes hautes pour disposer d'un meilleur champ de vision et ainsi mieux reconnaître l'activité des bateaux.

C) Conclusion et recommandations

L'activité de plaisance et surtout la pêche récréative sont bien plus difficiles à cerner que la pêche commerciale en raison du nombre important d'embarcations privées, des diverses tactiques de pêche développées ou utilisées, et de la diversité des captures et lieux de pêche.

La présente étude permet d'obtenir une vision synoptique de la spatialisation de la plaisance selon un ensemble de critères ou facteurs aussi bien naturels, sociaux qu'économiques.

Des estimations sur la pression de la plaisance ou de la pêche proposées en réalisant des analyses à partir des données de la présente étude avec celles de la thèse de Jollit (2010) ont permis de présenter des scénarii sur les impacts potentiels sur l'environnement marin et terrestre (îlots). Pour cela, l'utilisation de la notion de capacité de charge a été utilisée et mesurée.

En conséquence, la pression de la plaisance est très importante pour de nombreux îlots en réserve dans la région de Nouméa.

Il commence à apparaître des zones de surpêche sur les structures coralliennes (récifs peu profonds ou îlots) proche des zones d'habitation ou à l'intérieur d'une bande de 10 à 15 km des côtes.

Les seuils utilisés dans les analyses de capacité de charge sont issus de la littérature, mais il n'existe aucune étude propre au territoire qui pourrait accroître la précision en prenant en compte le contexte locale. Il serait par conséquent intéressant de comparer les seuils issus de la littérature avec les contextes environnementaux et sociaux locaux, en réalisant des études spécifiques sur :

- le piétinement effectif des coraux par les baigneurs,
- la destruction des coraux par les ancres des bateaux de plaisance,
- les prises maximales équilibrées adaptées au contexte du lagon sud,
- le degré de satisfaction des plaisanciers par la capacité de charge sociale.

BIBLIOGRAPHIE

- Abaunza, P., Farina, A. C., Murta, A., 2003. Applying biomass dynamic models to the Southern horse mackerel stock (Atlantic waters of Iberian Peninsula). A comparison with VPA-based methods. *Scientia Marina* 67: 291-300.
- Adams, T. J. H., Ledua, E., 1997. Inshore resources management and conservation: Current trends and alternate strategies. *Marine Resources Symposium*.
- Alexander, M., 2008. Access, tourism and recreation. In: Alexander, M. (ed.) *Management planning for nature conservation. A theoretical basis & practical guide*. Springer Netherlands pp 273-314.
- Andréfouët, S., Torres-Pulliza, D., 2004. Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie. IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa, Nouméa
- Anonyme, 2004. Evaluer la capacité de charge optimale des aires marines protégées (AMP) : combien de visiteurs la votre supporte-t-elle? Lettre d'information sur les pêches-CPS, Nouméa. 110: 28-31.
- Anonyme, non daté. Visitor carrying capacity guidelines. In: parks, D. o. r. a. (ed.). Florida Department of Environmental Protection, 6.
- Barker, N. H. L., 2003. Ecological and socio-economic impacts of dive and snorkel tourism in St. Lucia, West Indies. York, University of York, York, UK, 220.
- Bonnefoy, J. L., Le Page, C., Rouchier, J., Bousquet, F., 2000. Modelling spatial practices and social representations of space using multi-agent systems. In: Ballot, G., Weisbuch, G. (eds.) *Application of Simulation to Social Science*. Hermes Science Publications, PARIS, FRANCE pp 155-168.
- Brotherton, D. I., 1973. The concept of carrying capacity of countryside recreation areas. *Recreation News Supplement* 9: 6-11.
- Budruk, M., Wilhem Stanis, S., Schneider, I., Heisey, J., 2008. Crowding and experience-use history: A study of the moderating effect of place attachment among water-based recreationists. *Environmental Management* 41: 528-537.
- Burke, L., Selig, L., Spadling, M., 2002. The economic loss associated with coral reef degradation. Chapter 6. In: Burke, L., Selig, L., Spadling, M. (eds.) *Reefs at Risk in Southeast Asia*. World Resources Institute (WRI) pp 53-56.
- Committee on the Review of Recreational Fisheries Survey Methods, National Research Council, National Academy of Sciences, 2006. *Review of recreational fisheries survey methods*, Washington, D.C., 202.
- Dalzell, P., Adams, T. J. H., 1996. Sustainability and management of reef fisheries in the Pacific islands. *Proceedings of the Eighth International Coral Reef Symposium*, 24-29 June 1996 2: 2027-2032.
- David, G., 1999. Application de la notion de capacité de charge au contexte insulaire: mythe ou réalité? *Insula : International Journal of Island Affairs* N° spécial: 7-12.
- Davis, D., Tisdell, C., 1995. Recreational Scuba-Diving and Carrying-Capacity in Marine Protected Areas. *Ocean & Coastal Management* 26: 19-40.
- DeRuyck, M. C., Soares, A. G., McLachlan, A., 1997. Social carrying capacity as a management tool for sandy beaches. *Journal of Coastal Research* 13: 822-830.
- Fairhead, L., Hohnen, L., 2007. Torres Strait islanders: Improving their economic benefits from fishing. In: 07.21, A. R. R. (ed.). *Fisheries Resources Research Fund*, Canberra, 70.
- Fox, W. W., 1970. An exponential surplus-yield model for optimizing exploited fish populations. *Transactions of the American Fisheries Society* 99: 80-88.

- Gelcich, S., Edwards-Jones, G., Kaiser, M. J., Castilla, J., 2006. Co-management policy can reduce resilience in traditionally managed marine ecosystems. *Ecosystems* 9: 951-966.
- Getz, D., 1982. A rationale and methodology for assessing capacity to absorb tourism. *Ontario Geography* 19: 92-101.
- Gore, S., 2007. Framework development for beach management in the British Virgin Islands. *Ocean & Coastal Management* 50: 732-753.
- Gunderson, L. H., 2000. Ecological resilience - in theory and application. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31: 425-439.
- Hawkins, J. P., Roberts, C. M., 1993. Effects of recreational scuba diving on coral reefs: Trampling on reef-flat communities. *Journal of Applied Ecology* 30: 25-30.
- Hawkins, J. P., Roberts, C. M., 1997. Estimating the carrying capacity of coral reefs for scuba diving. 8th international coral reef symposium: 1923-1926.
- Hawkins, J. P., Roberts, C. M., Kooistra, D., Buchan, K., White, S., 2005. Sustainability of scuba diving tourism on coral reefs of Saba. *Coastal Management* 33: 373-387.
- Hancock, M., 1999. The impacts of recreation and tourism in the remote North Kimberly region of Western Australia. *The Environmentalist* 19: 259-275.
- Hillery, M., Nancarrow, B., Griffin, G., Syme, G., 2001. Tourist perception of environmental impact. *Annals of Tourism Research* 24: 853-867.
- Hinrichsen, D., 1994. Coasts under pressure. *People Planet* 3: 6-9.
- Hoover, S. L., King, D. A., Matter, W. J., 1985. A wilderness riparian environment: visitor satisfaction, perceptions, reality, and management. *Riparian ecosystems and their management: reconciling conflicting uses. First North American Riparian Conference. April 16-18, 1985: 223-226.*
- Hughes, G., 2002. Environmental indicators. *Annals of Tourism Research* 29: 457-477.
- Jollit, I., 2010. Spatialisation des activités humaines et aide à la décision pour une gestion durable des écosystèmes coralliens : la pêche plaisancière dans le lagon sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie. Vol1,2,3 Géographie. Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 830.
- Jurado, E., Gutto Dantas, A., Pereira da Silva, C., 2009. Coastal zone management: Tools for establishing a set of indicators to assess beach carrying capacity (Costa del Sol, Spain). *Journal of Coastal Research*: 1125-1129.
- Kuentzel, W. F., Heberlein, T. A., 2003. More visitors, less crowding: Change and stability of norms over time at the Apostle Islands. *Journal of Leisure Research* 35: 349-371.
- Kulbicki, M., 1997. Bilan de 10 ans de recherche (1985-1995) par l'ORSTOM sur la diversité, la densité, la biomasse et la structure trophique des communautés des poissons lagunaires et récifaux en Nouvelle-Calédonie. *Cybium* 21: 47-79.
- Kulbicki, M., Sarraména, S., Letourneur, Y., Wantiez, L., Galzin, R., Mou-Tham, G., Chauvet, C., Thollot, P., 2007. Opening of an MPA to fishing: Natural variations in the structure of a coral reef fish assemblage obscure changes due to fishing. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 353: 145-163.
- Leujak, W., Ormond, R. F. G., 2007. Visitor Perceptions and the Shifting Social Carrying Capacity of South Sinai's Coral Reefs. *Environmental Management* 39: 472-489.
- Leujak, W., Ormond, R. F. G., 2008. Quantifying acceptable levels of visitor use on Red Sea reef flats. *Aquatic Conservation-Marine and Freshwater Ecosystems* 18: 930-944.
- Lizaso, J. L. S., Goni, R., Renones, O., Charton, G., Galzin, R., Bayle, J. T., Jerez, P. S., Ruzafa, A. P., Ramos, A. A., 2000. Density dependence in marine protected populations: A review. *Environmental Conservation* 27: 144-158.
- Lynn, N. A., Brown, R. D., 2003. Effects of recreational impacts on hiking experiences in natural areas. *Landscape and Urban Planning* 64: 77-87.

- Mangel, M., Marinovic, B., Pomeroy, C., Croll, D., 2002. Requiem for Ricker: Unpacking MSY. *Bulletin of Marine Science* 70: 763-781.
- Manning, R. E., 1985. Crowding norms in backcountry settings: a review and synthesis. . *Journal of Leisure Research* 17: 75-89.
- Manning, R. E., 1985. *Studies in outdoor recreation: search and research for satisfaction*. State University Press, Oregon 166.
- Manning, R. E., 1999. *Studies in Outdoor recreation: Search and Research for Satisfaction*. Oregon State University Press, Corvallis, OR,, 374.
- Manning, R. E., Ciali, C. P., 1980. Recreation Density and User Satisfaction - a Further Exploration of the Satisfaction Model. *Journal of Leisure Research* 12: 329-345.
- Marin, V., Palmisani, F., Ivaldi, R., Dursi, R., Fabiano, M., 2009. Users' perception analysis for sustainable beach management in Italy. *Ocean & Coastal Management* 52: 268-277.
- Martin, B. S., Uysal, M., 1990. An examination of the relationship between carrying capacity and the tourism lifecycle: Management and policy implications. *Journal of Environmental Management* 31: 327-333.
- McClanahan, T. R., 1995. A coral reef ecosystem-fisheries model: impacts of fishing intensity and catch selection on reef structure and processes. *Ecological Modelling* 80: 1-19.
- McClanahan, T. R., 2002. The near future of coral reefs. *Environmental Conservation* 29: 460-483.
- McClanahan, T. R., Polunin, N. V. C., Done, T., 2002. Ecological states and the resilience of coral reefs. *Conservation Ecology* 6: 18.
- Mercé, L., 2006. Détermination des enjeux de conservation et de gestion du "Parc du Lagon Sud" : approche méthodologique intégrée à l'aide de l'outil SIG Master 2 Pro "Aménagement du territoire et télédétection". Service de l'environnement de la Province Sud, 71.
- Musa, G., 2002. Sipadan: a SCUBA-diving paradise: an analysis of tourism impact, diver satisfaction and tourism management. *Tourism Geographies* 4: 195-209.
- Navarrete, J., Lora, A., Gonzalez-Arenas, J., 2004. Sustainable tourism and visitor satisfaction: Social carrying capacity in "Sierra de Grazalema" natural park (Spain). In: Pineda, F. D., Brebbia, C. A. (eds.) *Sustainable tourism*. Wit Press, Ashurst Lodge, Southampton SO40 7AA, Ashurst, England *Sustainable World*, pp 261-271.
- Newton, K., Côté, I. M., Pilling, G. M., Jennings, S., Dulvy, N. K., 2007. Current and future sustainability of island coral reef fisheries. *Current Biology* 17: 655-658.
- O'Reilly, A. M., 1986. Tourism carrying capacity. Concepts and issues. . *Tourism Management* 7: 254-258.
- Pauly, D., 1997. Putting fisheries management back in places. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 7: 125-127.
- Pigram, J., 1983. *Outdoor recreation and resource management*. Croom Helm, London, 262.
- Pollock, K. H., Jones C. M., Brown T. L., 1994. Angler survey methods and their applications in fisheries management. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, 371.
- Polette, M., Raucci, G. D., 2003. Methodological proposal for carrying capacity analysis in sandy beaches: A case study at the Central Beach of Balneario Camboriu (Santa Catarina, Brazil). *Journal of Coastal Research*: 94-106.
- Priskin, J., 2003. Tourist perceptions of degradation caused by coastal nature-based recreation. *Environmental Management* 32: 189-204.
- Quinn, T. J., Collie, J. S., 2005. Sustainability in single-species population models. *Philosophical Transactions of the Royal Society B-Biological Sciences* 360: 147-162.

- Rapaport, M., 1990. Population pressure on coral atolls: trends and approaching limits. *Atoll Res Bull* 340: 1-33.
- Rees, W. E., 2003. Economic development and environmental protection: An ecological economics perspective. *Environmental Monitoring and Assessment* 86: 29-45.
- Rees, W. E., Wackernagel, M., 1994. Ecological footprints and an appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements for the human economy. In: Jansson, A. M., Folke, C., Costanza, R., Hammer, M. (eds.) *Investing in Natural Capital: The Ecological Economic Approach to Sustainability*. Island Press, Washington D.C. pp 362-390.
- Rogers, K. S., Cox, E. F., 2003. The effect of trampling on Hawaiian corals along a gradient of human use. *Biological Conservation* 112: 383-389.
- Russ, G. R., 1991. Coral reef fisheries: effects and yields. In: Sale, P. F. (ed.) *The Ecology of Fishes on Coral Reefs*. Academic Press, San Diego pp 601-635.
- Sadovy, Y., 2005. Trouble on the reef: The imperative for managing vulnerable and valuable fisheries. *Fish and Fisheries* 6: 167-185.
- Salvat, B., 1998. Tourism and coral reefs. *Tourism Focus* 11: 45-48.
- Schaeffer, M. B., 1954. Some aspects of the dynamics of populations important to the management of marine fisheries. *Bulletin of the Inter-American Tropical Tuna Commission* 1: 25-56.
- Schleyer, M. H., Tomalin, B. J., 2000. Damage on South African coral reefs and an assessment of their sustainable diving capacity using a fisheries approach. *Bulletin of Marine Science* 63: 1025-1042
- Silva, C. P., Alves, F. L., Rocha, R., 2007. The management of beach carrying capacity: the case of northern Portugal. *Journal of coastal Research* 50: 135-139.
- Smyth, R. L., Watzin, M. C., Manning, R. E., 2007. Defining acceptable levels for ecological indicators: an approach for considering social values. *Environmental Management* 39: 301-315.
- Sowman, M. R., 1987. A Procedure for Assessing Recreational Carrying-Capacity of Coastal Resort Areas. *Landscape and Urban Planning* 14: 331-344.
- Trousdale, W., 1997. Carrying capacity considerations. The need for managing change in a unique tourism destination. Boracay Island, Philippines. In: Island, C.-P. C. P. o. S. D. f. B. (ed.). *The Canadian Urban Institute-Philippines*, 19.
- Vaske, J., Donnelly, M. P., 2002. Generalizing the encounter-norm-crowding relationship. *Leisure Sciences* 24: 255-269.
- Vousdoukas, M. I., Velegarakis, A. F., Kontogianni, A., Makrykosta, E. N., 2009. Implications of the cementation of beach sediments for the recreational use of the beach. *Tourism Management* 30: 544-552.
- Wafar, M., 1997. Carrying capacity of Coral Reefs. Regional workshop on the conservation and sustainable management of coral reefs: C-65-C-70.
- Williams, P., Lemckert, C., 2007. Beach carrying capacity: Has it been exceeded on the Gold Coast? *Journal of Coastal Research* 50: 21-24.