

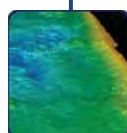
Analyse de l'extension et de la dynamique des herbiers de Déva et de Kanuméra

Phase 2 : Cartographie et analyse

RAPPORT BILAN



Mesures en mer



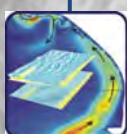
Levé bathymétrique



Diagnostic de site



Conception d'ouvrages



Modélisation numérique



Etudes d'impact

ET 2014 070-10B Rev1
Septembre 2015



Département Génie Côtier & Océanique



Analyse de l'extension et de la dynamique des herbiers de Déva et de Kanuméra

Phase 2 : Cartographie et analyse

RAPPORT BILAN

<i>N° Dossier</i>	<i>Date de transmission</i>	<i>Document transmis par :</i>
<i>ET 2014 070-10B rev1</i>	<i>18 Septembre 2015</i>	<i>Laurent BLOC'H</i>
<i>ET 2014 070-10B rev0 (version préliminaire)</i>	<i>02 Juillet 2015</i>	<i>Laurent BLOC'H</i>

Diffusion : DENV (M. RINCK)

Original papier 0

Original sur support électronique 1



Table des Matières

1. Cadre et objet de l'étude.....	5
1.1 Contexte	5
1.2 Objectifs	5
1.3 Livrables.....	6
2. Cartographie des herbiers de Deva et de Kanuméra	8
2.1 Méthodologie.....	8
2.1.1 Photo-interprétation préliminaire.....	8
2.1.2 Investigations de terrain	10
2.1.3 Cartographie des herbiers.....	11
2.1.3.1 <i>Eléments cartographiques représentés.....</i>	<i>11</i>
2.1.3.2 <i>Photographies exploitées pour la cartographie des herbiers actuels</i>	<i>12</i>
2.1.3.3 <i>Photographies exploitées pour l'analyse de la dynamique des herbiers du lagon de Poé.....</i>	<i>12</i>
2.1.3.4 <i>Photographies exploitées pour l'analyse de la dynamique des herbiers de Kanuméra.....</i>	<i>13</i>
3. Description des éléments cartographiques.....	14
3.1 Nature du fond.....	14
3.1.1 Fonds coralliens	14
3.1.2 Fonds meubles.....	15
3.1.3 Fonds meubles avec affleurements de dalle corallienne	16
3.2 Composition floristique.....	17
3.2.1 Herbiers monospécifiques.....	17
3.2.2 Herbiers plurispécifiques	18
3.3 Fragmentation	19
3.3.1 Herbiers continus	19
3.3.2 Herbiers en patchs	20
3.4 Taux de recouvrement	21
3.4.1 Herbiers très épars.....	21
3.4.2 Herbiers épars	21
3.4.3 Herbiers moyennement denses.....	22
3.4.4 Herbiers denses	23
3.4.5 Herbiers très denses.....	24
3.5 Peuplement corallien associé	25
3.5.1 Coraux ou pâtés coralliens vivants très épars.....	25
3.5.2 Coraux ou pâtés coralliens vivants épars	26
3.5.3 Coraux ou pâtés coralliens vivants moyennement denses.....	27
3.5.4 Coraux ou pâtés coralliens vivants denses	28
3.5.5 Coraux ou pâtés coralliens majoritairement morts	29
4. Description de l'herbier du lagon de Poé.....	30
4.1 Localisation de la zone d'étude	30

4.2	Enveloppe globale.....	33
4.3	Pérennité de l'herbier.....	33
4.4	Fragmentation	34
4.5	Taux de recouvrement	34
4.6	Phénomènes de dystrophie	36
4.7	Evolution temporelle.....	38
4.7.1	Analyse diachronique visuelle sur la période 1943-2014	38
4.7.1.1	Photographie aérienne de 1943	39
4.7.1.2	Photographie aérienne de 1954	40
4.7.1.3	Photographie aérienne de 1976	41
4.7.1.4	Photographie aérienne de 1982	42
4.7.1.1	Photographie satellite de 2003.....	43
4.7.1.2	Photographie satellite de 2007.....	44
4.7.1.3	Photographie satellite de 2014.....	45
4.7.2	Bilan	46
4.7.3	Analyse des causes possibles des évolutions constatées	47
4.7.3.1	Flux de sels nutritifs	48
4.7.3.2	Hydrodynamisme : houles cycloniques	49
4.7.3.3	Flux d'eau douce : crues	50
4.7.3.4	Aménagements littoraux et fréquentation humaine du littoral.....	50
4.7.3.5	Activités touristiques.....	51
4.7.3.6	Dynamique hydrosédimentaire.....	52
4.7.4	Discussion.....	55
5.	Description de l'herbier de la baie de Kanuméra.....	57
5.1	Localisation de la zone d'étude	57
5.2	Enveloppe globale.....	59
5.3	Pérennité de l'herbier.....	59
5.4	Fragmentation	59
5.5	Taux de recouvrement	59
5.6	Evolution temporelle.....	60
5.6.1	Analyse diachronique visuelle sur la période 1954 - 2014	60
5.6.1.1	Photographie aérienne de 1954	60
5.6.1.2	Photographie aérienne de 1976	61
5.6.1.3	Photographie aérienne de 1997	61
5.6.1.4	Photographie satellite de 2007.....	62
5.6.1.5	Photographie satellite de 2013.....	63
5.6.1	Bilan	64
5.6.2	Discussion sur les évolutions constatées.....	65

ANNEXE 1 : Cartes de localisation des points de terrain

ANNEXE 2 : Tableau des données brutes collectées sur le terrain

Liste des figures

Figure 1 : Sites listés au Patrimoine Mondial de l'UNESCO pour la Nouvelle-Calédonie (source : DENV). Les zones d'études sont indiquées par une flèche.	7
Figure 2 : Extraits des cartographies préliminaires réalisées en amont des opérations de terrain	9
Figure 3 : Vues des fonds coralliens.....	14
Figure 4 : Vues des fonds meubles	15
Figure 5 : Vues des fonds meubles avec affleurements de dalle corallienne.....	16
Figure 6 : Vues des faciès d'herbiers monospécifiques.....	17
Figure 7 : Vues des faciès d'herbiers plurispécifiques	18
Figure 8 : Vues des faciès d'herbiers continus	19
Figure 9 : Vues des faciès d'herbiers en patch	20
Figure 10 : Vues des formations d'herbiers très épars.....	21
Figure 11 : Vues des formations d'herbiers épars.....	22
Figure 12 : Vues des formations d'herbiers moyennement denses	22
Figure 13 : Vues des formations d'herbiers denses.....	23
Figure 14 : Vues des formations d'herbiers très denses.....	24
Figure 15 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens vivants très épars	25
Figure 16 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens vivants épars	26
Figure 17 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens vivants moyennement denses	27
Figure 18 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens vivants denses	28
Figure 19 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens majoritairement denses.....	29
Figure 20 : Délimitation de la zone d'étude de l'herbier du lagon de Poé et zoom sur sa partie Sud.....	30
Figure 21 : Cartographie de l'enveloppe d'herbier de la zone Sud du lagon de Poé	31
Figure 22 : Cartographies de l'enveloppe d'herbier du lagon de Poé	32
Figure 23 : Répartition des différents faciès d'herbiers marins au sein du lagon de Poé.....	35
Figure 24 : Répartition des différents faciès d'herbiers marins sur la zone Sud du lagon de Poé.....	35
Figure 25 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 1943	39
Figure 26 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 1954	40
Figure 27 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 1976	41
Figure 28 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 1982	42
Figure 29 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 2003	43
Figure 30 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 2007	44
Figure 31 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 2014	45
Figure 32 : Evolution spatio-temporelle de l'enveloppe de l'herbier de la zone Sud du lagon de Poé é entre 1954 et 2014	46
Figure 33 : Bilan des précipitations sur la période 2007-2012	50
Figure 34 : Fréquentation de la plage de Poé par les baigneurs et fragmentation de l'enveloppe d'herbier (crédit : S. Job).	51
Figure 35 : Description de la plage aérienne observée sur la zone d'étude	52
Figure 36 : Plage aérienne au niveau de l'embouchure des cours d'eau temporaires	53
Figure 37 : Identification des sources d'apports en matériel sableux.....	54
Figure 38 : Schéma de la circulation induite par le forçage tidal.....	55
Figure 39 : Délimitation de la zone d'étude de l'herbier de la baie de Kanuméra	57
Figure 40 : Carte de l'herbier de la baie de Kanuméra.....	58
Figure 41 : Répartition des différents faciès d'herbiers marins au sein de la baie de Kanuméra	60
Figure 42 : Herbier de la baie de Kanuméra en 1954	60
Figure 43 : Herbier de la baie de Kanuméra en 1976	61
Figure 44 : Herbier de la baie de Kanuméra en 1997	62
Figure 45 : Herbier de la baie de Kanuméra en 2007	62
Figure 46 : Herbier de la baie de Kanuméra en 2013	63
Figure 47 : Bilan des positions successives de l'enveloppe de l'herbier de la baie de Kanuméra entre 1954 et 2013. 64	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Paramètres relevés sur le terrain lors de la caractérisation des herbiers	10
Tableau 2 : Paramètres cartographiés pour la caractérisation des herbiers	12
Tableau 3 : Surfaces d'herbier du lagon de Poé selon leur fragmentation	34
Tableau 4 : Surfaces d'herbier du lagon de Poé pour les différentes classes de recouvrement	35
Tableau 5 : Observations effectuées à proximité de l'embouchure des cours d'eau du lagon de Poé	36
Tableau 6 : Bilan des forçages pouvant participer aux variations de l'enveloppe de l'herbier	48
Tableau 7 : Surfaces d'herbier de la baie de Kanuméra pour les différents types de substrat	59
Tableau 8 : Surfaces d'herbier de la baie de Kanuméra selon leur fragmentation	59
Tableau 9 : Surfaces d'herbier de la baie de Kanuméra selon leur taux de recouvrement	60

1. CADRE ET OBJET DE L'ETUDE

1.1 CONTEXTE

La Direction de l'Environnement (DENV) de la province Sud souhaite disposer de données précises et actualisées sur l'extension, l'état de conservation et la dynamique de deux herbiers de phanérogames marines, au regard d'enjeux de conservation différents :

- L'herbier situé au droit du Domaine de Deva (ci-après dénommé «herbier du lagon de Poé»), dans la commune de Bourail (voir Figure 1). Il est le siège de nombreuses activités liées au développement touristique de la zone (plage de Poé, centre d'accueil permanent, complexe hôtelier...). Une réflexion sur la faisabilité d'une opération de substitution de certaines zones d'herbiers par des fonds sableux est en cours. Réalisé sur un domaine provincial, l'aménagement du site de Deva fait l'objet d'un engagement très fort de la province Sud en faveur d'une prise en compte maximale des enjeux environnementaux.
- L'herbier de la Baie de Kanuméra (ci-après dénommé «herbier de Kanuméra»), dans la commune de l'île des Pins (voir Figure 1). La prise en compte de cet herbier dans la présente étude émane du contexte de l'augmentation de la fréquentation touristique sur l'île et des inquiétudes de la population pour la préservation de cet herbier.

Ces deux herbiers sont situés au sein de sites listés au Patrimoine Mondial de l'Humanité depuis juillet 2008 : la Zone Côtière Ouest (ZCO) pour l'herbier de Deva et le Grand Lagon Sud (GLS) pour l'herbier de Kanuméra (Figure 1).

Les herbiers marins bénéficient de mesures de protection réglementaires. Le code de l'environnement de la province Sud identifie ces formations végétales en tant qu'écosystème d'intérêt patrimonial (article 232-1). A ce titre, ils font l'objet d'une protection particulière et leur destruction est interdite sauf autorisation explicite.

Par ailleurs, une partie de l'herbier de Deva est comprise à l'intérieur de la réserve naturelle de Poé (article 213-31 du code de l'environnement). Le classement de cette zone en tant que réserve naturelle conduit à ajouter des mesures de protection supplémentaires sur les espaces benthiques puisque de nombreuses actions y sont interdites ou soumises à autorisations.

Les phanérogames sont qualifiées d'espèces sentinelles car indicatrices de changements des conditions du milieu à l'échelle locale (pêche à pied, plaisance, marées vertes), régionale (eutrophisation) et globale (événements climatiques). La surveillance de leur état de santé constitue ainsi un indicateur de l'évolution des conditions de la qualité environnementale de la zone littorale à différentes échelles spatiales (Fontan, 2009).

1.2 OBJECTIFS

La présente étude vise à répondre aux objectifs suivants :

- Objectif n°1 : Préciser de manière détaillée le périmètre de la répartition actuelle des herbiers marins au niveau des deux sites considérés (lagon de Poé et baie de Kanuméra). Cette description permettra notamment de distinguer la typologie des différents faciès d'herbier ainsi que leur répartition. Chaque faciès sera décrit en précisant les espèces végétales présentes et leur densité.
- Objectif n°2 : Décrire, sur la base des données photographiques historiques (photos aériennes et satellites notamment) et autres données issues d'étude, l'évolution spatiale de ces herbiers depuis 1980, et en remontant aux années antérieures si les ressources documentaires le permettent.
- Objectif n°3 : Sur la base des connaissances disponibles, bibliographiques et à dire d'experts, procéder à une analyse détaillée des origines possibles des évolutions observées dans la répartition spatiale de ces herbiers.
- Objectif n°4 : Analyser de manière détaillée l'ensemble des facteurs d'influence anthropique potentiels et leurs effets possibles sur la dynamique de ces herbiers.
- Objectif n°5 : Etudier la faisabilité et les implications diverses (réponse du milieu naturel – effets directs et indirects, temporaires et permanents sur l'environnement, en particulier sur la faune et la flore et les équilibres biologiques –, projections dans le temps, influence sur la dynamique sédimentaire, ...) d'une intervention visant à remplacer une surface d'herbier par un fond blanc de sable corallien au droit du

Sheraton (zone Sud du lagon de Poé). Ce volet spécifique de l'étude proposera également un protocole d'essai, précisant les modalités de réalisation et solutions possibles adaptées à la configuration du site.

Pour ce faire, l'étude est structurée en 3 phases :

- Phase 1 : Etude bibliographique,
- Phase 2 : Cartographie, synthèse et analyse,
- Phase 3 : Etude de faisabilité d'une opération de substitution d'une zone d'herbier par des fonds sableux au droit du Sheraton de Deva. Ce volet intègre la proposition d'un protocole d'essai de substitution.

1.3 LIVRABLES

Dans le cadre de cette étude, différents documents et rapports sont fournis :

- Un rapport bilan de la phase 1, sous la forme d'une synthèse bibliographique. Ce rapport a été transmis le 09 décembre 2014,
- Un rapport bilan de la phase 2 (cartographie, synthèse et analyse) que constitue le présent document,
- Un rapport bilan de la phase 3 (étude de faisabilité) qui sera produit à l'issue de l'achèvement de cette phase.

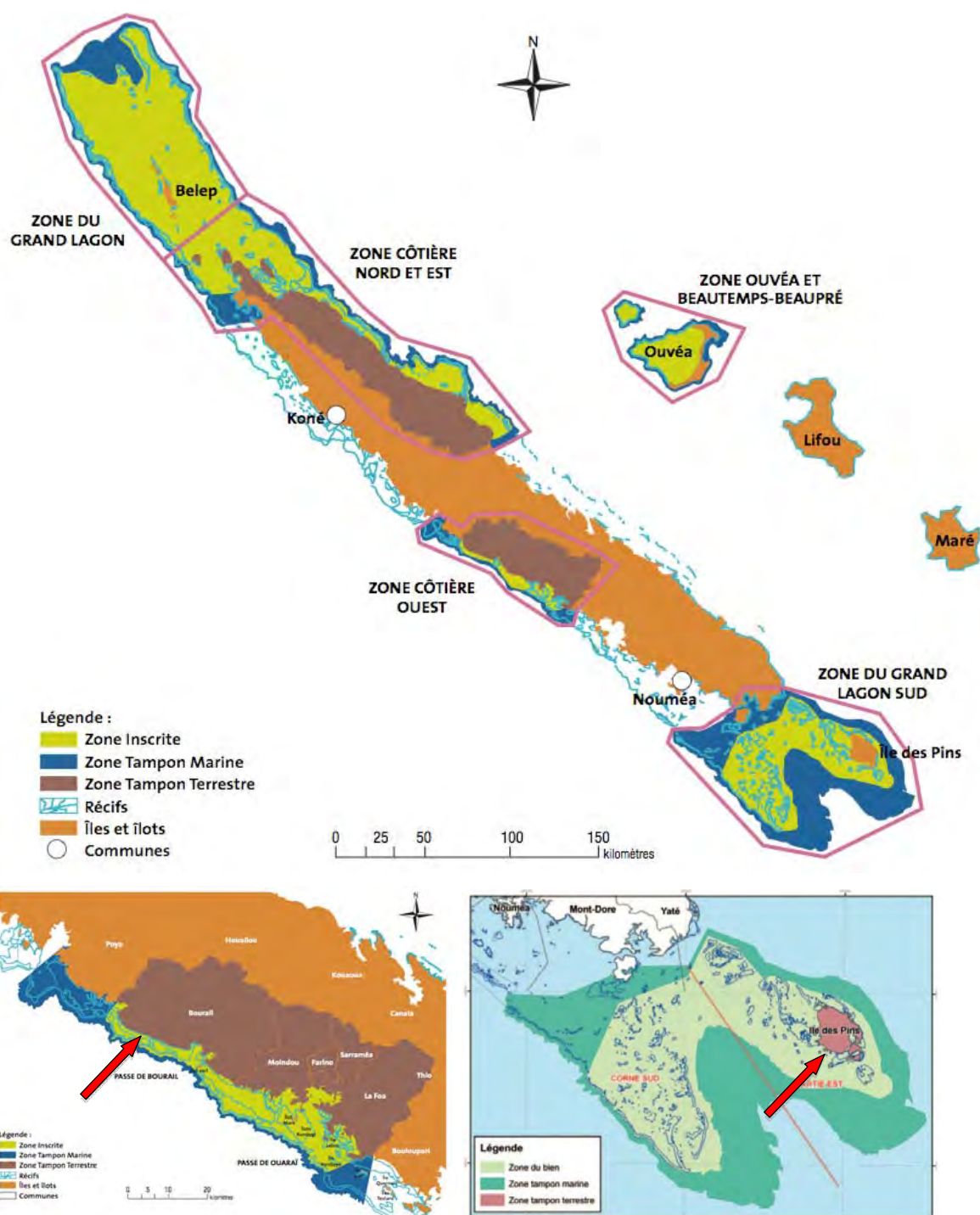


Figure 1 : Sites listés au Patrimoine Mondial de l'UNESCO pour la Nouvelle-Calédonie (source : DENV). Les zones d'études sont indiquées par une flèche.

2. CARTOGRAPHIE DES HERBIERS DE DEVA ET DE KANUMERA

L'objectif de ce travail est de préciser de manière détaillée le périmètre de la répartition actuelle des herbiers marins au niveau des deux sites considérés (lagon de Poé et baie de Kanuméra).

Il s'agit de fournir les éléments permettant de distinguer l'emprise actuelle de ces écosystèmes ainsi que la typologie et la répartition des différents faciès d'herbier.

2.1 METHODOLOGIE

La réalisation de ces cartes a été basée sur l'association d'un travail préliminaire par photo-interprétation et des investigations de terrain permettant d'affiner la cartographie des herbiers. En effet, compte tenu de la surface à décrire (17 km de linéaire côtier sur 300-400 m d'extension lagonaire pour le lagon de Poé ; 600 m de linéaire côtier sur 300 m d'extension lagonaire pour la Baie de Kanuméra), la phase de photo-interprétation, en amont des observations sous-marines, a permis de guider et d'optimiser le plan d'échantillonnage de terrain et d'établir les limites des différentes zones isochromes.

2.1.1 Photo-interprétation préliminaire

La cartographie préliminaire a été élaborée sur la base des photographies aériennes les plus récentes disponibles, correspondantes aux images du logiciel Google Earth, datant du 12/08/2013 pour la zone de Poé et du 21/05/2014 pour celle de Kanuméra.

Les zones homogènes (i.e. entités homogènes à l'image en termes de texture et de couleur), correspondant à des unités bionomiques à priori uniques, ont été détournées et un point d'observation a été placé au centre de chaque zone (NB : quand des zones proches semblaient similaires, seul un point a été placé et une extrapolation a été faite).

Ce travail a conduit à la définition d'un plan d'échantillonnage composé de 166 points sur Poé et 46 points sur Kanuméra, dont 150 ont été réellement visités sur Poé et 40 sur Kanuméra.

Les présentes sont des extraits des cartographies préliminaires sur Poé et Kanuméra. Les contours blancs délimitent des zones isochromes pressenties comme représentatives d'unités bionomiques distinctes, les points jaunes et blancs localisent le plan d'échantillonnage prévu et les drapeaux bleus localisent les points qui ont fait l'objet d'explorations en plongée (vérité terrain).



Figure 2 : Extraits des cartographies préliminaires réalisées en amont des opérations de terrain

2.1.2 Investigations de terrain

Compte tenu des connaissances et données disponibles sur les zones d'étude (Partie 3 dans Hily & Job, 2015), des observations de terrain ont été effectuées pour élaborer des cartes précises et actualisées des herbiers.

Les investigations de terrain ont eu lieu du 06 au 08 janvier et le 09 février 2015 sur le lagon de Poé ; le 06 mars 2015 au sein de la baie de Kanuméra. Elles ont été menées par deux plongeurs scientifiques biologistes marins : M. Pierre LABOUE et Mme Sandrine JOB. Compte tenu de la faible profondeur d'eau sur les zones d'étude, les investigations ont été réalisées en apnée.

Lors des investigations de terrain, la majorité des points prédéfini lors de la photo-interprétation (150 points / 166 pour Poé ; 40 points / 46 pour Kanuméra) a été visité afin de :

- Vérifier que les entités reconnues sur l'image aérienne correspondaient bien à des unités bionomiques fonctionnelles particulières ;
- Affiner la caractérisation des herbiers et le diagnostic in situ de leur état de santé actuel.

Pour ce faire, des informations biologiques ont été collectées au cours d'un parcours de nage à petite allure durant 5 minutes autour de chaque point d'observation.

Tableau 1 : Paramètres relevés sur le terrain lors de la caractérisation des herbiers

Paramètre	Description
Nature du fond	Dalle corallienne et débris
	Fond corallien
	Fond corallien et sable
	Fond corallien, dalle et sable
	Sable blanc corallien
	Sable blanc et débris
	Sable blanc, débris et dalle
	Sable gris
	Sable gris et débris
	Sable gris, débris et dalle
	Sablo-vaseux
	Sablo-vaseux et dalle
Composition floristique	Herbier mono-spécifique (une seule espèce observée)
	Herbier plurispécifique (mixte)
Espèces de phanérogames et dominance	Liste des espèces rencontrées, par ordre décroissant de dominance
Fragmentation	Enveloppe d'herbier continue
	Enveloppe fragmentée (formations d'herbiers en patchs)
Taux de recouvrement	% de recouvrement total en herbier
Peuplement corallien	Présence/absence de coraux
	% de recouvrement total en corail vivant
	Liste des espèces dominantes rencontrées, par ordre décroissant de dominance
Etat de santé de l'herbier	Hauteur moyenne de la canopée dominante
	Présence/absence d'épiphytes et importance
	Altérations diverses (rhizomes déchaussés, feuilles brûlées, falaise d'érosion...)
Algues	Taux de recouvrement total en algues
	Liste des espèces dominantes rencontrées, par ordre décroissant de dominance
Macro-invertébrés benthiques	Liste des espèces dominantes rencontrées, par ordre décroissant de dominance
Poissons	Liste des espèces dominantes rencontrées, par ordre décroissant de dominance

2.1.3 Cartographie des herbiers

2.1.3.1 Eléments cartographiques représentés

A l'issue de la phase de terrain, il a été décidé de ne représenter sous forme cartographique que les éléments pouvant être distingués sur les photographies aériennes, à savoir :

- La fragmentation de l'herbier, avec une distinction entre des herbiers continus (prairie homogène) et des herbiers en formation de patchs (taches d'herbiers), créés le plus souvent naturellement, dans le cas présent, par la présence d'un substrat dur qui empêche la colonisation par les racines des phanérogames,
- Le taux de recouvrement total en herbiers, catégorisé de 1 à 5 (voir tableau ci-dessous). Initialement, il avait été envisagé de caractériser le taux de recouvrement par espèce de phanérogames, lorsque les surfaces suffisantes d'herbiers monospécifiques étaient rencontrées. La composition floristique étant très variable au sein d'une même unité bionomique et la plupart des herbiers étant plurispécifiques (à l'échelle cartographiable), cet aspect n'a pas été conservé dans les rendus finaux.

Pour la nature du fond, une cartographie est présentée, basée sur les observations de terrain et la connaissance des experts de la dynamique des milieux récifo-lagonaires côtiers de Nouvelle-Calédonie, qui ont permis certaines extrapolations aux zones non visitées. Compte tenu de la surface couverte par la zone d'étude et de l'impossibilité de discerner la nature du fond sur photographie aérienne, il a été décidé de scinder la nature du fond en trois grandes catégories, minimisant ainsi les sources de biais lors des extrapolations et simplifiant la lecture de la carte.

Plus important, ces regroupements renseignent sur le maintien des herbiers et donc leur dynamique temporelle potentielle. En effet :

- Sur un fond exclusivement composé de sédiments meubles, même si des mouvements de sédiments peuvent survenir, il y en a toujours suffisamment pour que l'herbier se développe. Ceci signifie que, au niveau de ces espaces, l'enveloppe d'herbier a toutes les chances d'être pérenne.
- Au niveau d'un fond où alternent des affleurements de la dalle corallienne et des fins dépôts de sédiments sur lesquels peut se développer de l'herbier, on observera un herbier fragmenté mais aussi vraisemblablement temporaire car ces fines couches de sédiments sur dalle sous-jacente sont susceptibles d'être mobilisées.
- La présence dominante des formations coralliennes constitue également un facteur de fragmentation de l'herbier par la présence de ces coraux. En revanche, la dynamique des herbiers dans ces zones dépendra de l'épaisseur du sédiment présent entre les formations coralliennes.

Ainsi, trois classes de fond ont été distinguées :

- Des fonds dominés par les formations coralliennes, vivantes ou mortes : c'est le cas par exemple de la partie lagonaire de l'herbier au droit de l'hôtel Sheraton, où des colonies coralliennes anastomosées tiennent lieu de substrat. Certaines parties sont vivantes, d'autres mortes et érodées, des herbiers colonisent par endroits des cuvettes sableuses entre les coraux.
- Des fonds uniquement composés de sédiments meubles.
- Des fonds meubles où des lambeaux de dalle corallienne affleurent en surface.

En ce qui concerne les deux derniers paramètres présentés au tableau suivant (composition floristique et peuplement corallien), ils sont représentés sur les cartes sous forme d'icônes dans les cartes, à titre indicatif. En effet, ils ne sont pas visibles sur photographies aériennes, leur présence n'est donc certaine qu'aux points d'observation réellement visités. Il serait risqué d'extrapoler leur présence ou absence à l'ensemble de la surface de l'unité bionomique où un point a été visité, ou, plus généralement, en tout endroit non expertisé.

Les données concernant l'état de santé de l'herbier, le cortège algal et la faune associée sont fournies en Annexe 2.

Tableau 2 : Paramètres cartographiés pour la caractérisation des herbiers

Paramètre	Éléments descriptifs	Code (base SIG)
Nature du fond	Fond à dominance corallienne	S1
	Fond meuble	S2
	Fond meuble à affleurements de dalle	S3
Fragmentation	Enveloppe d'herbier continue	C
	Enveloppe fragmentée	F
Taux de recouvrement	Herbier très épars	1
	Herbier épars	2
	Herbier moyennement dense	3
	Herbier dense	4
	Herbier très dense	5
Composition floristique	Herbier monospécifique	M
	Herbier plurispécifique	P
Peuplement corallien	Coraux ou pâtés coralliens vivants très épars	C1
	Coraux ou pâtés coralliens vivants épars	C2
	Coraux ou pâtés coralliens vivants moyennement denses	C3
	Coraux ou pâtés coralliens vivants denses	C4
	Dominance des coraux ou pâtés coralliens morts	C5

2.1.3.2 Photographies exploitées pour la cartographie des herbiers actuels

A partir de la délimitation préliminaire des zones isochromes perceptibles sur les clichés Google Earth et des informations issues des missions de vérité terrain, la cartographie des herbiers du domaine de Deva et de la baie de Kanuméra a été réalisée sur la base de photographies satellites haute résolution orthorectifiées et géoréférencées acquises par la DENV auprès de BlueCham. Il s'agit plus précisément :

- Pour le lagon de Poé : orthoimage 53 cm OR2A en couleurs naturelles du 12 juillet 2014,
- Pour la baie de Kanuméra : orthoimage 53 cm OR2A en couleurs naturelles du 29 novembre 2013.

Les cartes présentées ci-après ont ainsi été établies à partir de la délimitation des zones isochromes perceptibles sur ces clichés, éclairées par les informations de terrain recueillis par les experts biologistes.

Les contours des différents faciès identifiés résultent donc de l'exploitation des supports photographiques (photo-interprétation), ils ne proviennent pas d'une délimitation réalisée sur le terrain.

2.1.3.3 Photographies exploitées pour l'analyse de la dynamique des herbiers du lagon de Poé

Une analyse de l'évolution de l'emprise de l'herbier du lagon de Poé a été menée dans sa zone Sud, correspondant aux espaces situés entre le centre de vacances de la Mutuelle des fonctionnaires à l'Est et la limite Ouest de l'emprise du complexe hôtelier du Sheraton à l'Ouest.

Pour réaliser ce travail, différents clichés historiques ont été exploités sous SIG. Il s'agit, par ordre chronologique, de :

- Photographie aérienne de 1954 (non orthorectifiée et non géoréférencée),
- Photographie aérienne de 1976 (non orthorectifiée et non géoréférencée),
- Photographie aérienne de 1982 (non orthorectifiée et non géoréférencée),
- Photographie satellite haute résolution du 06 juin 2003 (orthorectifiée et géoréférencée),
- Photographie aérienne de 2007 (orthorectifiée et géoréférencée),
- Photographie satellite haute résolution du 12 juillet 2014 (orthorectifiée et géoréférencée).

Certains de ces clichés ont été fournis sous forme géoréférencée (images de 2003, 2007 et 2014). Pour les clichés antérieurs à 2003, ceux-ci ont été géoréférencés par CAPSE NORD, sur la base des points de calage disponibles.

Il convient de rappeler ici l'imprécision associée à ce type de géoréférencement, réalisé sur des images non orthorectifiées, présentant une résolution parfois moyenne, et pour lesquelles on ne dispose pas toujours de point de calage indiscutable.

Par ailleurs, il est important de noter que le travail a consisté à une digitalisation des contours de l'enveloppe de l'herbier telle qu'elle apparaît sur les différents clichés. En l'absence de vérité terrain, ces digitalisations résultent de l'interprétation du cliché par l'opérateur (contourage d'une zone isochrome) introduisant un biais quant à la précision du tracé. En conséquence, même si des surfaces sont indiquées, les emprises successives présentées ci-après doivent être considérées avec précaution, en tenant compte des limites de l'interprétation. Elles sont fournies à titre indicatif et traduisent des tendances évolutives (progression, recul, ...).

Afin d'affiner l'appréciation de l'évolution temporelle de l'enveloppe d'herbier, d'autres clichés non orthorectifiés et non géoréférencés ont été consultés :

- Une photographie aérienne de 1943 (source : DITTT)
- Deux photographies aériennes de 2005 et 2011 (source : Google Earth)

Ainsi, les images aériennes et satellites disponibles pour l'herbier de la zone Sud du lagon de Poé couvrent la période 1943 – 2014, soit 71 ans.

2.1.3.4 Photographies exploitées pour l'analyse de la dynamique des herbiers de Kanuméra

Comme pour l'herbier du lagon de Poé, il a été réalisé une analyse de l'évolution de l'emprise de l'herbier de la baie de Kanuméra.

Pour réaliser ce travail, différents clichés historiques ont été exploités sous SIG. Il s'agit, par ordre chronologique, de :

- Photographie aérienne de 1954 (non orthorectifiée et non géoréférencée)
- Photographie aérienne de 1976 (non orthorectifiée et non géoréférencée)
- Photographie aérienne de 1997 (non orthorectifiée et non géoréférencée)
- Photographie satellite haute résolution du 13 septembre 2002 (orthorectifiée) (en cours de transmission par BlueCham)
- Photographie aérienne de 2007 (orthorectifiée et géoréférencée)
- Photographie satellite haute résolution du 29 novembre 2013 (orthorectifiée et géoréférencée)

Certains de ces clichés ont été fournis sous forme géoréférencée (images de 2002, 2007 et 2013). Avant 2002, les photos ont été géoréférencées par CAPSE NORD, sur la base des points de calage disponibles.

Il convient à nouveau de rappeler l'imprécision associée à ce type de géoréférencement, réalisé sur des images non orthorectifiées et présentant une résolution parfois moyenne, et pour lesquels on ne dispose pas toujours de point de calage indiscutable.

Afin d'affiner l'appréciation de l'évolution temporelle de l'enveloppe d'herbier, deux clichés de Google Earth (non orthorectifiés et non géoréférencés) ont été consultés, datant de 2005 et 2014.

Ainsi, les images aériennes disponibles et satellites couvrent la période 1954 – 2014, soit 60 ans.

3. DESCRIPTION DES ELEMENTS CARTOGRAPHIQUES

3.1 NATURE DU FOND

3.1.1 Fonds coralliens

Les fonds coralliens sont majoritairement indurés. Il s'agit de colonies coralliennes (Porites digités, Acropores branchus et digités) anastomosées, plus ou moins vivantes selon les zones, entre lesquelles des phanérogames se développent lorsque du sable est présent pour l'accrochage de leurs racines.

Ce milieu est très peu profond, sub-affleurant à marée basse.

Il est uniquement rencontré en bordure lagonaire de l'enveloppe d'herbier de la zone Sud du lagon de Poé, entre le Creek Salé et la Faille de Poé.

La présence de colonies coralliennes fait obstacle au développement des phanérogames ; sur ce type d'habitat, l'herbier se présente sous la forme de taches éparées plus ou moins denses entre les coraux.

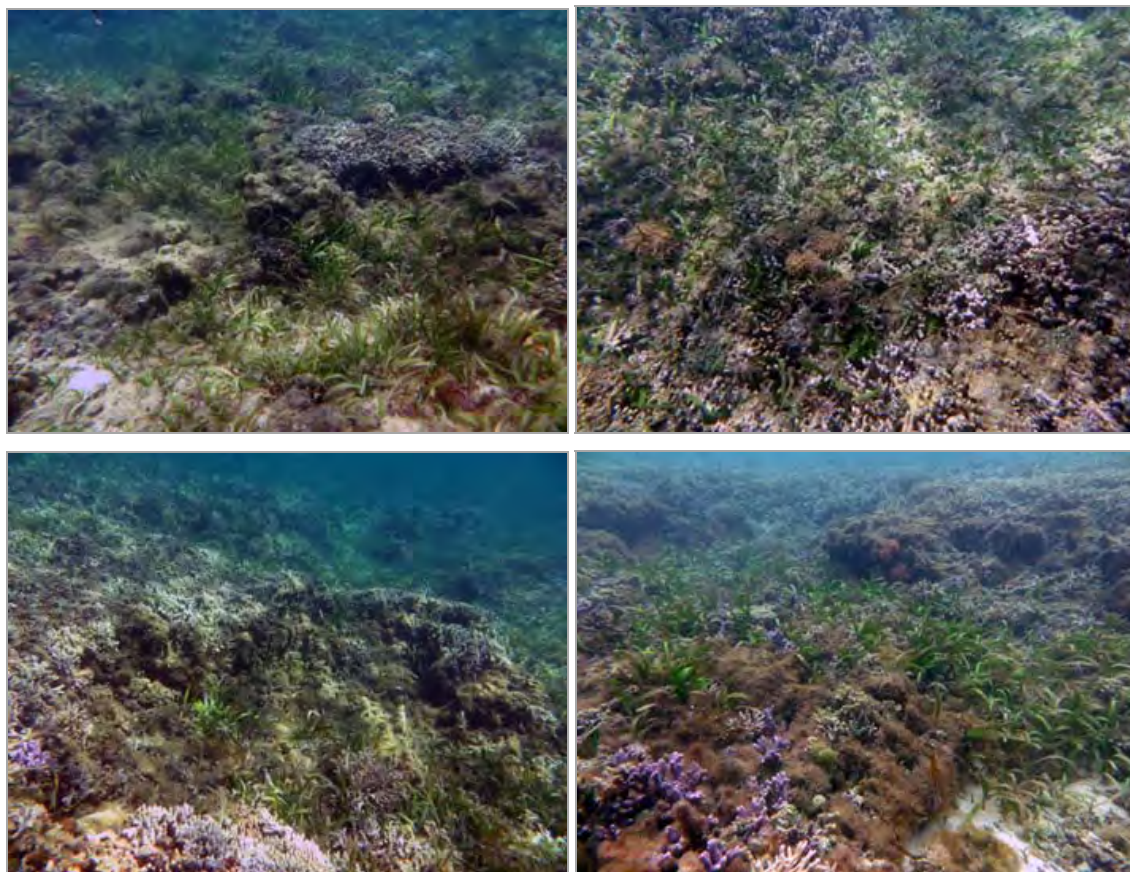


Figure 3 : Vues des fonds coralliens

3.1.2 Fonds meubles

Les fonds meubles sont composés de sédiments sableux (sable blanc corallien et sable gris) à sablo-vaseux. On y observe parfois des débris coralliens.

Il s'agit de l'habitat le plus favorable au développement et au maintien des phanérogames marines rencontrées sur la zone d'étude (et en Nouvelle-Calédonie plus largement).

Les fonds meubles sont dominants au sein des deux zones d'étude.

Pour l'herbier du lagon de Poé, la quasi-totalité de la frange littorale est composée de sédiments sablo-vaseux, tandis que le sable est plus grossier en partie médiane de l'herbier et au niveau lagonaire.

Pour l'herbier de Kanuméra, du sable corallien occupe la totalité de la baie, hormis les platiers Est et Ouest où la dalle corallienne est affleurante.

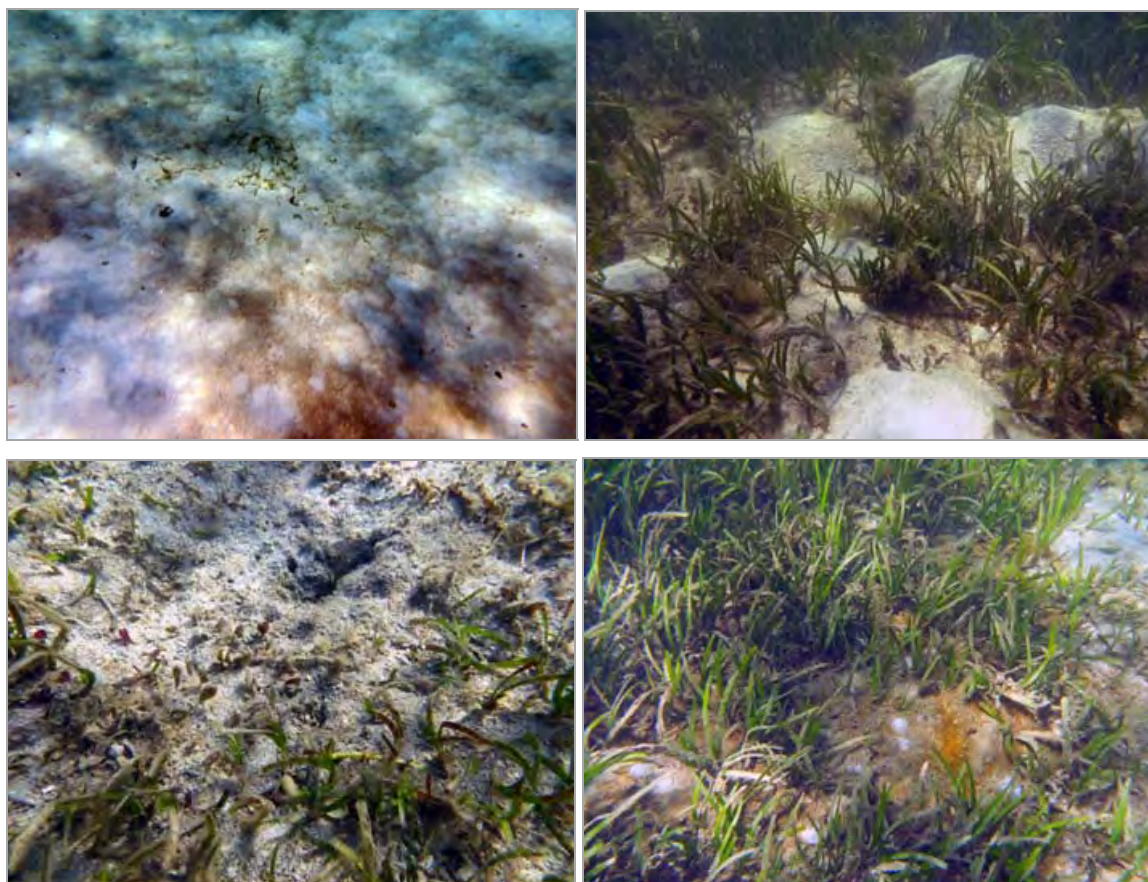


Figure 4 : Vues des fonds meubles

3.1.3 Fonds meubles avec affleurements de dalle corallienne

Ce type de fond est assez répandu au sein de l'herbier du lagon de Poé, en partie médiane et surtout lagonaire de l'herbier, il est absent de la baie de Kanuméra.

Il correspond à des fonds généralement sableux, plus rarement sablo-vaseux où, par endroits, la dalle corallienne sous-jacente est apparente.

La présence de dalle limite la colonisation par les phanérogames (comme on le voit bien sur la troisième photo) ; sur ce type de fond, les herbiers se présentent donc sous la forme de patches : taches d'herbiers entrecoupées de dalle nue ou, plus généralement colonisée par des algues.

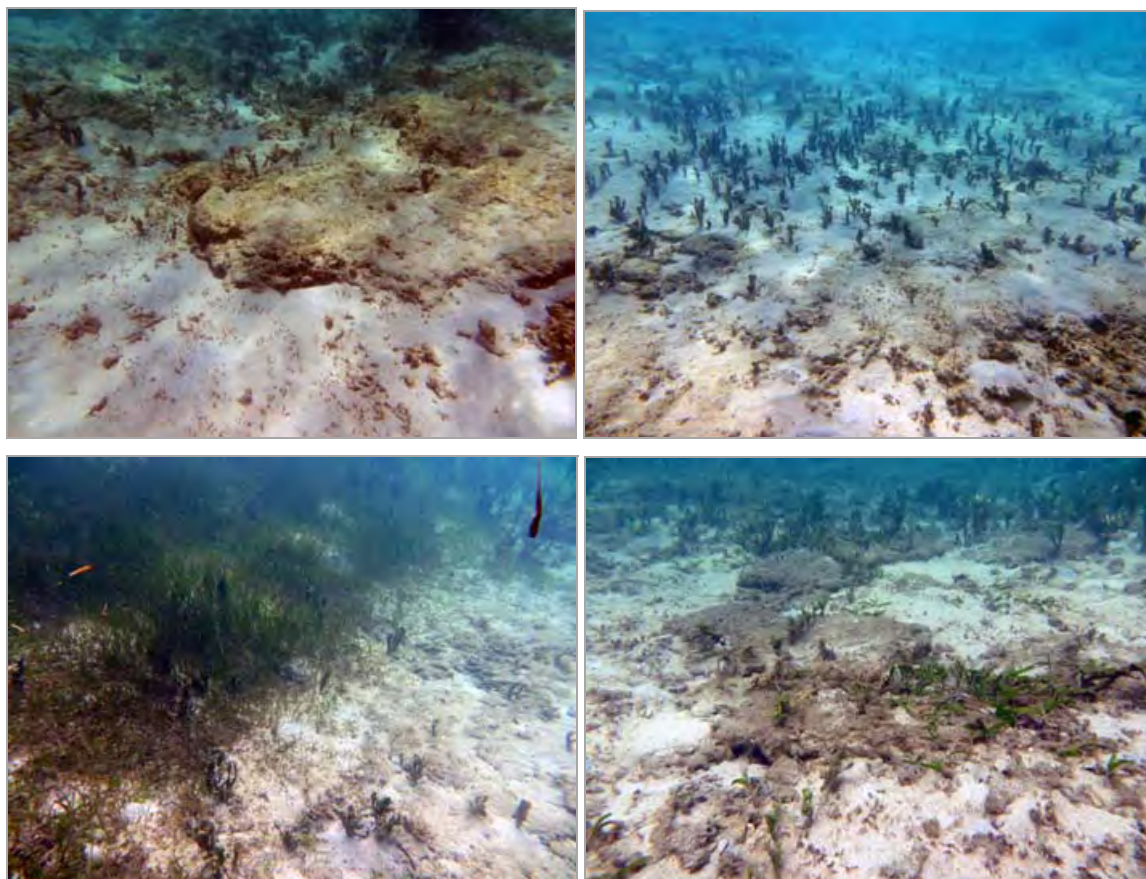


Figure 5 : Vues des fonds meubles avec affleurements de dalle corallienne

3.2 COMPOSITION FLORISTIQUE

3.2.1 Herbiers monospécifiques

Les herbiers monospécifiques ne sont composés que d'une seule espèce.

Au sein des zones d'étude, ces formations sont assez rares et concernent un petit nombre d'espèces : *Thalassia hemprichii* et *Halophila cf. ovalis* pour Poé ; *Cymodocea serrulata* et *Halodule uninervis* pour Kanuméra.

Dans le lagon de Poé, une grande zone d'herbier monospécifique dense à *Thalassia* est présente à l'Est du Creek Salé et quelques zones plus restreintes et isolées entre le Creek Salé et la Faille de Poé. Concernant les *Halophila*, il s'agit de formations éparées sur fonds sableux à proximité des fonds blancs.

Dans la baie de Kanuméra, sont observés : une tache isolée d'herbier dense à *Cymodocea serrulata* au droit de l'hôtel Ouré Téra (troisième photo) et un herbier moyennement dense à *Halodule uninervis* le long du littoral Ouest de la baie (quatrième photo).

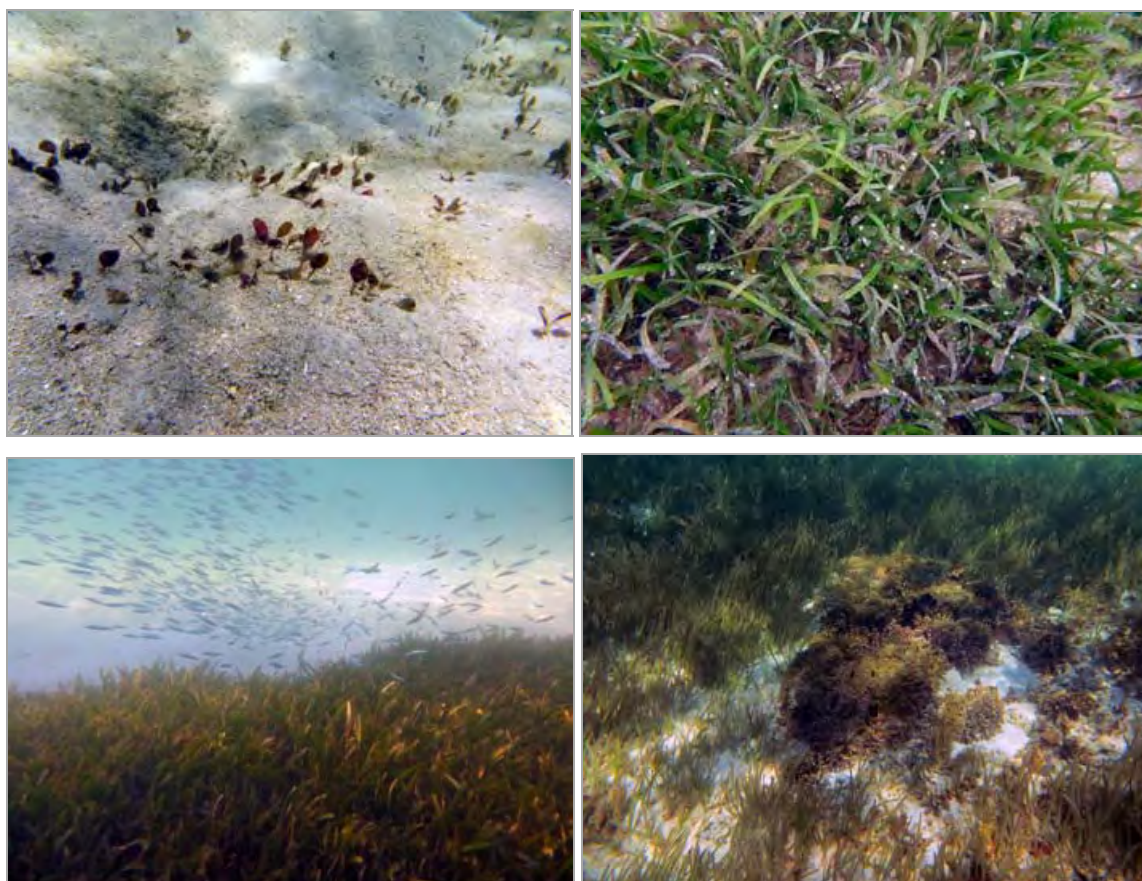


Figure 6 : Vues des faciès d'herbiers monospécifiques

3.2.2 Herbiers plurispécifiques

Les herbiers plurispécifiques sont largement dominants au sein des deux zones étudiées.

Au niveau du lagon de Poé, les espèces rencontrées sont *Thalassia hemprichii*, *Cymodocea serrulata*, *Cymodocea rotundata*, *Halodule uninervis*, *Halodule pinifolia*, *Syringodium isoetifolium* et plusieurs espèces d'*Halophila* dont *H. ovalis*. La diversité spécifique apparaît donc élevée au sein du lagon de Poé, avec à minima 7 des 11 espèces de Nouvelle-Calédonie présentes. Bien que les dominances varient selon les zones, de manière assez générale, *T. hemprichii* apparaît comme l'espèce dominante, la plupart du temps associée à *H. uninervis* et *Halophila* sp. Les Cymodocées se mêlent par endroits à ces trois espèces.

L'espèce *S. isoetifolium* n'a été observée qu'en certains points du lagon de Poé : elle n'a pas été observée à l'Est du Creek Salé ; une « zone à *Syringodium* » est présente en partie médiane de l'herbier juste à l'Ouest du Creek Salé (au droit des bâtiments techniques de l'hôtel Sheraton), puis à nouveau absente jusqu'au Creek Marie Fournier ; à partir de ce creek et jusqu'à la passe du Cap Goulvain, *Syringodium* est quasiment rencontrée partout, en partie médiane de l'herbier uniquement. Elle est toujours associée à d'autres espèces et n'est jamais dominante. La frange littorale abrite en certains lieux l'espèce *Halodule pinifolia*, restreinte aux zones exondées à marée basse.

Concernant la baie de Kanuméra, l'herbier est très majoritairement mixte, composé des espèces *Cymodocea serrulata* (dominante) et *Halodule uninervis*. Un unique plant de *Syringodium* a été observé, en bordure littorale de l'herbier, à l'Ouest du rocher de Kanuméra.

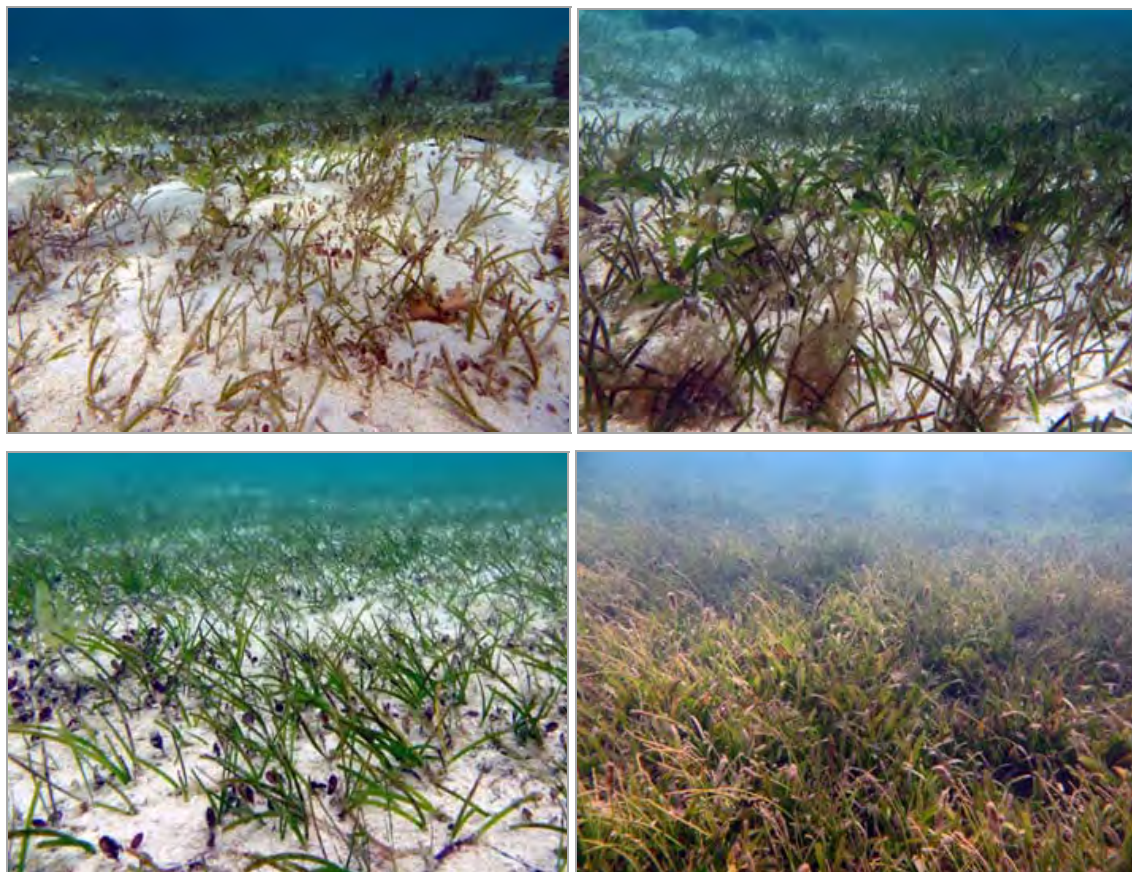


Figure 7 : Vues des faciès d'herbiers plurispécifiques

3.3 FRAGMENTATION

3.3.1 Herbiers continus

Les herbiers continus forment des prairies sous-marines homogènes, plus ou moins denses.

De petites zones non végétalisées peuvent y être incluses (mitage), généralement générées par des activités de bioturbation.

Un herbier continu couvre l'ensemble du lagon de Poé depuis le littoral jusqu'en partie médiane de l'enveloppe globale, avec une extension vers le large comprise entre 50 et 400 m.

Au sein de la baie de Kanuméra, la quasi-totalité de l'herbier est continue.

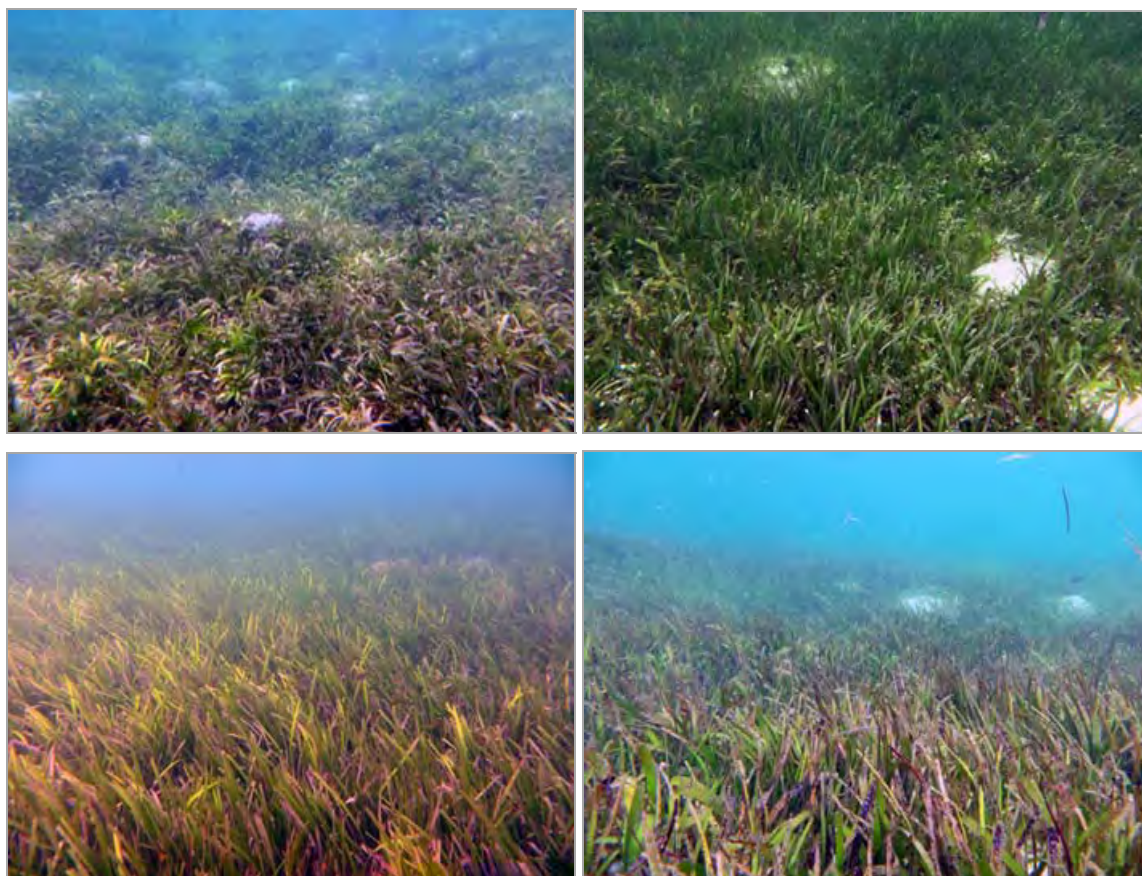


Figure 8 : Vues des faciès d'herbiers continus

3.3.2 Herbiers en patchs

Les herbiers « en patchs » correspondent à des herbiers fragmentés, qui présentent une alternance de zones végétalisées et de substrat nu au sein d'une même enveloppe.

La fragmentation de l'enveloppe d'herbier peut être due à des forçages naturels ou anthropiques ; pour les zones étudiées, il s'agit davantage du premier type (forçages naturels).

Dans la majorité des cas, la présence de dalle corallienne en surface du sédiment sableux a limité l'extension des rhizomes et l'herbier s'en trouve fragmenté (bien visible sur la quatrième photo).

Dans certains cas (comme au niveau des fonds coralliens au Sud du lagon de Poé), c'est la présence de massifs coralliens ou de colonies coralliennes de grosse taille qui a fait obstacle au développement de l'herbier (deuxième et troisième photos).

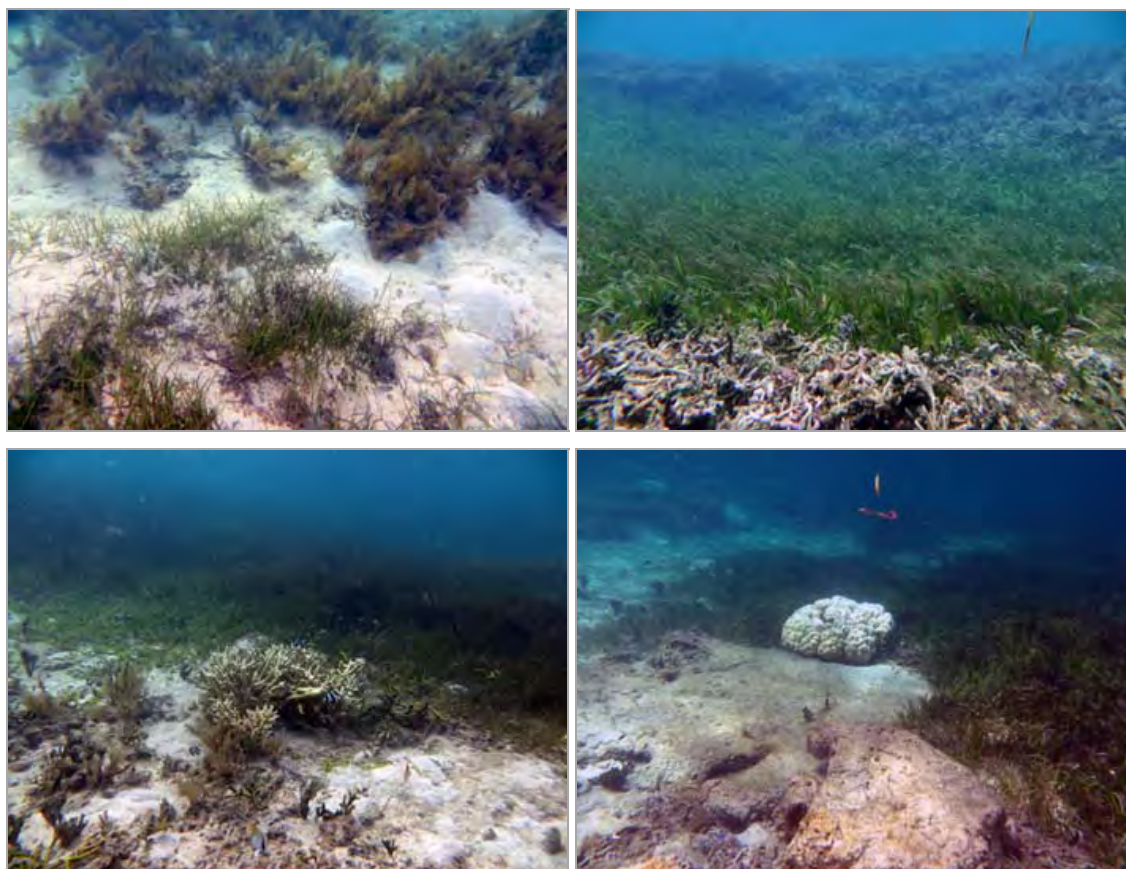


Figure 9 : Vues des faciès d'herbiers en patch

3.4 TAUX DE RECOUVREMENT

3.4.1 Herbiers très épars

Les herbiers très épars (dont le taux de recouvrement est inférieur à 10%) sont rares au sein des deux zones expertisées.

Au niveau de Poé, les seules formations très éparées rencontrées sont situées en bordure lagonaire de l'enveloppe globale d'herbier. Il s'agit principalement d'herbiers à *Halophila*.

Dans la baie de Kanuméra, aucun herbier très épars n'a été observé.



Figure 10 : Vues des formations d'herbiers très épars

3.4.2 Herbiers épars

Les herbiers épars présentent un taux de recouvrement compris entre 10 et 20%.

Ces formations sont également rares au sein de l'herbier du lagon de Poé et recensées en un unique endroit dans la baie de Kanuméra (un petit patch isolé d'*Halodule uninervis* en bordure du littoral Ouest de la baie).

Au niveau du lagon de Poé, les zones d'herbiers épars sont situées : au large du Creek Marie Fournier (herbier épars fragmenté sur fond meuble à affleurements de dalle) ; à l'extrémité lagonaire de la Faille de Poé ; au sein d'un des deux seuls herbiers lagonaire, colonisant les fonds blancs ; au large du Creek Salé.





Figure 11 : Vues des formations d'herbiers épars

3.4.3 Herbiers moyennement denses

Les herbiers moyennement denses présentent un taux de recouvrement compris entre 30 et 50%.

Dans le lagon de Poé, ils sont présents sur l'ensemble de l'enveloppe globale, sous forme d'herbiers mixtes continus ou fragmentés.

Dans la baie de Kanuméra, le seul herbier moyennement dense rencontré est celui longeant la côte sur la façade Ouest de la baie : herbier à *Halodule uninervis* sur fond de sable, débris et lambeaux de dalle, mêlé avec des colonies coralliennes éparses et des algues brunes.



Figure 12 : Vues des formations d'herbiers moyennement denses

3.4.4 *Herbiers denses*

Les herbiers denses présentent un taux de recouvrement compris entre 60 et 80%.

Dans le lagon de Poé, des zones d'herbiers denses sont observées au sein d'herbiers très denses. Ces zones peuvent être très étendues, comme c'est le cas à l'Ouest des embouchures du Creek Marie Fournier et de la rivière de Deva, possiblement sous l'effet de la dessalure. Les herbiers denses sont soit continus (côté littoral) soit fragmentés (côté lagonaire, mêlés à de formations coralliennes de grosse taille).

Dans la baie de Kanuméra, les herbiers denses rencontrés sont fragmentés, en alternance avec des fonds sableux nus (quatrième photo) et tous situés en bordure littorale de l'enveloppe globale.

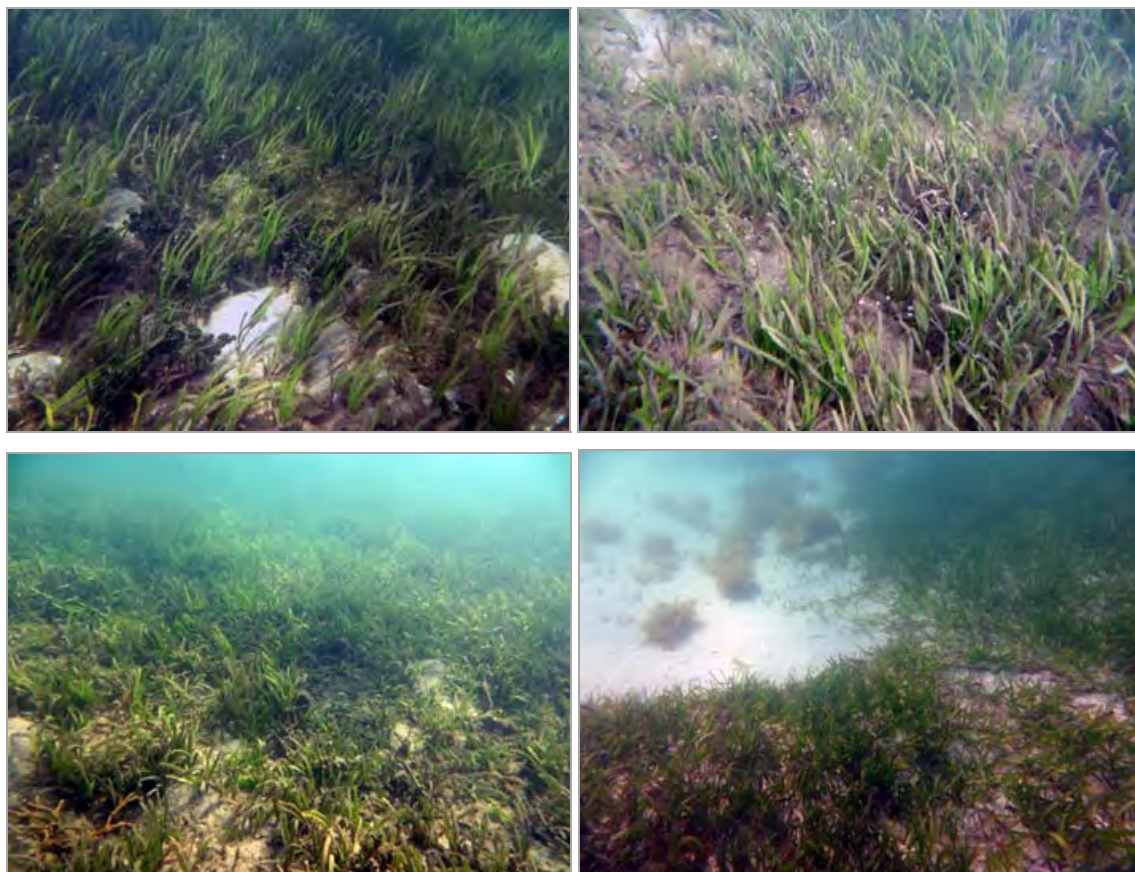


Figure 13 : Vues des formations d'herbiers denses

3.4.5 *Herbiers très denses*

Les herbiers très denses présentent un taux de recouvrement supérieur à 90%.

Dans le lagon de Poé comme au sein de la baie de Kanuméra, ils sont le type d'herbier le mieux représenté.

Présents sur l'ensemble de l'enveloppe d'herbier, ils sont majoritairement observés depuis la côte jusqu'en partie médiane de l'enveloppe, là où le sédiment est exclusivement meuble.

Les herbiers denses et très denses sont principalement des herbiers mixtes.

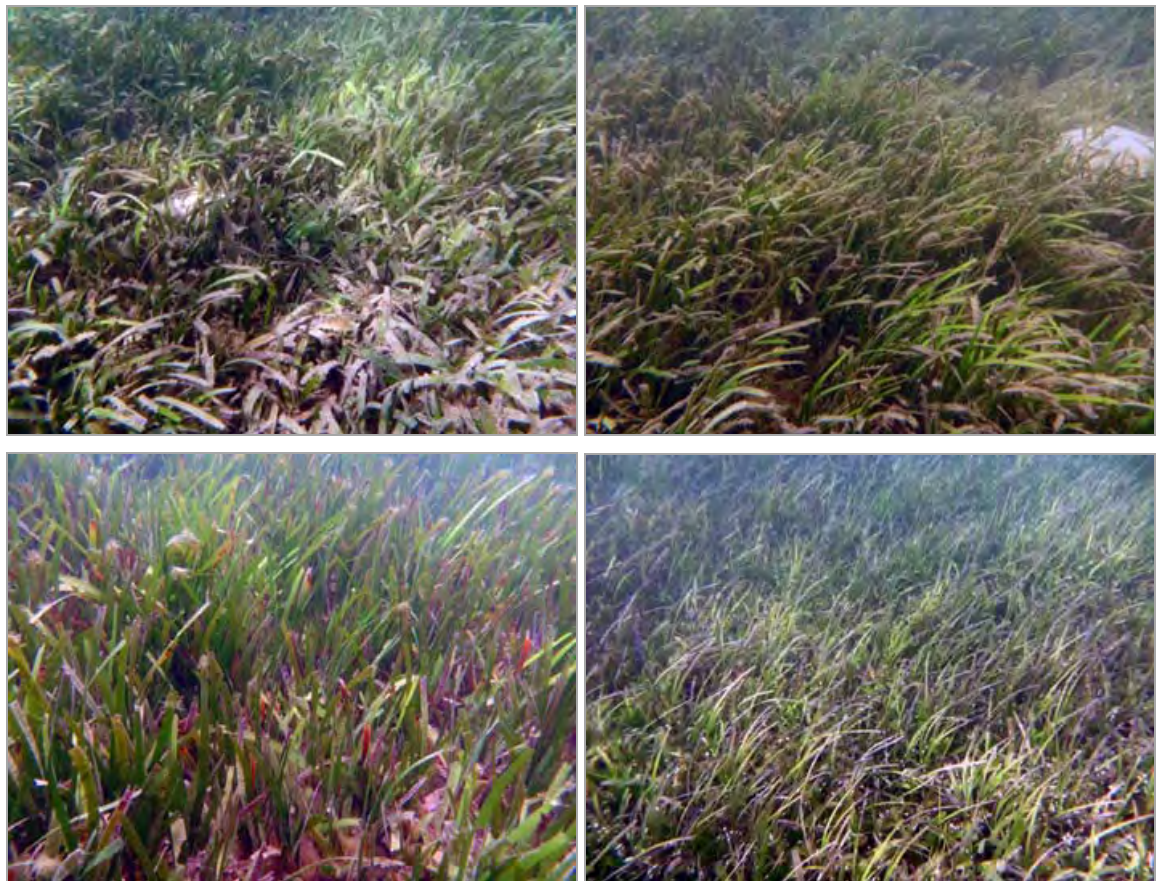


Figure 14 : Vues des formations d'herbiers très denses

3.5 PEUPLEMENT CORALLIEN ASSOCIE

3.5.1 Coraux ou pâtés coralliens vivants très épars

Sur certaines portions de l'herbier du lagon de Poé, des coraux très épars peuvent être observés, soit accrochés à la dalle corallienne (première photo), soit sous forme libre (non attachés à un substrat dur ; deuxième à quatrième photos).

Les espèces principalement rencontrées sont de petits massifs de Porites et des Acropores branchus.

Cette catégorie est utilisée lorsque moins d'une dizaine de colonies coralliennes sont observées au cours des 5 minutes de nage de l'observateur, correspondant à un taux de recouvrement corallien vivant de l'ordre de 1% ou moins.



Figure 15 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens vivants très épars

3.5.2 Coraux ou pâtés coralliens vivants épars

Cette catégorie correspond à la même description que la précédente, hormis que les coraux y sont un peu plus denses : une vingtaine de colonies coralliennes sont observées au cours des 5 minutes de nage de l'observateur, correspondant à un taux de recouvrement corallien vivant de l'ordre de 2 à 5%.

Les coraux très épars et épars sont généralement rencontrés au sein des herbiers denses à très denses du lagon de Poé.

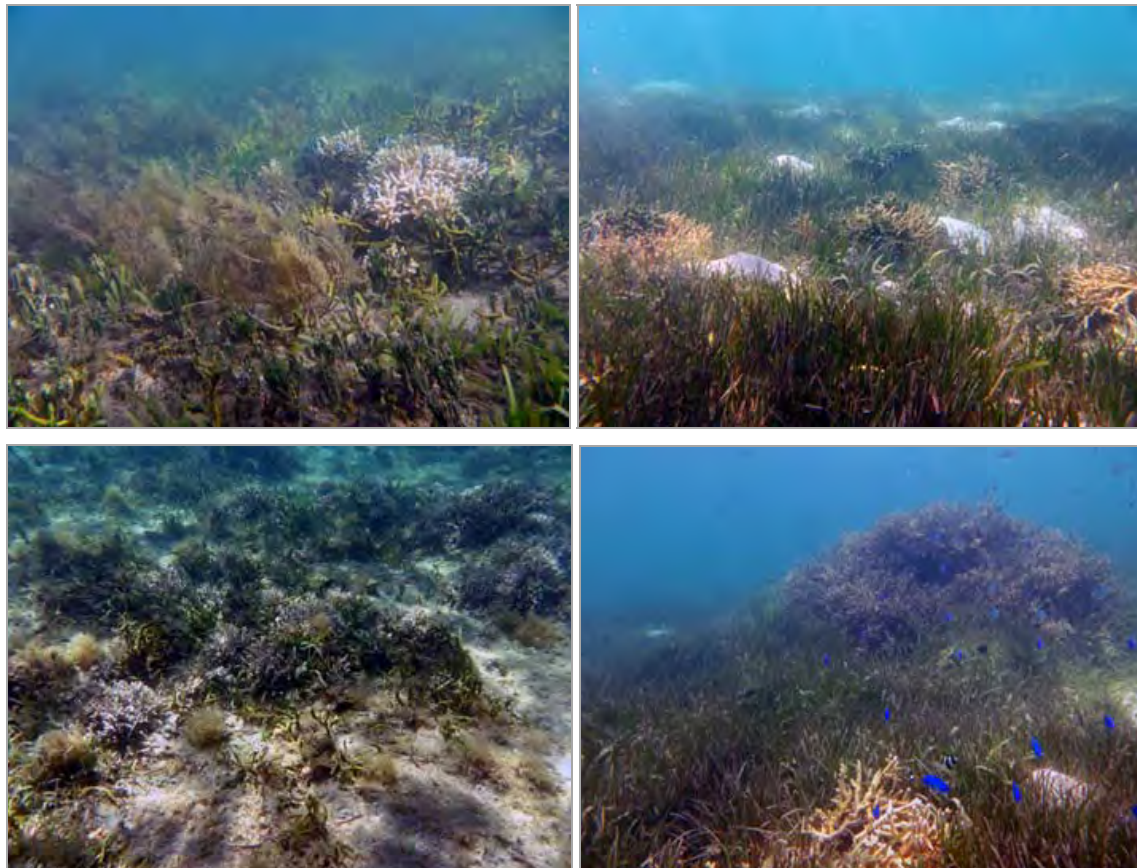


Figure 16 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens vivants épars

3.5.3 Coraux ou pâtés coralliens vivants moyennement denses

Exclusivement rencontrées dans le lagon de Poé, les formations coralliennes moyennement denses correspondent à des coraux de plus grosse taille, voire même des pâtés coralliens.

A nouveau, des Acropores branchus et Porites massifs dominant, mais d'autres espèces peuvent être présentes, comme *Pocillopora damicornis* ou des Faviidae. Les coraux moyennement denses sont généralement libres sur le fond ; les pâtés coralliens colonisent des lambeaux de dalle affleurante.

Cette catégorie est utilisée lorsque le taux de recouvrement corallien vivant est de l'ordre de 20 à 30% sur l'ensemble de la surface expertisée au cours des 5 minutes de nage.



Figure 17 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens vivants moyennement denses

3.5.4 Coraux ou pâtés coralliens vivants denses

Des coraux denses colonisent les fonds coralliens en bordure lagonaire de l'enveloppe d'herbier sur la zone Sud du lagon de Poé.

Ils marquent la transition entre un platier d'herbier peu profond et les fonds de sable blanc nus, sous la forme d'un bourrelet de coraux denses à jointifs. Certaines portions du bourrelet sont mortes et recouvertes par du gazon algal, colonisées par des demoiselles *Stegastes*. Les coraux observés sont majoritairement des *Porites* digités et quelques *Acropores* branchus.

Le taux de recouvrement corallien vivant y est supérieur à 40%, généralement mêlé à des phanérogames marines.

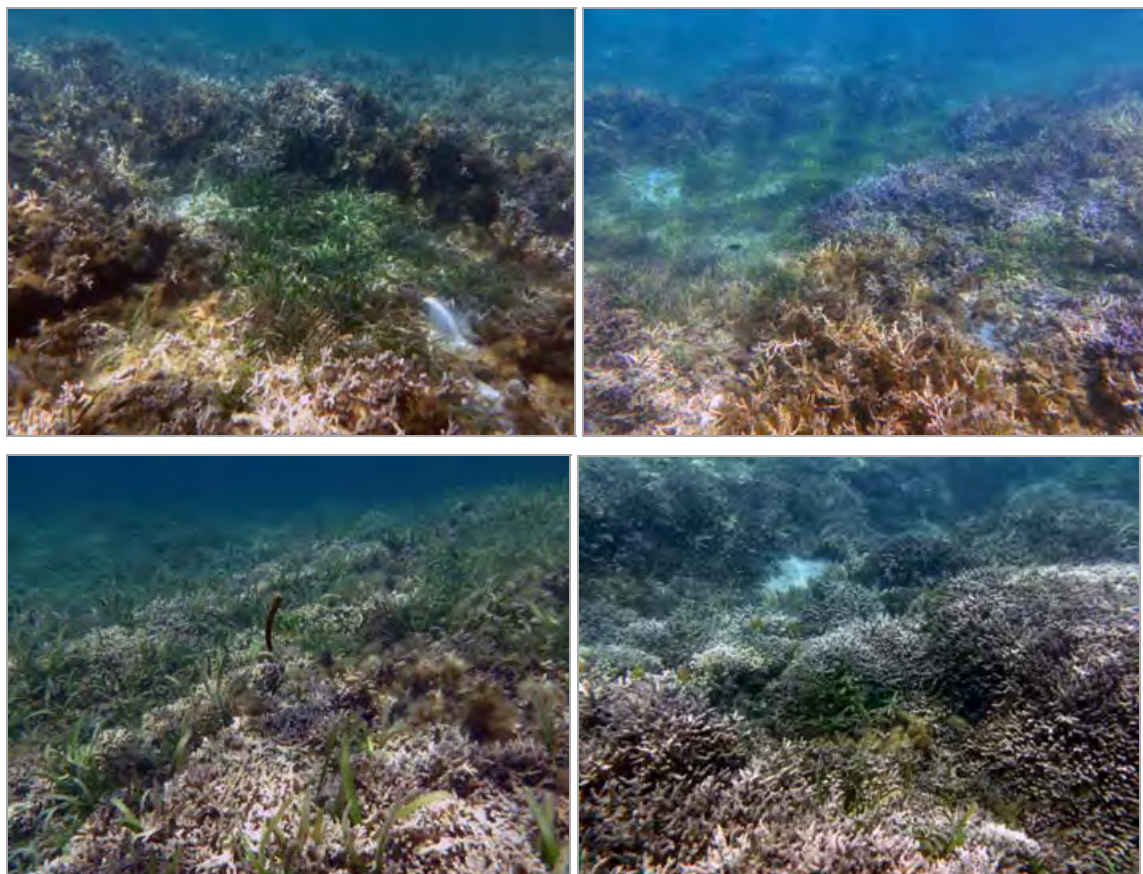


Figure 18 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens vivants denses

3.5.5 Coraux ou pâtés coralliens majoritairement morts

Une portion de récif mort a été rencontrée en bordure lagonaire du platier d'herbier, entre l'hôtel du Sheraton et la Faille de Poé.

Elle se présente sous la forme de pâtés coralliens morts et recouverts de gazon algal.

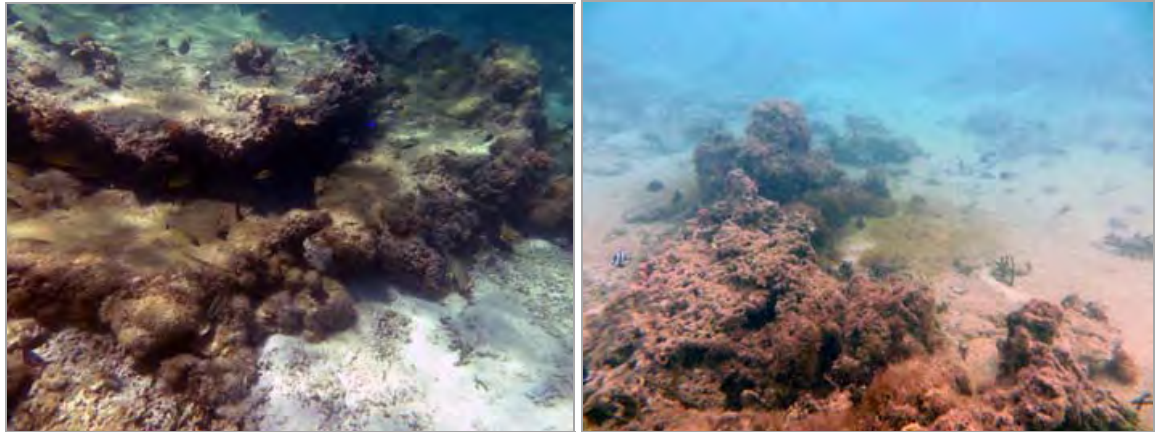


Figure 19 : Vues des formations d'herbiers avec pâtés coralliens majoritairement denses

4. DESCRIPTION DE L'HERBIER DU LAGON DE POE

4.1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les investigations de terrain ont porté sur la zone délimitée au Nord par la passe du Cap Goulvain et au Sud par le centre de vacances de la mutuelle des fonctionnaires. Compte tenu de la qualité insuffisante des images disponibles pour la cartographie des différents faciès d'herbiers (clichés Google Earth), seule la zone située au Sud de la cuvette Cornaille a pu être représentée graphiquement.

La zone Sud de cet herbier, comprise entre le centre de vacances de la mutuelle des fonctionnaires et la limite Ouest de l'emprise du complexe hôtelier du Sheraton, a fait l'objet d'une analyse plus fine, notamment au niveau de son évolution temporelle.



Figure 20 : Délimitation de la zone d'étude de l'herbier du lagon de Poé et zoom sur sa partie Sud

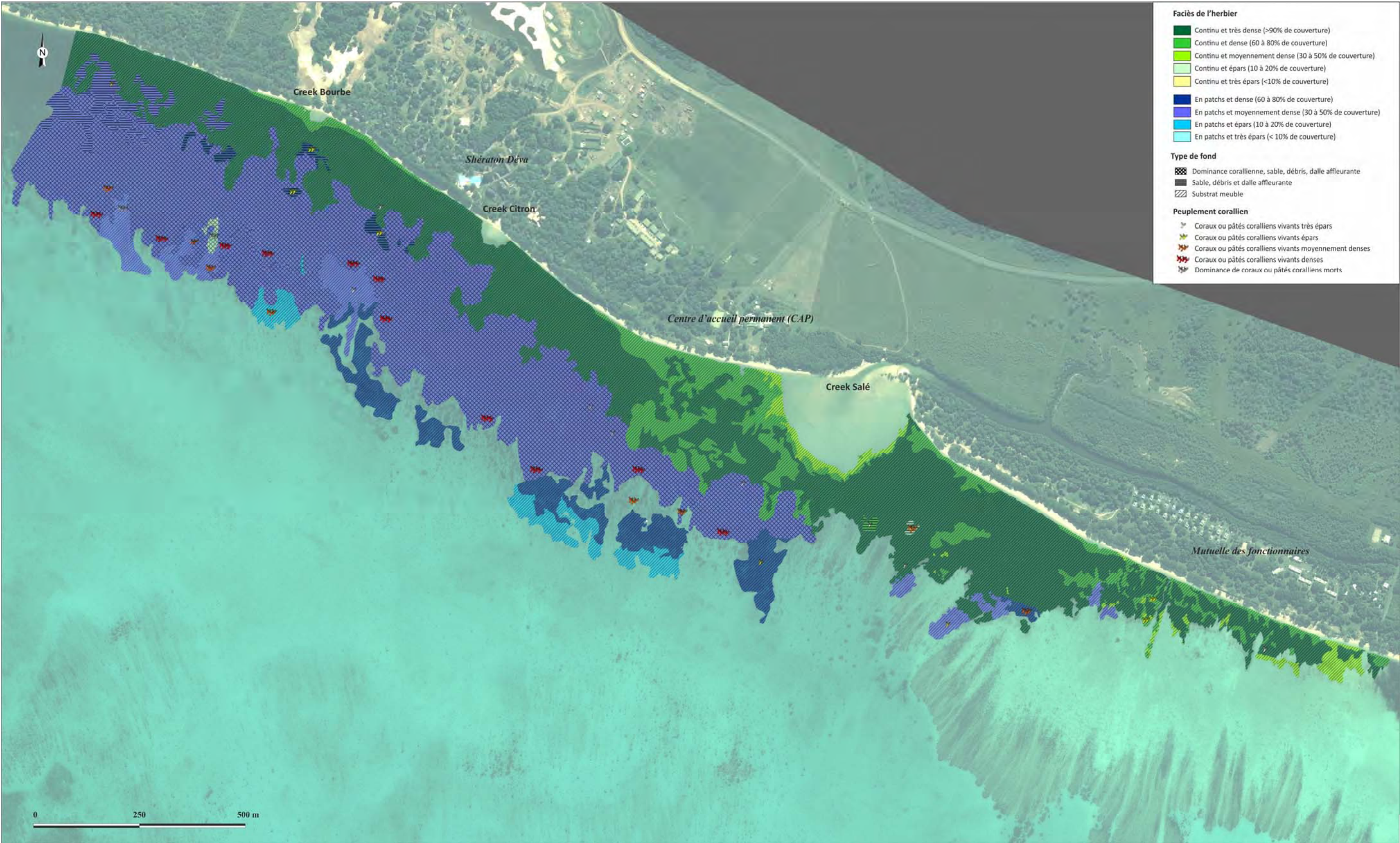


Figure 21 : Cartographie de l'enveloppe d'herbier de la zone Sud du lagon de Poé

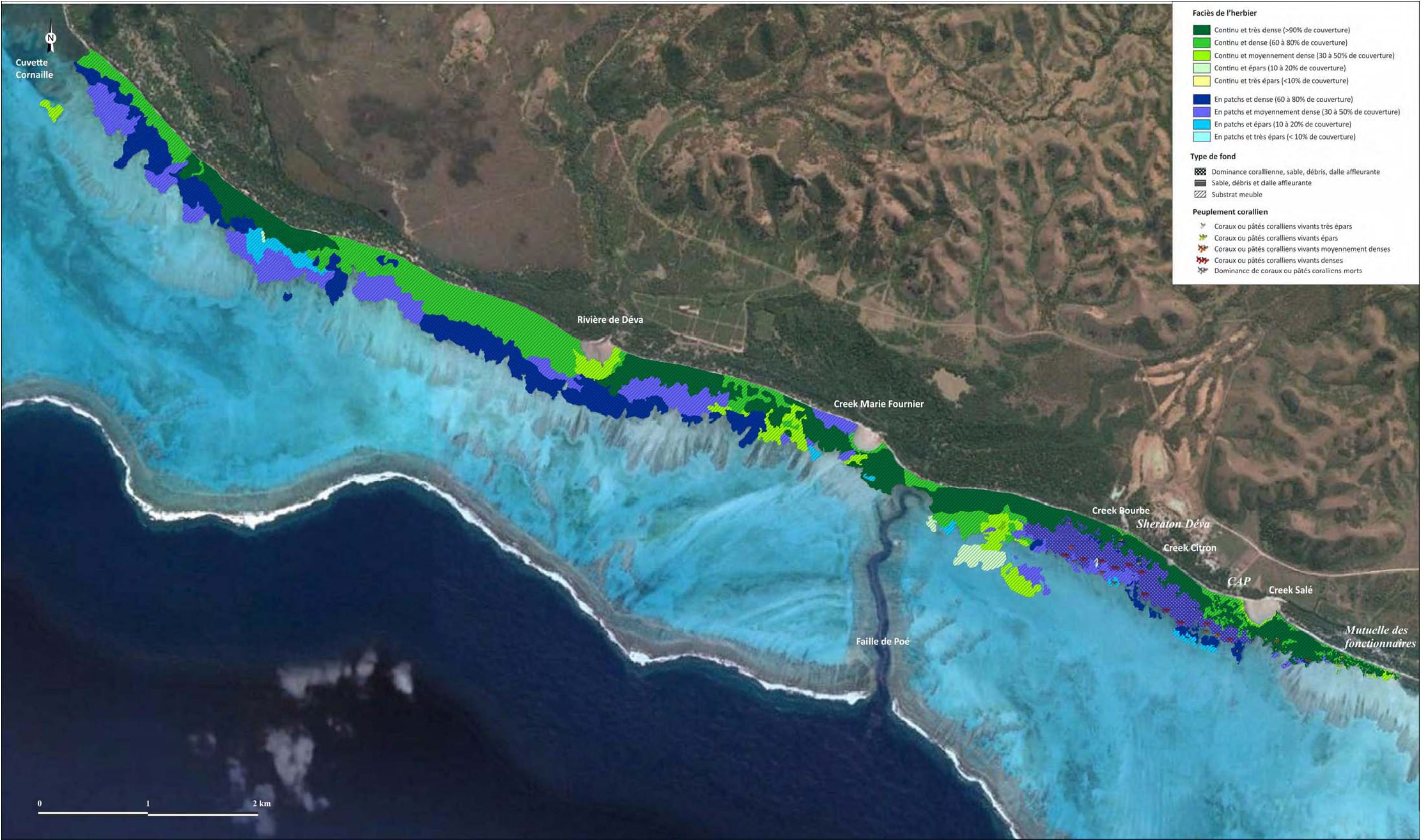


Figure 22 : Cartographies de l'enveloppe d'herbier du lagon de Poé

4.2 ENVELOPPE GLOBALE

L'enveloppe globale de l'herbier est le premier paramètre estimé. Cette information est intéressante dans le cadre de l'inventaire des herbiers mais aussi dans le cadre de leur suivi à long terme pour lequel les surfaces colonisées peuvent faire l'objet d'un suivi par photo-interprétation.

L'enveloppe globale décrit l'ensemble de la zone colonisée par des phanérogames marines, sans distinction du taux de recouvrement. Les valeurs présentées ci-après sont les valeurs basses, sachant qu'il est possible que certains herbiers diffus situés en bordure lagonaire de l'enveloppe globale n'aient pas été pris en compte dans les calculs de superficie car non visibles à l'imagerie satellite ou aérienne.

A l'échelle de l'ensemble du lagon de Poé, l'enveloppe globale de l'herbier est de 566,2 ha.

Au niveau de la zone Sud du lagon de Poé, l'enveloppe globale de l'herbier s'élève à 109,4 ha.

4.3 PERENNITE DE L'HERBIER

Comme indiqué précédemment, la nature du fond renseigne sur la capacité de l'herbier à se maintenir dans le temps, dans des conditions « normales » (hors forçages ou perturbations majeures exceptionnelles).

En effet, les sept espèces de phanérogames observées dans le lagon de Poé se développent sur des fonds meubles (substrat sableux à sablo-vaseux) (Payri, 2006b). Comme évoqué auparavant, il est possible d'émettre un avis sur la pérennité potentielle de l'herbier sur la base de la disponibilité et du maintien théorique de la couche sédimentaire nécessaire à l'ancrage par les rhizomes et les racines :

- Un fond meuble continu d'une épaisseur suffisante (<20cm environ) est propice à l'établissement d'un herbier continu non fragmenté et pérenne,
- Un fond occupé par des pâtés coralliens et/ou des coraux libres sera « mité » si ces coraux sont de petites tailles unitaires et dispersés. La fragmentation de l'herbier sera constatée lorsque ces coraux occupent une surface suffisante pour morceler l'herbier en patchs.
 - Dans un cas extrême de massifs de coraux très denses, l'herbier est très fragmenté et n'occupe que des cuvettes sédimentaires entre les massifs coralliens. Ce type d'herbier fragmenté peut être très stable dans le temps car les cuvettes de sédiment peuvent être assez profondes et sont protégées de l'érosion par les coraux environnants.
 - Par contre, si ces coraux sont développés sur un fond de dalle calcaire sans relief et rugosité, les zones de sédiments sont peu épaisses et facilement remaniées et on peut donc se trouver devant des herbiers temporaires.
- Un fond où la dalle corallienne affleurante est prépondérante : les sédiments qui s'y déposent sont peu épais, et plus facilement repris de manière régulière, dispersés et accumulés plus loin sous l'effet de la dynamique littorale. Les herbiers qui s'y développent sont donc très dynamiques (espèces souvent pionnières et opportunistes comme les *Halophila* mais aussi *Halodule*). Fragmentés naturellement par les zones de dalle nue qui empêche leur fixation, ils présentent généralement un caractère temporaire car souvent érodés par les événements climatiques. Ils se reforment rapidement sur les zones de sédiments qui se sont redéposés sur la dalle un peu plus loin.

Bien qu'il soit impossible de cartographier précisément les limites de ces différents faciès de fond (car non visibles sur les photographies aériennes ou satellites), et donc d'en donner les surfaces exactes, les grandes tendances suivantes ont été mises en évidence :

- Au sein de ces deux zones, la majorité des fonds (plus de 80%) est constituée de sédiments meubles (majoritairement sableux, dans une moindre mesure sablo-vaseux et dans quelques cas vaseux, à la côte uniquement et à proximité des embouchures de cours d'eaux) : l'herbier qui s'y développe peut y être considéré comme pérenne.
- S'agissant des fonds coralliens, ils sont surtout présents sur la zone Sud du lagon de Poé, représentant environ 7% de la surface totale de l'herbier,
- Enfin, les fonds meubles avec affleurements de dalle corallienne couvrent moins de 1% de la surface des herbiers observés

4.4 FRAGMENTATION

Sous l'effet de forçages naturels (hydrodynamisme, herbivorie, présence d'obstacles naturels limitant le développement des rhizomes tels que les affleurements de dalle ou les massifs coralliens, etc.) ou anthropiques (pollutions, piétinement, etc.), les herbiers peuvent se fragmenter.

Le niveau (ou taux) de fragmentation est la résultante de l'érosion due aux multiples forçages et de la croissance et/ou recolonisation de l'herbier sur du sédiment nu, due aux conditions environnementales favorables (disponibilité en sédiments, en nutriments, en lumière, ...).

Ces facteurs complexes opposés ne sont pas constants à l'échelle de quelques mois à années, si bien que l'herbier subit en permanence des petites modifications de surface et de configuration. L'équilibre peut être qualifié de « dynamique » car la structure n'est pas figée, les zones d'herbier étant constamment en mouvement, colonisant du substrat nu d'un côté et subissant l'érosion de l'autre (Fontan et al., 2011).

Même si les herbiers du lagon de Poé apparaissent peu morcelés et peu fragmentés comparativement à de nombreux herbiers en Nouvelle-Calédonie et par ailleurs dans le monde, certaines zones sont fragmentées principalement par la présence de dalle corallienne et de massifs coralliens.

Néanmoins, dans les zones de sédiments meubles, la fragmentation est également observée, mais si elle reste limitée (ce qui suggère une faible pression anthropique), principalement au niveau des bordures extérieures qui apparaissent dentelées sous l'effet des processus d'érosion/extension.

Au sein du lagon de Poé, les herbiers continus sont très légèrement supérieurs (55% de la surface totale ; Tableau 3) en terme de surfaces comparativement aux herbiers fragmentés. Les herbiers continus sont très majoritairement présents à la côte, où les sédiments sont sableux à sablo-vaseux. Les herbiers fragmentés sont plutôt rencontrés en bordure lagonaire, sur des fonds où la dalle corallienne affleure. Cette répartition suggère une accumulation sédimentaire à la côte et un transit sédimentaire préférentiellement dirigé vers le Nord.

Au niveau de la partie Sud du lagon de Poé, l'herbier se partage à parts égales entre des formations continues et des formations fragmentées, en raison d'une importante zone de fonds à dominance corallienne en bordure lagonaire, au sein de laquelle des herbiers se développent en fonction de l'espace et du sédiment disponible (entre les massifs coralliens). La répartition des herbiers continus et fragmentés selon un gradient côte-lagon est la même que sur l'ensemble du lagon de Poé.

Tableau 3 : Surfaces d'herbier du lagon de Poé selon leur fragmentation

Localisation	Fragmentation	Surfaces (ha)
Lagon de Poé	Herbier continu	313,18
	Herbier en patchs	253,04
Zone Sud du lagon de Poé	Herbier continu	53,45
	Herbier en patchs	55,92

4.5 TAUX DE RECOUVREMENT

Le recouvrement en phanérogames d'un herbier correspond au pourcentage moyen (en projection verticale) de couverture du substrat par les feuilles, par rapport aux zones non couvertes (sable, matte morte, roche).

Dans le cadre de cette étude, dans un souci d'optimisation des opérations de terrain, l'estimation a été effectuée de manière visuelle (sans mesure sur des quadrats ou le long d'un transect), grâce à des classements par gammes de pourcentages.

Le tableau suivant présente les surfaces occupées par les herbiers continus et fragmentés (en « patchs »), selon leur taux de recouvrement, à l'échelle de l'ensemble du lagon de Poé et au niveau de sa partie Sud.

Tableau 4 : Surfaces d'herbier du lagon de Poé pour les différentes classes de recouvrement

Localisation	Fragmentation	Taux de recouvrement	Surfaces (ha)
Lagon de Poé	Herbier continu	<10%	0,06
		10-20%	8,54
		30-50%	33,28
		60-80%	123,5
		>90%	147,8
	Herbier en patchs	<10%	0
		10-20%	14,00
		30-50%	135,94
		60-80%	103,1
		>90%	0
Zone Sud du lagon de Poé	Herbier continu	<10%	0,06
		10-20%	0,16
		30-50%	1,69
		60-80%	9,39
		>90%	42,15
	Herbier en patchs	<10%	0
		10-20%	2,61
		30-50%	46,28
		60-80%	7,03
		>90%	0

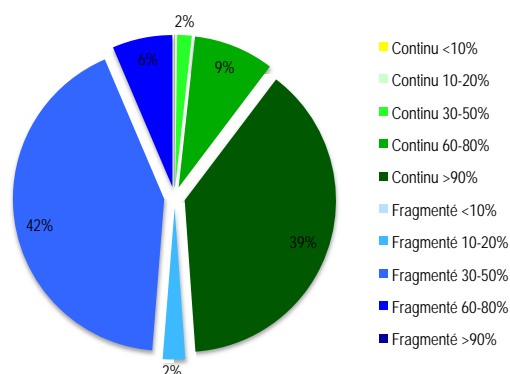


Figure 24 : Répartition des différents faciès d'herbiers marins sur la zone Sud du lagon de Poé

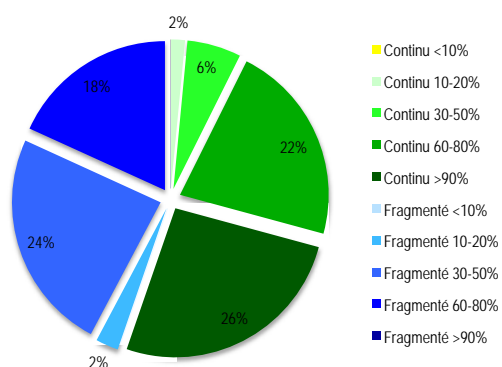


Figure 23 : Répartition des différents faciès d'herbiers marins au sein du lagon de Poé

Sur l'ensemble du lagon de Poé :

- Au sein des formations continues, les herbiers denses à très denses se partagent les fonds côtiers à parts égales. Les herbiers moyennement denses sont peu représentés (6% de la surface cartographiée) ; ils sont particulièrement présents en bordure des cônes de déjection sableux des principaux cours d'eau pérennes : rivière de Deva, creek Marie Fournier et creek Salé, ainsi que dans les « fonds blancs » (herbiers lagonaires). Les herbiers épars et très épars sont très rarement observés (2% de la surface totale), uniquement rencontrés dans les « fonds blancs » à proximité de la Faille de Poé.
- Au sein des formations fragmentées, très majoritairement présentes en bordure lagonaire de l'enveloppe globale, les herbiers alternent entre des formations moyennement denses et denses. Deux petites zones d'herbier fragmenté épars (couvrant 2% de la surface totale) sont observées aux extrémités Nord et Sud de l'enveloppe globale étudiée.

Au niveau de la partie Sud du lagon de Poé :

- Cette zone présente deux particularités :
 - Des fonds coralliens s'étendent sur 80 et 290 m de large en bordure lagonaire de l'enveloppe d'herbier, à partir du creek Salé jusqu'à environ 1 300 m au Nord des services généraux du complexe hôtelier du Sheraton Déva. Des herbiers se développent (de manière donc fragmentée) entre ces formations coralliennes vivantes ou mortes.
 - On y rencontre les herbiers de « fonds blancs » les plus développés de la zone d'étude. Il s'agit en majorité d'herbiers mixte (*Thalassia hemprichii*, *Halodule uninervis* et *Halophila* sp.) épars à moyennement denses sur fond sableux.
- Hormis ces particularités, la répartition côte-large est similaire à celle observée sur l'ensemble du lagon de Poé : les herbiers sont continus et très denses (avec quelques zones denses) à la côte et plus fragmenté et moins denses en bordure lagonaire.
- L'herbier présent à l'Est du creek Salé n'est quasiment pas fragmenté.

4.6 PHENOMENES DE DYSTROPHIE

Le bilan des observations effectuées à proximité des embouchures de cours d'eau (temporaires ou non) est présenté au tableau suivant. Cet exercice a pour but d'apprécier et de localiser des zones potentiellement soumises au phénomène de dystrophie (perturbation du milieu par un déséquilibre des apports nutritifs, en carence ou en excès). Nous émettons ici l'hypothèse qu'en cas d'apports excessifs en éléments nutritifs via les cours d'eau, les algues (épiphytes et macroalgues) pourraient se développer au détriment de l'herbier.

La localisation des points d'observation de terrain est fournie en Annexe 1.

Tableau 5 : Observations effectuées à proximité de l'embouchure des cours d'eau du lagon de Poé

Cours d'eau	WPT	Localisation du WPT / creek	Observation	Appréciation du niveau de dystrophie (à dire d'expert)
Au sud de la passe du Cap Goulvain	146	Ouest	Herbier dense (70%) mixte (<i>Halodule uninervis</i> , <i>Halophila</i> sp.) et continu sur sable gris. Couverture en algues limitée (5%) : algues brunes et cyanobactéries. Epiphytes sur phanérogames : niveau 2 (modéré). Bon état de santé général de l'herbier.	Faible
Au droit de la cuvette Cornaille	156	Ouest	Herbier moyennement dense (30%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule uninervis</i> , <i>Halophila</i> sp.) et continu sur sable gris. Couverture en algues modérée (20%) : algues brunes et cyanobactéries. Epiphytes sur phanérogames : niveau 2 (modéré). Bon état de santé général de l'herbier.	Faible
	157	Sud	Herbier très dense (90%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule uninervis</i>) et continu sur sédiments sablo-vaseux. Couverture en algues limitée (10%) : algues	Faible

Cours d'eau	WPT	Localisation du WPT / creek	Observation	Appréciation du niveau de dystrophie (à dire d'expert)
			brunes. Epiphytes sur phanérogames : niveau 2 (modéré). Bon état de santé général de l'herbier.	
Rivière de Deva	190	Ouest	Herbier dense (80%) mixte (<i>Halodule pinifolia</i> (littoral), <i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halophila</i> sp. (lagon)) et continu sur sable gris. Couverture en algues limitée (10%) : algues brunes. Epiphytes sur phanérogames : niveau 1 (faible). Bon état de santé général de l'herbier.	Nul
	191	Ouest	Herbier moyennement dense (50%) mixte (<i>Halodule pinifolia</i> , <i>Halophila</i> sp.) et continu sur sédiments sablo-vaseux. Couverture en algues limitée (10%) : algues brunes. Epiphytes sur phanérogames : niveau 2 (modéré). Bon état de santé général de l'herbier.	Faible
	193	Sud	Herbier moyennement dense (30%) mixte (<i>Halodule pinifolia</i> (littoral), <i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halophila</i> sp. (large)) et continu sur sable gris. Couverture en algues limitée (5%) : algues brunes, <i>Avrainvillea</i> . Pas d'épiphytes sur phanérogames. Etat de santé général de l'herbier : moyen.	Nul
Creek Marie Fournier	214	Ouest	Herbier moyennement dense (40%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule uninervis</i>) et en patchs sur sable gris. Couverture en algues limitée (2%) : algues brunes. Epiphytes sur phanérogames : niveau 1 (faible). Bon état de santé général de l'herbier.	Nul
	215	Ouest	Herbier très dense (90%) monospécifique (<i>Thalassia hemprichii</i>) et continu sur sable et affleurements de dalle. Couverture en algues limitée (2%) : <i>Halimeda cylindracea</i> , <i>Sargassum deccurens</i> , <i>Padina</i> sp.. Epiphytes sur phanérogames : niveau 1 (faible). Bon état de santé général de l'herbier.	Nul
	216	Est	Herbier dense (70%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> ; <i>Halodule pinifolia</i> (littoral)) et continu sur sédiments sablo-vaseux. Couverture en algues limitée (1%) : algues brunes. Epiphytes sur phanérogames : niveau 2 (modéré). Bon état de santé général de l'herbier.	Nul
	217	Est	Herbier très dense (95%) monospécifique (<i>Thalassia hemprichii</i>) et continu sur sédiments sablo-vaseux. Couverture en algues limitée (1%) : <i>Dictyota</i> , gazon algal, cyanobactéries. Epiphytes sur phanérogames : niveau 2 (modéré). Etat de santé général de l'herbier : moyen.	Seule zone d'herbier qui pourrait potentiellement présenter un risque de dystrophie. La proximité de la Faille de Poé (300 m) réduit ce risque (renouvellement des eaux)
	221	Sud	Herbier moyennement dense (50%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule uninervis</i>) et fragmenté sur fonds de sable et dalle corallienne affleurante. Couverture en algues modérée (20%) : <i>Halimeda macroloba</i> , <i>Halimeda cylindracea</i> , algues brunes, <i>Sargassum deccurens</i> , <i>Dictyota</i> , <i>Padina</i> . Aucun épiphytes sur phanérogames. Bon état de santé général de l'herbier.	Nul
Creek Bourbe	254	Sud	Herbier dense (80%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule uninervis</i>) et continu sur sable gris. Couverture en algues limitée (1%) : <i>Halimeda macroloba</i> , cyanobactéries. Aucun épiphytes sur phanérogames. Bon état de santé général de l'herbier.	Nul
Creek Citron	258	Ouest	Herbier très dense (95%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule pinifolia</i> , <i>Halophila</i> sp.) et continu sur sable gris. Couverture en algues limitée (1%) : algues brunes. Aucun épiphytes sur phanérogames. Bon	Nul

Cours d'eau	WPT	Localisation du WPT / creek	Observation	Appréciation du niveau de dystrophie (à dire d'expert)
			état de santé général de l'herbier.	
Creek Salé	270	Ouest	Herbier moyennement dense (40%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule uninervis</i> , <i>Halophila</i> sp. et <i>Cymodocea</i> sp.) et continu sur fonds sablo-vaseux. Couverture en algues limitée (10%) : <i>Halimeda macroloba</i> , <i>Sargassum deccurens</i> , cyanobactéries. Aucun épiphytes sur phanérogames. Bon état de santé général de l'herbier.	Nul
	280	Est	Herbier très dense (90%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Syringodium isoetifolium</i>) et continu sur sable gris. Couverture en algues limitée (1%) : <i>Dictyota</i> , cyanobactéries. Epiphytes sur phanérogames : niveau 1 (faible). Bon état de santé général de l'herbier.	Faible
	281	Est	Herbier dense (70%) mixte (<i>Halodule uninervis</i> , <i>Halophila</i> sp.) et continu sur sable gris. Couverture en algues nulle. Aucun épiphytes sur phanérogames. Bon état de santé général de l'herbier.	Nul
	282	Est	Herbier très dense (90%) mixte (<i>Thalassia hemprichii</i> , <i>Halodule pinifolia</i> , <i>Halophila</i> sp.) et continu sur sable gris. Couverture en algues limitée (1%) : algues brunes. Aucun épiphytes sur phanérogames. Bon état de santé général de l'herbier.	Nul

4.7 EVOLUTION TEMPORELLE

4.7.1 Analyse diachronique visuelle sur la période 1943-2014

L'évolution des herbiers peut s'analyser en termes de densité de couverture végétale : plus la biomasse d'herbier est élevée et plus la couleur de l'herbier apparaît sombre sur les clichés et contraste avec les fonds sédimentaires blancs ou gris clair.

Elle peut aussi s'analyser en terme d'extension/régression spatiale de l'enveloppe globale et de fragmentation : herbier continu, présentant plus ou moins de « trous » (= mitage) ou herbier se présentant sous forme de taches (communément dénommés « patchs ») sur un fond sédimentaire qui domine en terme de surface relative.

Les processus d'extension/régression peuvent se réaliser sur un gradient côte-large ou sur un gradient parallèle à la côte.

Dans notre cas d'étude, tous ces phénomènes sont visibles sur les clichés donnant à l'analyse un caractère particulièrement intéressant en termes de dynamique à long terme. Un autre élément particulièrement intéressant de ce cas d'étude est la présence d'un cours d'eau, le Creek Salé, dont l'embouchure se situe au centre de la zone couverte par tous les clichés exploités. La zone de sédiment nu au débouché et son évolution permet de fixer une référence et met en évidence le rôle moteur des apports terrigènes sur les herbiers littoraux.

Les planches qui suivent illustrent et décrivent l'évolution temporelle des herbiers situés au niveau de la zone Sud du lagon de Poé.

4.7.1.1 Photographie aérienne de 1943

En 1943, l'herbier apparaissait bien développé à l'Ouest du creek Salé. Il semble dense et continu au niveau de la frange côtière, un peu plus fragmenté au niveau de la frange lagonaire.

A l'Est du creek Salé, l'herbier est quasi-inexistant : on note la présence d'un étroit herbier côtier fragmenté (petits patches détournés en bleu sur la figure suivante) et d'un herbier peu dense qui s'étend vers le large (contour rose).

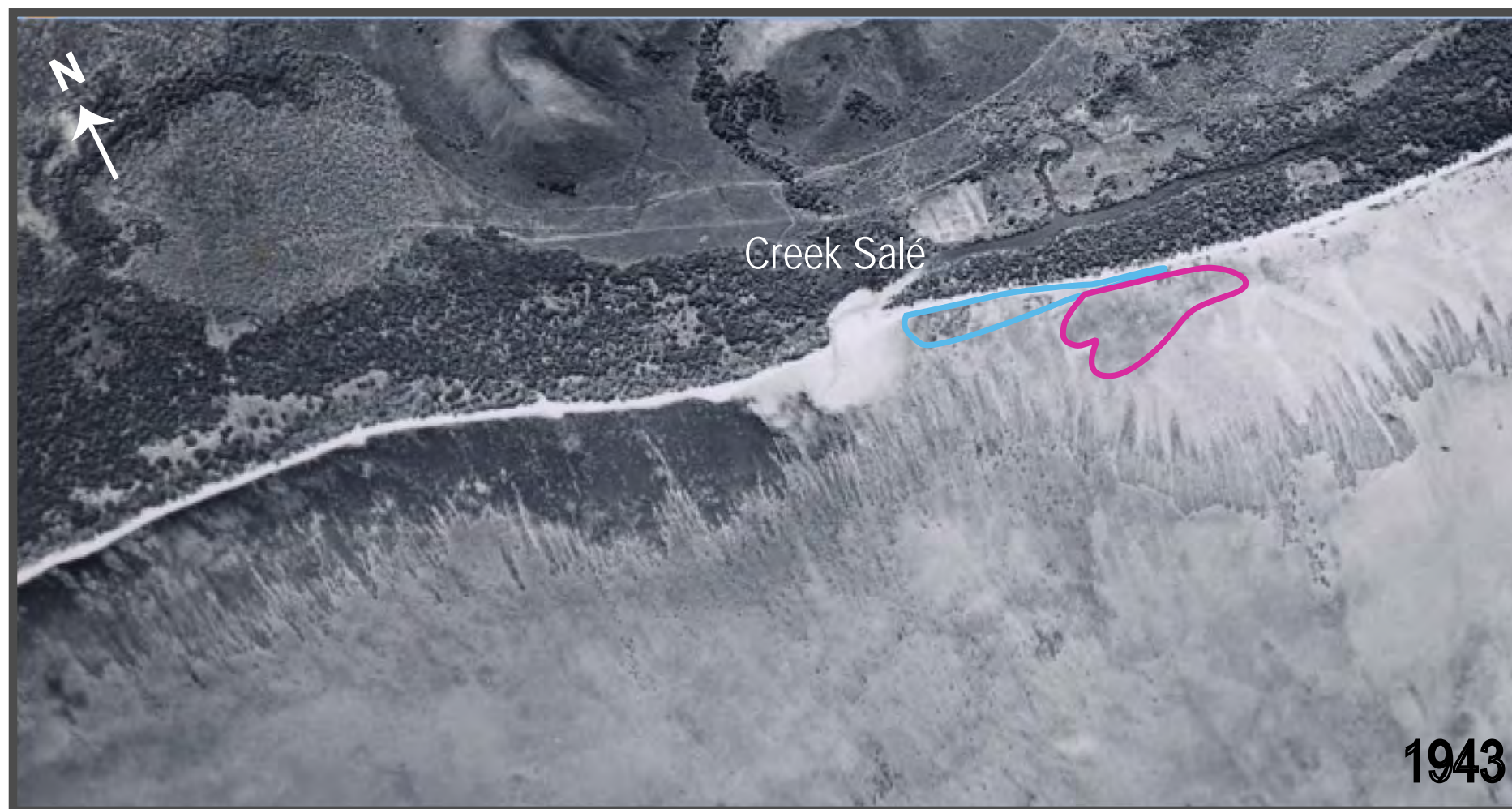


Figure 25 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 1943

4.7.1.2 Photographie aérienne de 1954

En 1954, comparativement à la situation décrite en 1943, on constate que :

- L'herbier situé à l'Ouest du creek Salé s'est densifié et étendu sur le pourtour Ouest Sud du cône de déjection ;
- A l'Est du creek Salé, l'herbier côtier fragmenté s'est étendu vers le large et le long du rivage. L'herbier situé plus au large s'est également densifié et étendu vers le large.

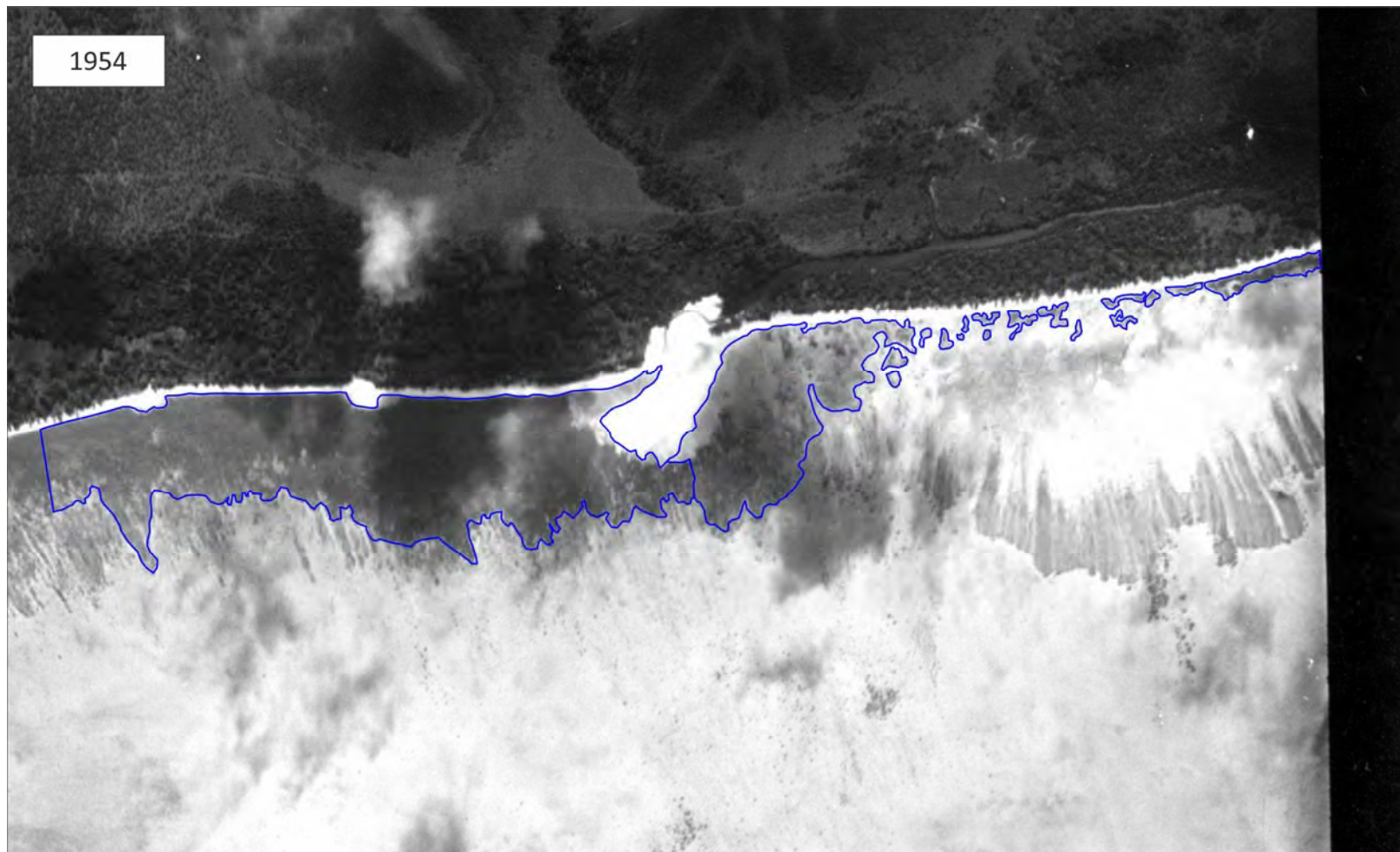


Figure 26 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 1954

4.7.1.3 Photographie aérienne de 1976

On constate sur le cliché de 1976 une modification du trait de côte au Nord-ouest de l'embouchure du creek Salé avec une extension du cône de déjection sableux vers l'Ouest.

Plusieurs faits sont marquants entre 1954 et 1976:

- A l'Est du creek Salé (zone de l'actuel camping sauvage), les patches d'herbier ont fusionné et constituent un herbier continu et très dense le long de la côte ;
- Des variations importantes au niveau de l'embouchure du creek Salé : recul à l'Est et à l'Ouest, recolonisation au Sud ;
- La limite inférieure de l'herbier située en bordure lagonaire au Sud du creek Salé semble avoir régressée mais il est probable que ce constat provienne d'une mauvaise appréciation de la localisation de l'enveloppe de l'herbier dans cette zone sur le cliché de 1954 (distinction délicate entre les fonds coralliens et les espaces d'herbier).

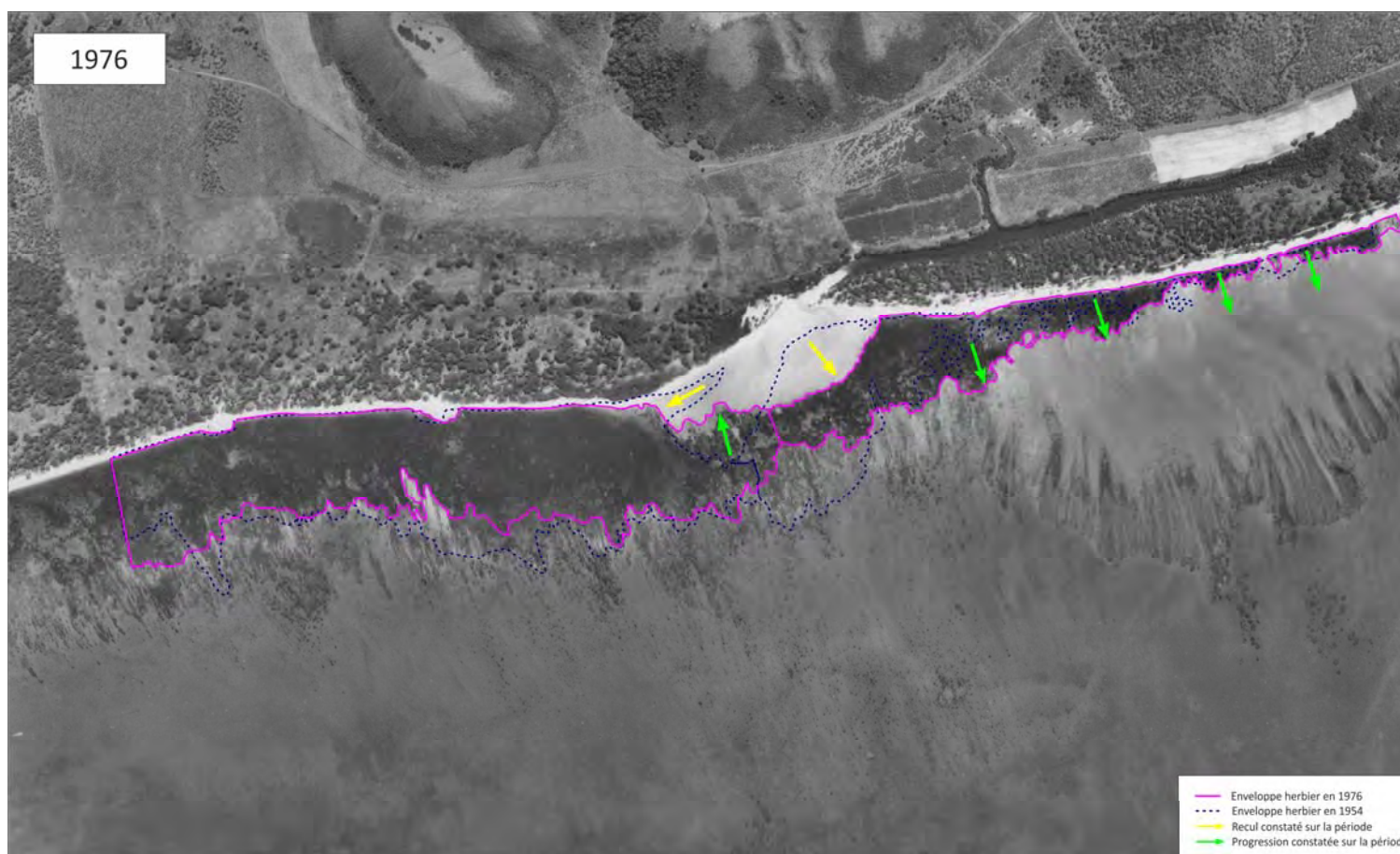


Figure 27 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 1976

4.7.1.4 Photographie aérienne de 1982

Entre 1976 et 1982, on observe :

- Une fragmentation de l'herbier au niveau de la Mutuelle des Fonctionnaires ;
- Pas d'évolution notable de la limite lagonaire de l'herbier au niveau du creek Salé ;
- Une légère extension de la limite côtière de l'herbier à l'Ouest du creek Salé.

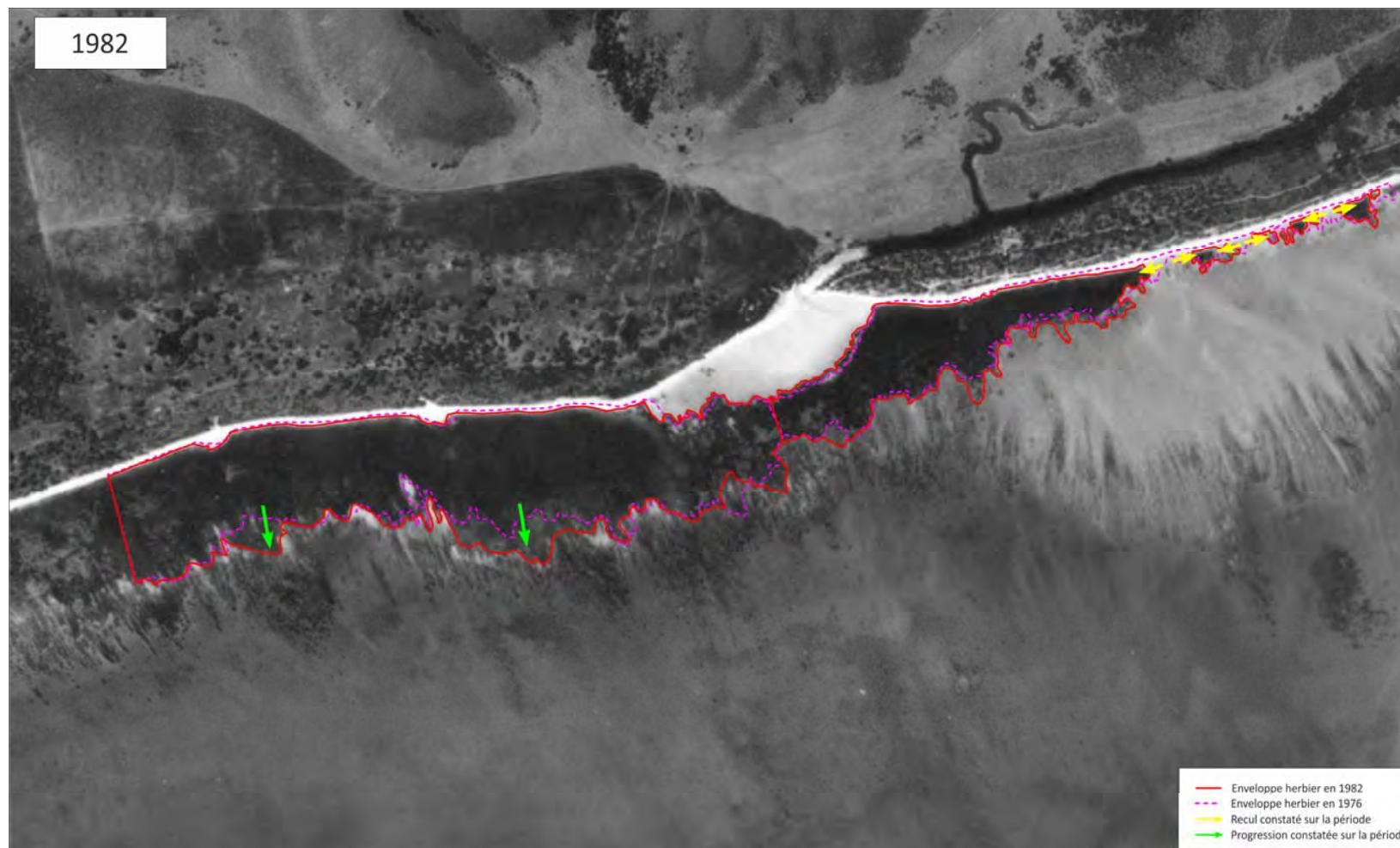


Figure 28 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 1982

4.7.1.1 Photographie satellite de 2003

Entre 1982 et 2003, on observe :

- Un remodelage du cône de déjection de l'embouchure du creek Salé, avec une légère extension vers le Sud et une recolonisation par l'herbier à l'Ouest (jusqu'à 190 m) ;
- Une densification de l'herbier au niveau du littoral de la Mutuelle des fonctionnaires : fragmenté en 1982, l'herbier y est dense et continu en 2003 ;
- Une extension générale de la surface d'herbier vers le large, sur l'ensemble de la zone d'étude : la surface totale d'herbier passe de 55 ha en 1982 à 89 ha en 2003.

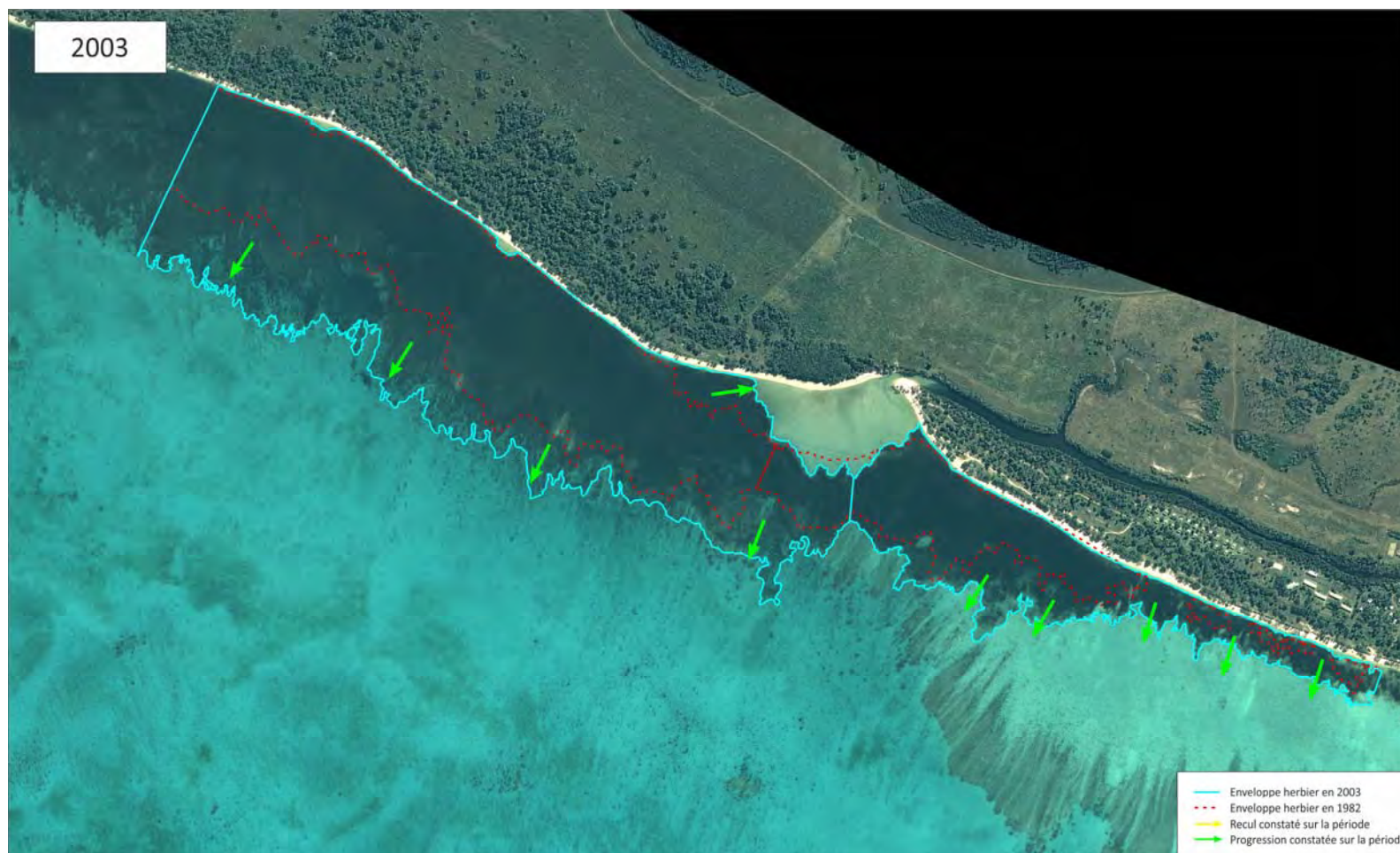


Figure 29 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 2003

4.7.1.2 Photographie satellite de 2007

Entre 2003 et 2007, on observe :

- Un nouveau cycle de fragmentation de l'herbier au niveau du littoral de la Mutuelle des fonctionnaires ;
- La poursuite de la tendance à la colonisation par l'herbier de l'Ouest du cône de déjection du creek Salé (environ 40 m) ;
- Ailleurs, on ne constate pas d'évolution notable de l'enveloppe de l'herbier.



Figure 30 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 2007

4.7.1.3 Photographie satellite de 2014

Entre 2007 et 2014, on observe :

- Une nouvelle densification de l'herbier au niveau de la Mutuelle des fonctionnaires ; fragmenté en 2007, il apparaît de nouveau continu et dense en 2014 ;
- La poursuite de la tendance à la colonisation par l'herbier de l'Ouest du cône de déjection du creek Salé (environ 40 m), associée à un recul de l'ordre de 30 m en limite Est ;
- Une légère extension des herbiers vers le large (vers les « fonds blancs »), à l'Ouest du creek Salé.



Figure 31 : Herbier de la zone Sud du lagon de Poé en 2014

4.7.2 Bilan

La figure suivante présente le bilan des localisations successives de l'enveloppe de l'herbier pour les différentes photographies historiques exploitées.

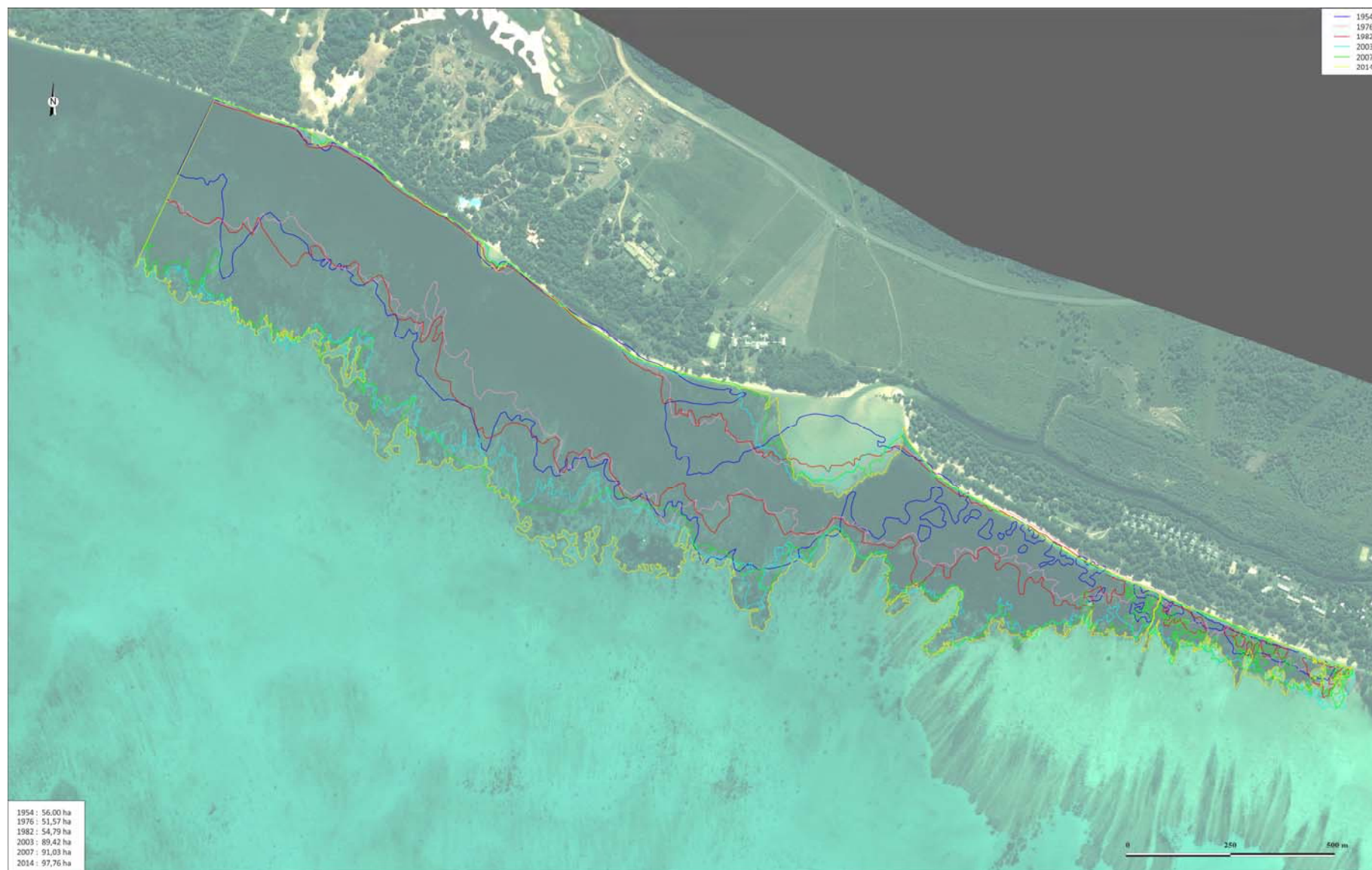


Figure 32 : Evolution spatio-temporelle de l'enveloppe de l'herbier de la zone Sud du lagon de Poé é entre 1954 et 2014

L'évolution spatio-temporelle de la limite lagunaire de l'enveloppe d'herbier présentée à la Figure 32 confirme les observations visuelles développées dans le paragraphe précédent et apporte des précisions en termes de surfaces et de localisation.

En l'espace de près de 40 ans, (1976-2014), 46 hectares ont été gagnés par l'herbier sur la zone d'étude, doublant presque sa surface, ce qui représente une évolution globale considérable.

Sur l'ensemble de la période, cela constitue une moyenne de 1,2 ha par an, ce qui bien entendu n'est qu'une résultante de la dynamique à court terme faite de périodes d'extension et de régression. Il reste que cette extension est une tendance lourde puisqu'il ne s'agit pas seulement d'une densification des patchs d'herbier dans l'enveloppe initiale mais bien une extension de cette enveloppe, principalement vers le large (vers le lagon), sur l'ensemble des limites initiales de 1976, mais aussi à l'est de l'embouchure du Creek Salé, le long du littoral.

Sur la dernière décennie, près de 10 ha ont été gagnés par l'herbier. L'évolution principale a eu lieu entre 2007 et 2014 (+ 7 ha). L'analyse précédente a montré que l'extension a été notamment caractérisée par le développement de zones d'herbiers en limite lagunaire de l'enveloppe globale, sous la forme de taches d'herbiers denses sur fonds sableux.

Hormis cette extension localisée, sur cette dernière décennie, l'herbier est stable (en extension et en densité) aux limites Est et Ouest de la zone d'étude, de même qu'au niveau de la frange côtière et en partie médiane de l'enveloppe d'herbier.

Au niveau de la zone d'influence du creek Salé, on remarque une évolution très caractéristique de la forme du cône de déjection sableux, liée à une légère modification de la direction des flux issus du cours d'eau : recul de l'herbier sur les parties Sud et Est du cône et colonisation de la partie Ouest. Le bilan en termes de variation de surface de la zone non végétalisée est nul, il ne s'agit donc pas d'un indice d'augmentation des flux issus du cours d'eau mais d'une simple modification de direction de ces flux.

Au droit du bâtiment central de l'hôtel Sheraton, se trouve un petit cône de déjection sableux. On peut constater un léger recul de l'herbier à ce niveau, particulièrement marqué entre 2007 et 2014, de l'ordre d'une vingtaine de mètres au sud et d'une dizaine de mètres à l'Ouest. Si cette régression n'est pas significative à l'échelle des surfaces totales, elle pourrait bien être un premier indice d'influence de la pression anthropique croissante sur ce secteur.

4.7.3 Analyse des causes possibles des évolutions constatées

Une image aérienne est ponctuelle constitue un instantané qui fournit la résultante des changements de surface de l'enveloppe de l'herbier depuis l'image précédente : c'est le bilan des pertes de surfaces induits par les phénomènes d'érosion, et des gains de surfaces induits par la colonisation des sédiments par les herbiers hors de l'enveloppe.

Pour interpréter les évolutions constatées entre deux dates, il s'agit de confronter les résultats de la comparaison des images avec la compilation des événements particuliers d'origine climatique et anthropique connus sur l'ensemble de la période, ainsi que des données disponibles sur les facteurs de forçage théoriques sur les herbiers, qui ont été identifiés précédemment dans la synthèse bibliographique.

Lorsque, comme c'est le cas pour les premières images disponibles, la période couverte est de plus de 20 ans, il convient de rappeler que des phases d'érosion et des phases d'extension ont pu se succéder pendant ce laps de temps important.

Néanmoins, il a été constitué un tableau synthétique dans lequel les principaux types de forçage sont identifiés ainsi que « l'intensité » de leur influence selon les périodes considérées.

Les « + » signifiant que l'action de ce facteur favorise l'expansion spatiale, les « - » favorisant la régression. Le nombre de « + » et « - » traduit « l'intensité » des facteurs dans l'évolution potentielle de l'herbier.

Il est évident que les variations constatées entre les différentes dates résultent d'une conjonction de facteurs plus ou moins favorables au développement de l'herbier et non à une cause unique.

Tableau 6 : Bilan des forçages pouvant participer aux variations de l'enveloppe de l'herbier

Facteurs de forçage	1940 - 1976	1976 - 1982	1982 - 2003	2003 - 2014
Flux de nutriments (apport des bassins versants via l'agriculture, l'élevage et les eaux domestiques) **	+	++	+++	++++
Crues majeures => débit + dessalure (source : Météo France NC)	13/03/1948 (-) 26/02/1951 06/02/1961 07/03/1975 (-)	12/02/1981 (-) 24/12/1981	12/01/1988 02/01/1989 11/02/1989 10/04/1989 10/03/1992 05/01/1994 27/03/1996 07/01/1997 20/02/1999 06/03/2002 (---) 13/03/2003 (---)	08/01/2005 14/01/2010
Houles et marées cycloniques (source : Météo France NC)	02/02/1940 (-) 26/02/1951 06/02/1961 (-)	24/12/1981 (-)	11/02/1989 (-) 10/03/1992 (-) 05/01/1994 07/01/1997 20/02/1999 06/03/2002 (---) 13/03/2003 (---)	08/01/2005 14/01/2010
Activités nautiques/touristiques **	Aucune activité	Aucune activité	Aucune activité	Fort développement des activités nautiques (kite surf, planche à voile, canoë...) (-)
Occupation humaine de la commune *	1956 : 2 212 hab. 1963 : 2 312 hab. 1969 : 2 433 hab. (-)	1976 : 3 149 hab. (-)	1983 : 3 410 hab. 1989 : 4 122 hab. 1996 : 4 364 hab. (-)	2004 : 4 779 hab. 2009 : 4 999 hab. 2014 : 5 444 hab. (-)
Occupation humaine du littoral de Poé **	Aucun résident sur Poé	Aucun résident sur Poé	1990-2000 : 5-6 familles	La population a triplé ces 10 dernières années

* Population recensée sur la commune de Bourail (source : ISEE) : à noter que la plupart des habitants de Bourail vivent dans les terres et au niveau du village.

** Enquête auprès de quelques habitants de Poé, de la mairie de Bourail et du Point I de Bourail

4.7.3.1 Flux de sels nutritifs

L'hypothèse qui apparaît comme la plus probable de l'évolution globale constatée est un enrichissement progressif du lagon en éléments nutritifs qui aurait favorisé la croissance des herbiers, induisant densification, augmentation de la biomasse et bonne santé des herbiers, d'où une facilitation de leur extension spatiale.

Dans les eaux oligotrophes coralliennes, la production des herbiers est en effet limitée par les nutriments présents dans la masse d'eau. Un enrichissement lié à un apport de matière organique particulière libérant des sels nutritifs lors de leur décomposition est un processus de fertilisation naturelle pour les herbiers.

L'explication de l'augmentation des apports nutritifs est à rechercher au niveau de l'augmentation des activités anthropiques, déforestation, agriculture, élevage sur les bassins versants de ce secteur, pas nécessairement au droit de la zone d'herbier mais plus largement sur ce grand secteur de lagon, et probablement même à l'échelle globale des eaux côtières de Nouvelle-Calédonie, comme dans la plupart des eaux côtières mondiales sur la période considérée.

Dans le tableau précédent, il a été indiqué par des +, ++, le rôle positif plus ou moins fort qu'ont pu jouer les apports de sels nutritifs par les eaux douces selon les périodes, en favorisant l'augmentant la production primaire globale y compris celle des herbiers. Cette appréciation est basée sur le développement croissant des activités agricoles sur les bassins versants qui concernent les eaux du lagon.

Il convient de souligner ici que les augmentations de biomasse et de production des herbiers ne sont pas proportionnelles aux augmentations de flux de nutriments, une petite augmentation dans des eaux oligotrophes (autour des années 50 par exemple) a pu avoir un effet de fertilisation induisant une très rapide augmentation des biomasses alors que la même augmentation dans des eaux déjà enrichies n'induit pas ou peu d'augmentation de biomasse. Il a déjà été souligné dans le rapport bibliographique que ce modèle s'inverse lorsque les eaux tendent vers l'eutrophisation et que l'augmentation de nutriments devient alors un facteur de régression de l'herbier, par un phénomène de glissement/substitution dans la production primaire qui se réalise préférentiellement via les algues macrophytes et microphytes au détriment des herbiers (et a fortiori des coraux). Il semble que cette inversion ne se soit pas (encore) produite dans le secteur de Deva et que les apports organiques globaux ne soient pas un frein, au contraire, à la production primaire sous forme d'herbier puisqu'il tend à s'accroître et que les algues (notamment cyanobactéries et algues épiphytes des feuilles de phanérogames pouvant enclencher un mécanisme d'inhibition) présentent pour l'instant un développement limité.

D'après les données du dernier Recensement Général Agricole (RGA, 2012), la commune de Bourail fait partie des communes possédant le plus grand nombre d'exploitations agricoles du territoire (384 exploitations recensées en 2012) et elle possède les plus grandes superficies agricoles utilisées et entretenues du territoire : SAU de 25 113 ha et SAE de 16 195 ha.

Les activités agricoles sont majoritairement tournées vers l'élevage et en moindre partie la polyculture, selon un système d'exploitation mixte. Une grande partie des terres agricoles est affectée aux pâturages (près de 24 000 ha), le restant (un peu plus de 1 000 ha) est utilisé pour les vergers, la culture des céréales, des tubercules, des légumes frais, etc. ou laissés en jachère. La commune possède les plus importantes cultures de légumes en plein champs du territoire, notamment les pommes de terre et les squashes, pour lesquelles des engrais chimiques sont utilisés.

Elle possède également le plus grand cheptel du territoire, avec 14 000 têtes de bovins (près de 20% du cheptel de la Nouvelle-Calédonie), dont 7 700 vaches allaitantes. L'élevage des porcins, ovins, cervidés, caprins, équidés, lapins et volailles est également pratiqué, sans atteindre des valeurs record pour la Nouvelle-Calédonie (valeurs moyennes). L'élevage des bovins étant extensif, il est susceptible de participer à l'érosion des sols (par la destruction du couvert végétal) mais a priori n'engendre pas d'enrichissement en éléments nutritifs dans les sols. En revanche, l'utilisation d'intrants sur les cultures concerne 70% des exploitations, s'agissant majoritairement de pesticides chimiques (insecticides, fongicides, herbicides) et d'engrais chimiques. Les quantités utilisées par exploitation ou par commune ne sont pas spécifiées dans le RGA de 2012.

Il est vraisemblable que des engrais et pesticides transitent jusqu'au lagon via le lessivage des sols lors des pluies.

4.7.3.2 Hydrodynamisme : houles cycloniques

L'impact des cyclones sur les herbiers peut être dévastateur. Lorsqu'une marée de tempête est associée à des vents violents, des mers de vent relativement fortes peuvent arriver à la côte, déferler sur le littoral, et être à l'origine de phénomènes érosifs.

Le matériel arraché (fragments d'herbiers avec la matrice des rhizomes et racines), qui n'a pas été directement dressé à la côte par les vagues, se trouve dispersé par les courants de retour induits par les déferlements au rivage et est exporté par les passes vers le large.

Les événements qui ont pu agir sur l'herbier de Deva ont été recherchés par analyse des données disponibles sur le site Météo France de Nouvelle-Calédonie. Seuls les événements qui ont concerné le secteur de Bourail ont été listés dans le Tableau 6.

Ces phénomènes peuvent agir sur les herbiers par :

- Les effets des fortes pluies pouvant provoquer des crues de rivière et donc potentiellement conduire à des modifications des limites de l'herbier autour du cône de déjection du Creek Salé ;
- Les effets des agitations exceptionnelles qui peuvent affecter les herbiers dans leur limite extérieure (côté large) et éventuellement côté rivage lors des déferlements sur la plage.

Entre 1976 et 1982, une fragmentation de l'herbier côtier à l'Est du Creek Salé a été mise en évidence (visible sur la photographie de 1982). Le passage du cyclone Gyan (décembre 1981), qui a longé toute la côte Ouest en générant une marée de tempête de +1 m, pourrait avoir participé à la fragmentation constatée le long du rivage.

Entre 1982 et 2003, le bilan de la surface de l'herbier est largement à l'extension malgré le nombre important de cyclones qui ont touché la côte Ouest. La longue période (plus de 20 ans) qui sépare les clichés ne permet pas de préciser les éventuels dégâts occasionnés au passage de chacun de ces événements. Il est possible que l'herbier ait

été rythmé par des phases de régression puis d'extension au cours de ces 20 années. Il reste que si les houles cycloniques ont pu impacter les herbiers, celles-ci n'ont pas inversé globalement la tendance à l'extension vers le large, puisque c'est sur cette période que l'accroissement annuel est le plus fort sur la période considérée (+1,64 ha par an).

Entre 2003 et 2014, peu de cyclones ont touché la côte Ouest en termes de houles et de marées exceptionnelles. Il n'y a aucun signe d'érosion des limites de l'herbier côté large et bien au contraire, on note une extension quasi continue tout au long de cette limite.

4.7.3.3 Flux d'eau douce : crues

Sans rentrer dans une rétrospective du nombre de crues par période, celui-ci est suffisamment élevé dans chacune d'entre elles pour expliquer les modifications de forme du littoral et du cône de déjection à l'embouchure du Creek Salé. Il est cependant impossible de présumer du rôle d'une ou plusieurs crues sur la restructuration du profil de rivage de l'embouchure.

Cependant, dans le cas du cliché de 1976, le passage du cyclone Alison en mars 1975 (soit moins d'un an avant le cliché), pourrait avoir participé aux modifications de la conformation de l'embouchure du Creek Salé par l'afflux d'eau douce et d'éléments terrigènes lors des fortes crues associées à son passage.

La dépression Des (2002) et le cyclone Erika (2003), qui ont longé la côte Ouest, sont également de bons candidats pour expliquer en partie la reconfiguration de l'embouchure et de son cône de déjection visible sur la photo de 2003.

Sur la période 2007-2012 (voir figure suivante), on constate que trois épisodes au moins (précipitations journalières supérieures à 100 mm) ont pu entraîner de fortes crues du Creek Salé, pouvant expliquer la modification de la forme de l'embouchure ayant entraîné la dynamique de l'herbier mise en évidence dans la zone de l'embouchure.

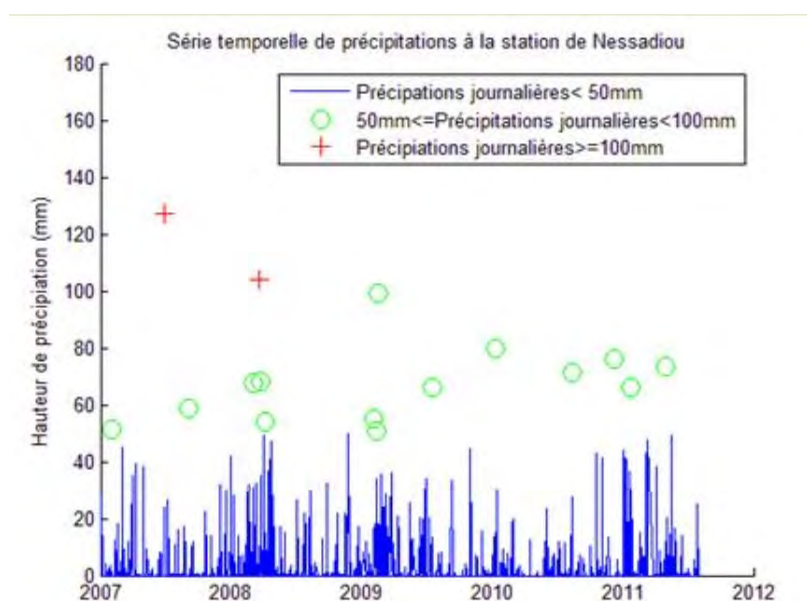


Figure 33 : Bilan des précipitations sur la période 2007-2012

4.7.3.4 Aménagements littoraux et fréquentation humaine du littoral

La majorité des aménagements présents sur Poé se situent sur une étroite bande littorale de part et d'autre de la route de Poé, soit sur environ 3 km de long allant de l'entrée du camping de Poé à la Mutuelle des Fonctionnaires. Bien que notre zone d'étude débute au Nord de la MDF, et ne comprenne elle-même que peu d'habitations (le CAP, une vingtaine de cabanons de bord de mer et l'hôtel Sheraton), elle se situe dans sa zone d'influence.

Les aménagements le long du littoral de Poé se sont succédés depuis les années 80 avec :

- La mise en place du camping de Poé en 1984,
- L'ouverture de la Mutuelle des Fonctionnaires en mars 1985 (25 bungalows et 24 studios),
- L'implantation du centre de vacances RFO dans les années 1980,
- L'ouverture du « Poé Beach Resort » en 1991, fermé en 2005,
- La construction du CAP (Centre d'Accueil Permanent) en septembre 2008,
- La construction de l'hôtel Sheraton en janvier 2014.

Les principaux aménagements de la zone d'étude sont donc récents : CAP (2008) et hôtel Sheraton (2014).

Selon les dires des habitants de Poé, aucune habitation n'était recensée sur Poé avant 1990, les terrains (alors nus) de Poé ayant été vendus par lots en 1987-1988, les constructions ont débuté quelques années après. Au début des années 90, seules 5 ou 6 familles résidaient sur Poé et la zone était alors fréquentée par quelques dizaines de campeurs locaux. C'est à partir du milieu des années 2000 que la fréquentation humaine de Poé a réellement démarré, suite à la vente des bungalows du Poé Beach Resort en maisons individuelles à des particuliers venus de l'extérieur de la commune. Ces 10 dernières années ont été marquées par une hausse phénoménale de la fréquentation du littoral de Poé. Certains terrains du bord de mer ont été morcelés pour être vendus à des particuliers, certains terrains ont été aménagés en gîtes ou camping, Poé est aujourd'hui devenu un haut lieu du tourisme en Nouvelle-Calédonie. Les gîtes et camping sont depuis quelques années surpeuplés en période de week-ends et de vacances scolaires, sans oublier l'afflux humain massif lors de la Foire de Bourail en septembre. Selon certains habitants de Poé, la population résidente de Poé a triplé ces 10 dernières années.

Il est à noter qu'aucune station d'épuration n'existe sur Poé, toutes les habitations sont dotées de systèmes d'assainissement individuels (fosses septiques). Compte tenu de la proximité du creek Salé, il est très probable que ces fosses septiques se déversent en partie dans ce dernier, notamment lors des inondations. Il a par ailleurs été indiqué (par un habitant de Poé et gérant d'un gîte) que les vidanges des fosses septiques sont problématiques sur Poé, compte tenu de la disponibilité des entreprises pour les réaliser.

Ainsi, la présence de ces aménagements et la fréquentation induite ont de fortes chances d'avoir des conséquences sur la qualité des eaux du lagon via les eaux des cours d'eau qui s'y déversent. Il est probable que les augmentations des charges de matières organiques en provenance de ces aménagements aient pu participer à la hausse des apports en éléments nutritifs favorable à une extension de l'herbier. Néanmoins, nous ne disposons pas d'éléments concrets (suivi historique de la qualité des eaux) permettant de confirmer cette hypothèse.

4.7.3.5 Activités touristiques

Les activités touristiques sur Poé sont principalement axées sur les activités nautiques. L'office du tourisme de Bourail recense plusieurs prestataires touristiques sur la zone, dont les activités sont :

- La pratique du canoë, kayak, planche à voile, windsurf, funboard, hobbie cat, stand-up paddle ;
- La découverte des fonds marins en randonnée palmée ou en bateau à fond de verre ;
- La pratique du kite-surf.

Depuis peu, l'hôtel Sheraton propose également un circuit de découverte des récifs au travers de la visite d'un sentier sous marin situé sur la barrière interne du récif au droit de l'hôtel.



A ces activités se rajoute la fréquentation élevée de la plage de Poé par les baigneurs.

L'impact de ces activités sur les herbiers se manifeste par la fragmentation de ces derniers sous l'effet du piétinement, comme cela est bien visible au droit du camping de Poé.

Figure 34 : Fréquentation de la plage de Poé par les baigneurs et fragmentation de l'enveloppe d'herbier (crédit : S. Job).

4.7.3.6 Dynamique hydrosédimentaire

Au stade actuel, les informations disponibles et les outils mis en œuvre ne permettent pas de décrire avec précision l'ampleur de la contribution des différents processus (rôles de la marée, des vents, des écoulements des cours d'eau, ...) sur la dynamique hydro sédimentaire de la zone d'étude.

C'est pourquoi, dans le cadre de la présente étude de faisabilité, nous nous efforcerons de fournir une description schématique de la dynamique hydro sédimentaire du site, basée sur une approche naturaliste.

Cette description devra être complétée par des mesures de terrain ultérieures si d'éventuels aménagements venaient à être préconisés, puis conçus et dimensionnés.

Profil de plage

La plage aérienne observée le long du littoral situé au droit des installations du complexe hôtelier présente les caractéristiques suivantes (voir Figure 35) :

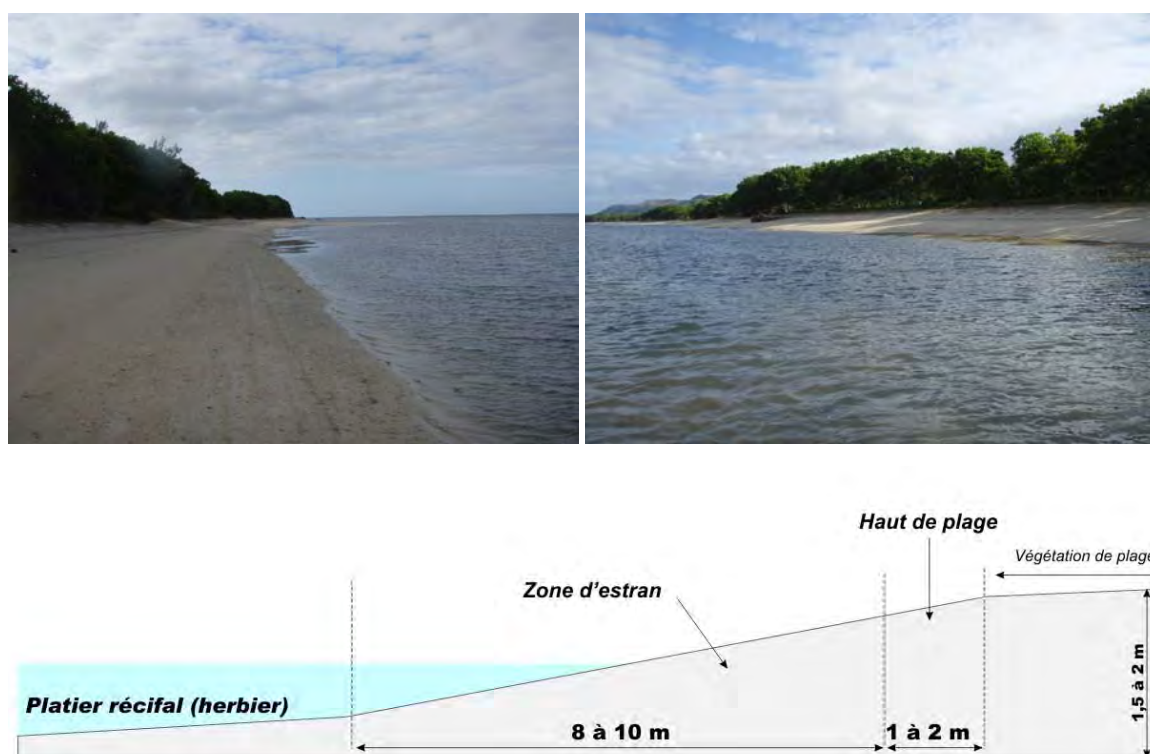


Figure 35 : Description de la plage aérienne observée sur la zone d'étude

- La zone d'estran, large d'environ 8 à 10 m, présente une faible pente (environ 15%) avec une augmentation progressive de la granulométrie à mesure que l'on se rapproche de la laisse des plus hautes eaux.
- Le haut de plage, large de 1 à 2 m, possède un sable de granulométrie plus fine. On constate que celle-ci augmente en profondeur : on observe des débris coquilliers et des fragments de corail mort.

Ce profil-type n'est pas observé au niveau de « l'embouchure » de 2 cours d'eau temporaires répartis sur le littoral de la zone d'étude. Au niveau de ces sites, on constate la présence d'une micro-falaise (haute de moins de 50 cm) qui montre une action érosive ponctuelle (voir Figure 36).



Figure 36 : Plage aérienne au niveau de l'embouchure des cours d'eau temporaires

Sources d'apports en matériel sableux

Le sable qui compose le système sédimentaire de la zone d'étude associe des matériaux ayant 2 origines :

- Une origine terrigène : matériel issu des massifs et charriés par les cours d'eau,
- Une origine marine : matériaux carbonatés issus de la production planctonique et de la désagrégation des formations récifales et de la macrofaune (débris coralliens et coquilliers).

Contributions terrigènes

Les cours d'eau constituent les sources des matériaux d'origine terrigène qui alimentent le système sédimentaire de la zone d'étude. On dénombre 3 sources d'apports (voir figure suivante) :

- Le Creek Salé.
En raison de la surface du bassin versant qu'il draine et de sa nature pérenne, ce cours constitue vraisemblablement le contributeur majeur à l'alimentation de la zone d'étude en sable. L'étendue du cône de déjection présent au niveau de son embouchure atteste de la capacité de charriage de ce cours d'eau. Les variations de la forme et de la surface de ce cône de déjection, décrites dans la phase 2 de la présente étude, témoignent des capacités d'apports au littoral de matériel sableux lors de crue provoquées par des épisodes pluvieux significatifs.
- Les deux cours d'eau temporaires présents dans l'enceinte du complexe hôtelier (creek bourbe et creek citron). L'existence de ces cours d'eau au fonctionnement non permanent est attestée par la présence de petits cônes de déjection au littoral. Ces formations indiquent que :
 - Lors d'événements pluvieux suffisamment intenses pour provoquer la mise en charge des thalwegs, ceux-ci constituent des axes d'écoulement propice au charriage au littoral du matériel sableux présent en arrière plage,
 - La fréquence de ces apports s'avère suffisamment importante pour maintenir au niveau de leur embouchure un petit stock pérenne de sable non colonisé par l'herbier (cône de déjection).

Contributions biogènes

Les matériaux constitutifs du système littoral de Déva présentent une part non négligeable de matériel d'origine maritime. Il s'agit ainsi de matériaux carbonatés produits par les organismes aquatiques :

- Corail,
- Algues calcaires,
- Coquillages,
- Echinodermes,
- ...

Le matériel minéral ainsi produit, après avoir subi une fragmentation, présente une granulométrie lui permettant de figurer dans le cortège des matériaux constitutifs du sable de la zone d'étude.

Différents facteurs concourent à la fragmentation du matériel carbonaté :

- L'érosion mécanique sous l'effet des phénomènes induits par les conditions météo-océanologiques (déferlement, transport, ...),
- La dégradation d'origine biologique avec notamment les animaux corallivores, détritivores et brouteurs.

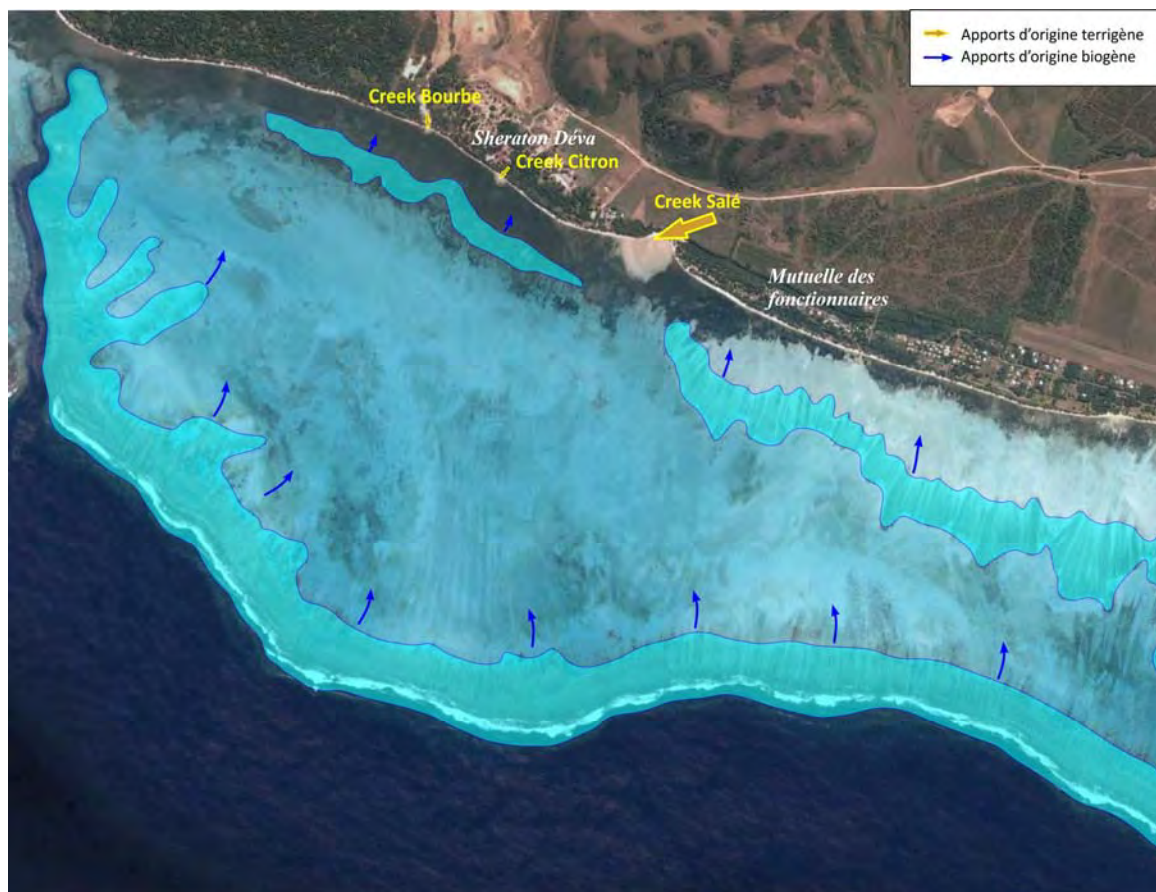


Figure 37 : Identification des sources d'apports en matériel sableux

Forçage tidal (circulation induite par la marée)

Il ressort des mesures de courants réalisées dans la zone d'étude et de l'observation des photos aériennes que le forçage tidal se traduit au niveau de la zone d'étude par un mouvement général des masses d'eau orienté du Sud-est vers le Nord-est.

Il semble en effet que l'onde de marée pénètre dans le lagon de Poé par le Sud, par le franchissement du récif barrière, assurant le « remplissage » du lagon à marée montante (flot). A marée descendante (jusant), la « vidange » s'effectue par la faille de Poé qui constitue le « siphon d'évacuation » du lagon de Poé.

Dans la zone des fonds blancs, les contours des formations algales qui s'y développent confirment la courantologie induite par la marée

Dans la zone du platier littoral, les faibles fonds et la présence du récif intermédiaire réduit l'occurrence et l'intensité des déplacements observés. Néanmoins, ces sites s'inscrivent également dans la circulation générale décrite ci-dessus.



Figure 38 : Schéma de la circulation induite par le forçage tidal

4.7.4 Discussion

Dans le cadre de cette analyse diachronique, nous ne disposons pas d'éléments permettant de raisonner sur d'éventuels remplacements d'espèces de phanérogames par d'autres. Il est certain que les processus d'extension/régression impliquent à petite échelle cette dynamique interspécifique classique de tout mécanisme de recolonisation où les espèces au comportement opportuniste (petites, au cycle court et au fort pouvoir de reproduction ; dites à stratégie R ; *Halophila* par exemple) jouent le rôle d'espèces pionnières qui facilitent l'installation des plus grandes espèces (au cycle plus long ; dites à stratégie K ; les *Cymodocées* par exemple) qui vont peu à peu remplacer, ou tout au moins dominer, les populations des espèces pionnières.

L'analyse géomatique des trois dernières images exploitables illustre et confirme ces processus et mécanismes : une extension globale, bien que modérée, est présente et cohérente avec l'analyse visuelle à l'échelle de l'ensemble de la période. La bordure littorale au niveau de l'estran constituant une frontière limitant l'extension de l'herbier par exondation à marée basse, celle-ci se réalise vers le centre du lagon sur la zone d'étude. Comme cela a été dit plus haut, les petites variations des limites de l'herbier au fil des années sont quant à elles liées à la dynamique naturelle d'accrétion/érosion induite par les petits aléas climatiques normaux : pour les limites internes, elles dépendent vraisemblablement du débouché des rivières ou des écoulements temporaires ; pour les limites externes, elles dépendent également des houles et des forts clapots.

Cependant, il convient de souligner qu'à l'échelle de ces 10 dernières années, la résultante de ces deux types de facteurs de contrôle et de forçage :

- Global : favorisant l'extension via l'enrichissement organique
- Local : favorisant la régression via l'hydrodynamisme

La prudence tend à conclure sur un diagnostic de stabilisation des herbiers.

En effet, si 10 hectares gagnés en 10 ans sur une enveloppe d'herbier de près de 100 ha représentent un gain non négligeable (10%), pour les trois dates analysées, le nombre de situations temporelles analysées est insuffisant pour être certain que l'augmentation de surface n'entre pas dans l'amplitude de la variation interannuelle normale c'est-à-dire l'amplitude de la stabilité dynamique de l'herbier à l'échelle spatiale considérée.

Même si l'analyse visuelle des clichés antérieurs, inexploitable d'un point de vue géomatique, montre sans ambiguïté une **extension des herbiers depuis 1943**, et qu'il est probable que l'augmentation de surface mise en évidence par la comparaison spatiale des trois derniers clichés est une poursuite logique de cette tendance, on ne peut l'affirmer.

Cependant, la colonisation vers le large par les patchs denses entre 2007 et 2011 dans des zones où de l'herbier n'avait jamais été observé jusqu'à présent constitue malgré tout un élément qui soutient la thèse que le processus d'extension est toujours en place. Il n'y a pas d'indice laissant entendre que l'extension pourrait être liée à un facteur climatique global, cycle solaire par exemple comme cela a déjà été évoqué parfois pour expliquer des phases d'extension/régression des herbiers, d'autant que ces cycles ont des durées largement inférieures à la période 1943- 2014 analysée ici.

Dans ce contexte, le processus global de fertilisation des eaux du lagon apparaît particulièrement influent pour expliquer l'expansion spatiale des herbiers, expansion modulée par des événements stochastiques locaux, d'origine hydroclimatique (crues et houles) principalement, ayant modifié à petite échelle les contours de l'enveloppe de l'herbier dans leurs limites côté large ou côté rivage.

Il est également possible que ce processus de fertilisation soit concomitant à une accumulation progressive de matériaux meubles au littoral, offrant une plus grande surface de substrat propice à l'implantation et au développement de l'herbier.

5. DESCRIPTION DE L'HERBIER DE LA BAIE DE KANUMERA

5.1 LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les investigations de terrain ont porté sur les espaces situés dans la baie de Kanuméra, comme indiqué à la figure suivante.

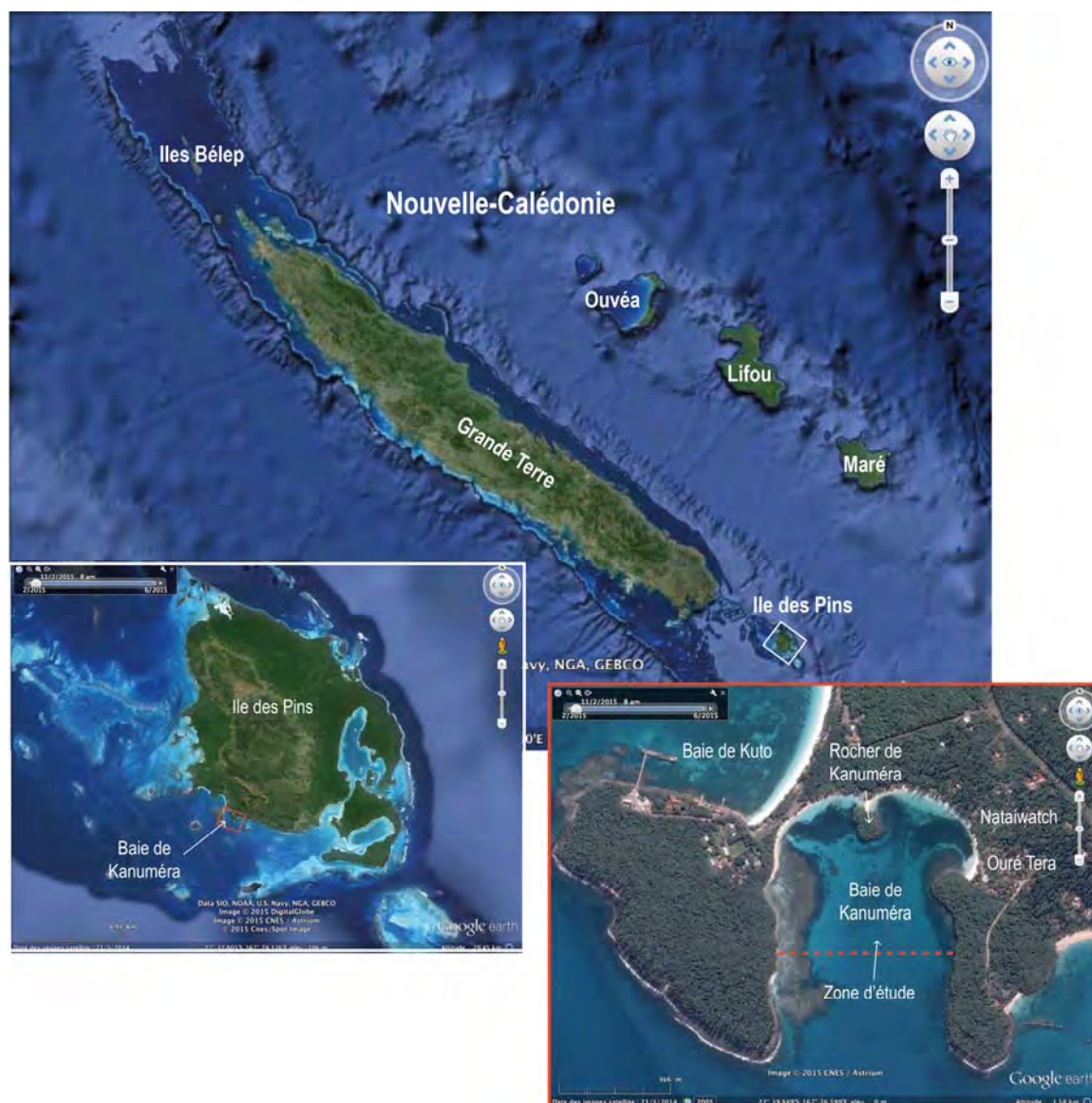


Figure 39 : Délimitation de la zone d'étude de l'herbier de la baie de Kanuméra

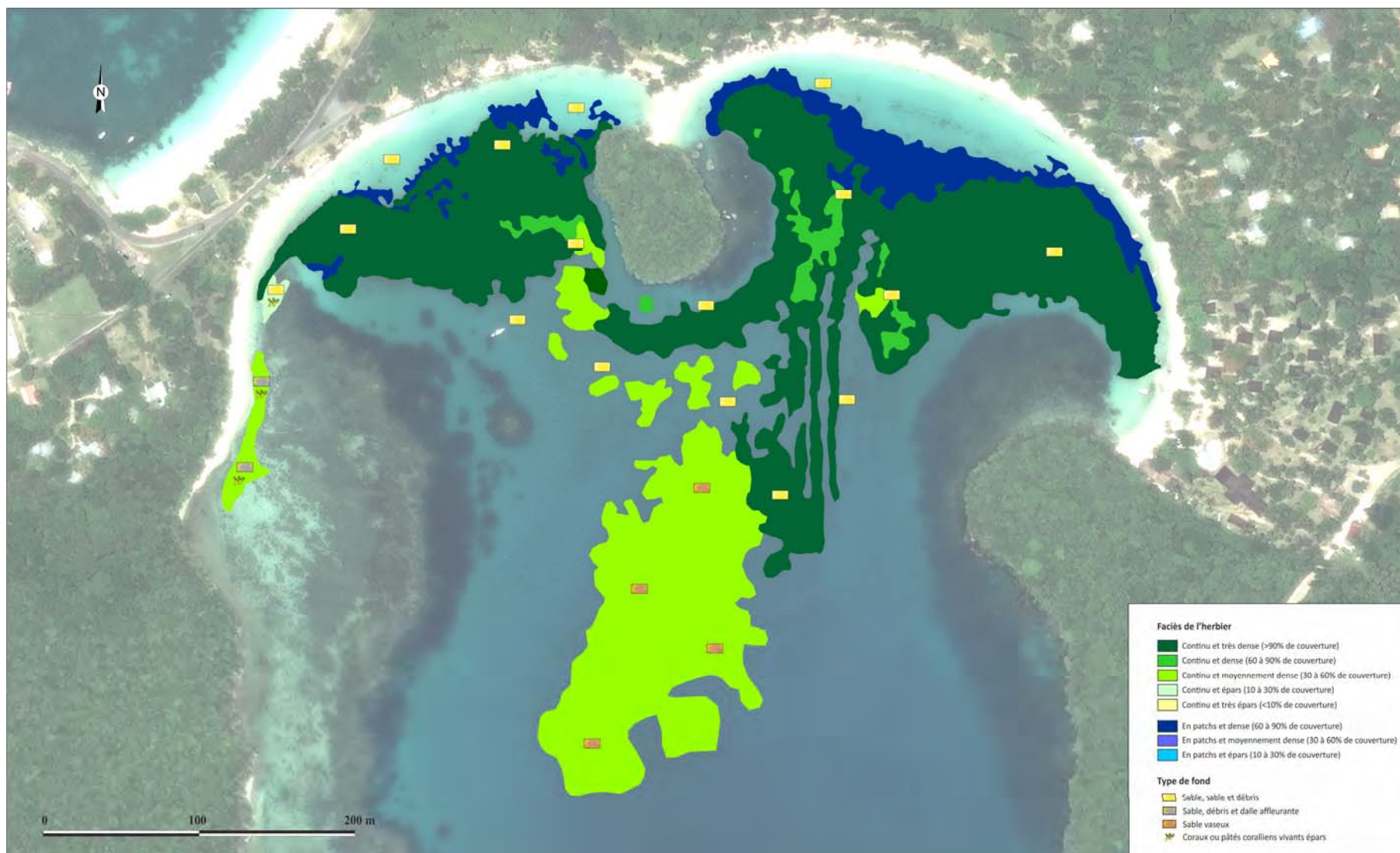


Figure 40 : Carte de l'herbier de la baie de Kanuméra

5.2 ENVELOPPE GLOBALE

Au sein de la baie de Kanuméra, l'enveloppe globale de l'herbier est de 9,37 ha.

5.3 PERENNITE DE L'HERBIER

Le tableau suivant présente les surfaces occupées par les différents types de substrat au sein de la baie de Kanuméra, qui nous renseigne sur le maintien potentiel de l'herbier sur le long terme.

Au sein de la baie de Kanuméra, les fonds meubles (sable blanc corallien) prédominent, couvrant 98% des fonds marins où de l'herbier est présent. Cela laisse présager qu'en l'absence de perturbations majeures (naturelles ou anthropiques), cette enveloppe d'herbier va se maintenir dans le temps. Les seuls fonds indurés supportant un herbier (de taille réduite, 0,14 ha) sont situés sur le platier de la façade ouest de la baie.

Tableau 7 : Surfaces d'herbier de la baie de Kanuméra pour les différents types de substrat

Localisation	Types de substrat	Surfaces (ha)	Pérennité de l'herbier
Baie de Kanuméra	Fond corallien	0	Non/oui
	Fond meuble	9,23	Oui
	Fond meuble avec affleurements de dalle corallienne	0,14	Non

5.4 FRAGMENTATION

Le tableau suivant présente les surfaces occupées par les herbiers continus et fragmentés (en « patches »), au sein de la baie de Kanuméra.

Les herbiers continus sont très largement majoritaires, couvrant près de 90% de l'enveloppe globale de l'herbier. Les herbiers fragmentés sont essentiellement situés en bordure côtière de la baie de Kanuméra.

Tableau 8 : Surfaces d'herbier de la baie de Kanuméra selon leur fragmentation

Localisation	Fragmentation	Surfaces (ha)
Baie de Kanuméra	Herbier continu	8,45
	Herbier en patches	0,92

5.5 TAUX DE RECOUVREMENT

Le tableau suivant présente les surfaces occupées par les herbiers continus et fragmentés (en « patches »), selon leur taux de recouvrement, au sein de la baie de Kanuméra.

Au sein de l'enveloppe d'herbier continu, ce sont les herbiers très denses (taux de recouvrement en phanérogames > 90%) qui dominent, colonisant la partie peu profonde de la baie (jusqu'à 3-4 m de profondeur). Les herbiers moyennement denses sont bien représentés, couvrant des fonds plus profonds (5-7 m de profondeur), à l'entrée de la baie.

Concernant les herbiers fragmentés, il s'agit exclusivement de taches d'herbier denses (taux de recouvrement = 60-80%) sur fonds sableux.

Tableau 9 : Surfaces d'herbier de la baie de Kanuméra
selon leur taux de recouvrement

Localisation	Fragmentation	Taux de recouvrement	Surfaces (ha)
Baie de Kanuméra	Herbier continu	<10%	0
		10-20%	0,03
		30-50%	2,89
		60-80%	0,27
		>90%	5,36
	Herbier en patchs	<10%	0
		10-20%	0
		30-50%	0
		60-80%	0,92
		>90%	0

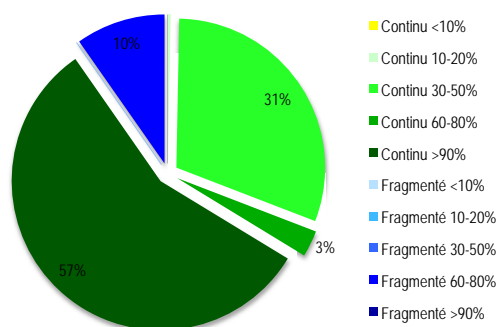


Figure 41 : Répartition des différents faciès d'herbiers marins au sein de la baie de Kanuméra

5.6 EVOLUTION TEMPORELLE

5.6.1 Analyse diachronique visuelle sur la période 1954 - 2014

5.6.1.1 Photographie aérienne de 1954

En 1954, les herbiers se situent principalement dans l'anse Ouest et sur le flanc Sud de l'anse Est de la baie de Kanuméra (au droit de la zone d'implantation de l'actuel Ouré Téra). Quelques petites zones d'herbier sont présentes en bordure de plage à l'Est du rocher de Kanuméra.

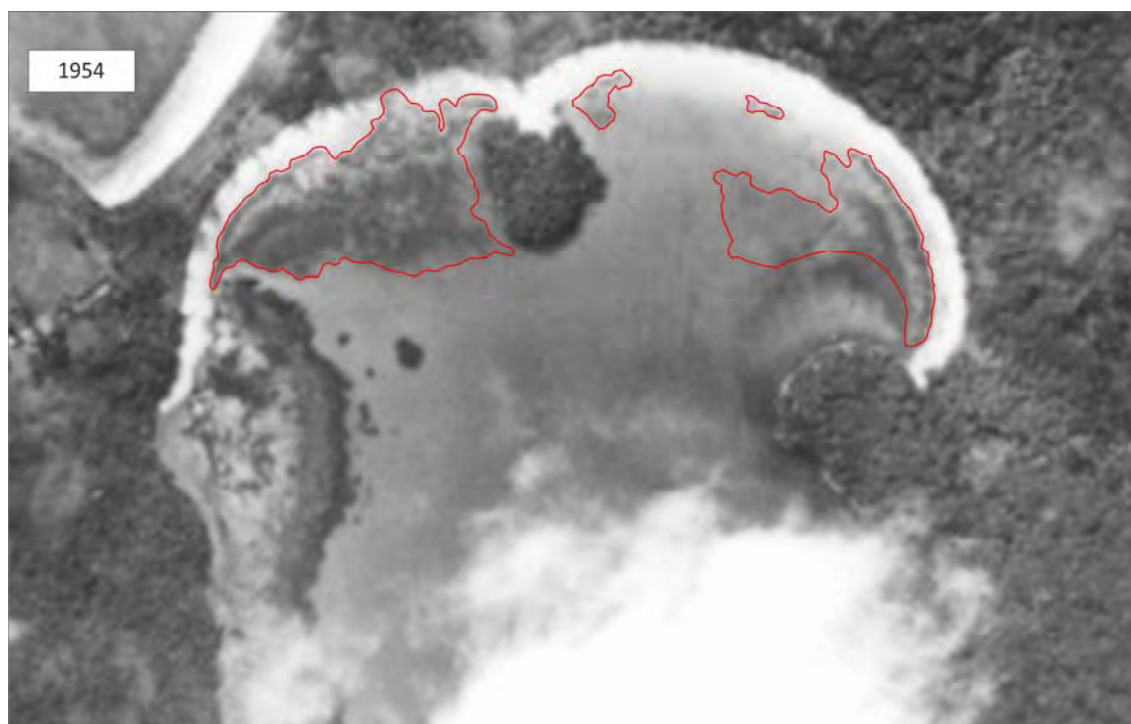


Figure 42 : Herbier de la baie de Kanuméra en 1954

5.6.1.2 Photographie aérienne de 1976

La situation des herbiers en 1976 est très différente de celle de 1954.

En 22 ans, les herbiers ont colonisé l'essentiel des fonds sableux des deux anses. Occupant 1,6 ha en 1954, il couvre 3,2 ha en 1976.

Dans l'anse Ouest, déjà bien occupée par les herbiers en 1954, il s'agit essentiellement d'une extension vers le large et une densification des patchs. Dans l'anse Est, il s'agit d'une occupation très importante sur tout le fond sédimentaire, du bord de plage, où la zone la plus proche du rocher de Kanuméra est continue tandis que la zone centrale de la plage est un ensemble dense de patchs. L'herbier diffus qui existait en 1954 sur la partie Sud de l'anse s'est considérablement densifié et est devenu continu en s'étendant vers le centre de la plage.

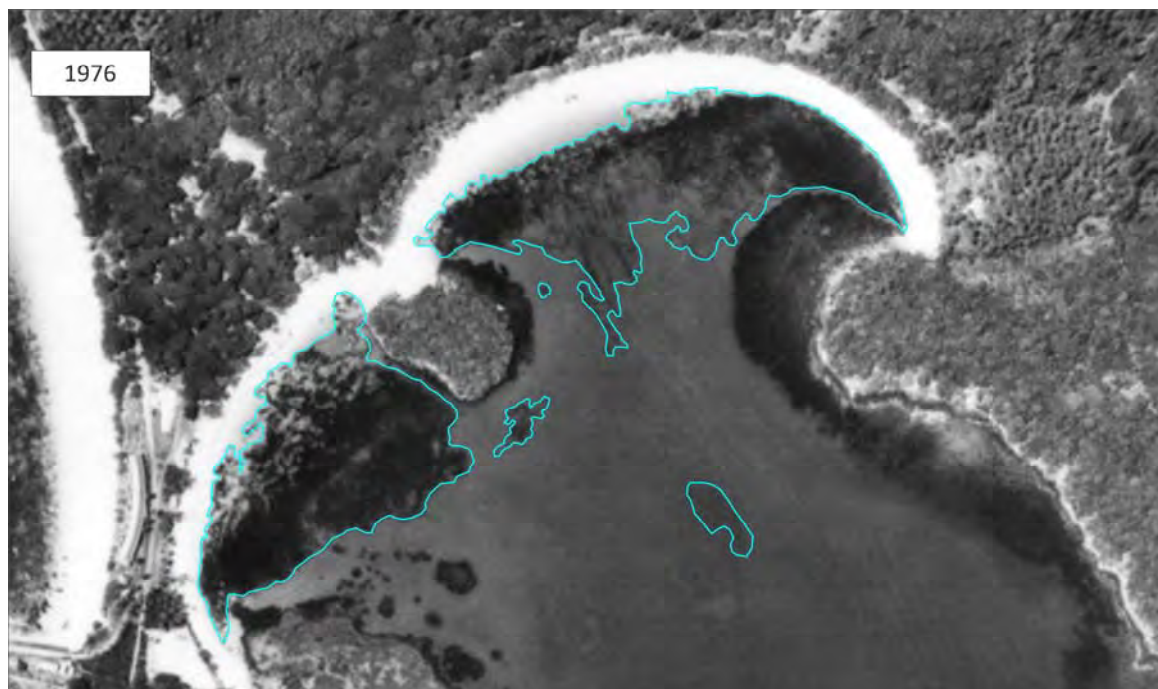


Figure 43 : Herbier de la baie de Kanuméra en 1976

5.6.1.3 Photographie aérienne de 1997

La situation de 1997 marque une nouvelle tendance d'évolution des herbiers.

En effet, si dans l'anse Est les herbiers ont continué à progresser vers le large en profondeur, dans plusieurs secteurs on note une régression de l'herbier et en particulier sur les bordures de plage. Des zones de sable nu sont apparues au centre des deux plages en bordure de l'eau et se prolongent plus en profondeur par un herbier morcelé en patchs, et d'autre part l'élargissement d'un « chenal » en bordure de la zone de coraux qui constitue le flanc Sud de l'anse Ouest.

Il faut souligner une particularité de l'herbier qui s'étend en profondeur selon des axes assez parallèles séparés par des zones non végétalisées. Cette structure n'est pas un artefact ni un impact temporaire et ne peut s'expliquer que par une particularité du substrat qui empêche la colonisation par l'herbier. En effet, ces traits parallèles sont déjà visibles sur le cliché de 1954 et s'étendent loin vers le large.

Entre 1976 et 1997, on observe donc :

- Une expansion vers le large de l'herbier situé dans l'anse Est ;
- Une régression de l'herbier dans l'anse Ouest, avec notamment un élargissement d'un « chenal » dans la zone de transition entre le platier corallien et la zone d'herbier de l'anse Ouest.

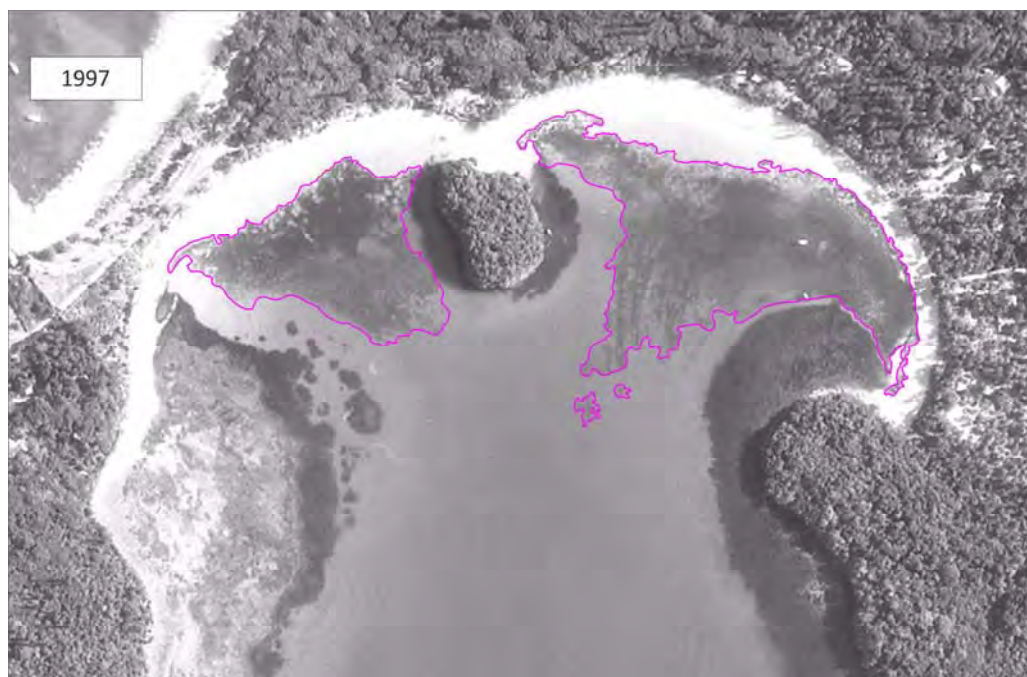


Figure 44 : Herbier de la baie de Kanuméra en 1997

5.6.1.4 Photographie satellite de 2007

La période 1997-2007 est marquée par une densification et une croissance générale de l'herbier, passant de 5,5 ha en 1997 à 7,1 ha en 2007.

Le « chenal » à l'ouest s'est légèrement refermé, l'herbier s'est développé devant le rocher de Kanuméra, et il a atteint la bordure de la zone corallienne qui borde le rocher à l'ouest et à l'est. L'herbier a poursuivi son extension vers le large en suivant les axes parallèles signalés plus haut. Le seul secteur en régression se situe en bordure du platier récifal au droit de l'actuel Ouré Téra.



Figure 45 : Herbier de la baie de Kanuméra en 2007

5.6.1.5 Photographie satellite de 2013

La situation de 2013 montre une évolution complexe : il existe à la fois une tendance claire à l'extension de l'enveloppe globale de l'herbier particulièrement au centre en profondeur (de 7,1 ha en 2007 à 9,4 ha en 2013), mais aussi un morcellement de cet herbier au sein de l'enveloppe. Ce morcellement est particulièrement visible au centre des plages tout particulièrement dans l'anse Est. De plus dans cette anse, un véritable chenal sableux sépare maintenant l'enveloppe d'herbier du platier récifal.



Figure 46 : Herbier de la baie de Kanuméra en 2013

5.6.1 Bilan

La figure suivante présente le bilan des positions successives de l'enveloppe de l'herbier pour les différentes photographies exploitées.



Figure 47 : Bilan des positions successives de l'enveloppe de l'herbier de la baie de Kanuméra entre 1954 et 2013

5.6.2 Discussion sur les évolutions constatées

L'herbier de la baie de Kanuméra a subi de profondes évolutions depuis la situation révélée par le cliché de 1954, marquée par une forte extension spatiale, à la fois le long du rivage mais également en profondeur, vers l'entrée de la baie. **En l'espace de 60 ans, l'herbier de la baie de Kanuméra a doublé de surface.**

A cette tendance, se sont surimposées des phases de régressions/extensions concernant d'une part la limite côtière des herbiers (au centre des plages des deux anses), mais aussi les zones de contacts avec les platiers coralliens qui bordent ces anses.

L'hypothèse considérée comme hautement probable pour expliquer l'extension et la densification de l'herbier, réside, tout comme cela a été développé plus longuement dans le cas de Deva, dans **l'enrichissement global des eaux lagunaires en nutriments.**

L'origine de ces nutriments n'est a priori pas agricole, la baie de Kanuméra n'étant pas bordée de terres cultivées. Selon les dires d'un habitant de Kanuméra, aucun feu de grande ampleur ne s'est déclaré sur la zone terrestre adjacente sur les 30 dernières années, l'origine des nutriments est donc peu probablement liée à la déstructuration des sols. Par ailleurs, même si quelques cochons sont recensés autour des quelques habitations bordant la baie, ils restent peu nombreux, et ne sont probablement pas en cause dans une déstructuration éventuelle des sols.

La baie est bordée par huit habitations et deux structures d'hébergement : l'hôtel *Ouré Tera Beach Resort* et le gîte *Nataiwatch*. Sur les huit habitations, trois sont présentes depuis les années 50, tandis que les cinq autres sont plus contemporaines (construites dans les 20 dernières années). Concernant les structures d'hébergement, le gîte *Nataiwatch* a vu le jour en 1982 ; l'*Ouré Tera* a été construit en 2001 (ouverture fin 2002), sur le terrain où « Christine » proposait jusqu'alors de la restauration (petite structure familiale). Chaque structure possède son propre système d'assainissement individuel (fosse septique), dont la vidange est assurée par un prestataire privé sur l'île des Pins. En complément, il est important de signaler la présence dans le passé du Relais de Kanuméra, construit dans les années 1960 et dont l'exploitation s'est arrêtée en 1984. Il s'agissait à l'époque du seul hôtel de l'île des Pins et constituait un haut lieu du tourisme local.

Ainsi, il apparaît que la baie de Kanuméra a été, depuis les années 1960, un lieu abritant des structures de restauration et d'hébergement et fréquenté par des touristes, plus ou moins nombreux selon les époques. Il est donc fort probable que des **apports locaux (à l'échelle de la baie) en éléments nutritifs aient pu favoriser l'extension progressive de l'herbier.**

Pour rappel, l'analyse des photographies historiques a permis de mettre en évidence deux périodes où l'herbier a particulièrement régressé ou s'est fragmenté en bordure côtière : une période « ancienne » (entre 1976 et 1997) et une plus « récente », entre 2007 et 2013.

Nous émettons ici l'hypothèse de la fréquentation humaine des plages comme étant à l'origine de la et fragmentation de l'enveloppe d'herbier constatée en bordure de plage. Cette fréquentation induit des dégradations des herbiers peu profonds par leur piétinement, par l'accostage des bateaux, etc.

Comme indiqué plus haut, la baie de Kanuméra a depuis longtemps été un haut lieu du tourisme en Nouvelle-Calédonie, dont la fréquentation est croissante ces dernières années. Des paquebots de croisière font escale en baie de Kuto depuis le début des années 90, à un rythme qui s'accélère année après année. La fréquentation par les paquebots a doublé sur les cinq dernières années (de 55 navires pour 93 658 passagers en 2010 à 108 navires pour 219 316 passagers en 2014 ; www.isee.nc) ; les paquebots sont également plus gros et transportent donc plus de passagers. A chaque touché, ce sont des centaines de personnes qui se rendent en baie de Kanuméra pour profiter de la plage et des beautés de l'île des Pins, comme Nokanhui par exemple : des taxi-boats sont organisés pour amener les touristes depuis Kanuméra jusqu'au banc de sable de Nokanhui.

Concernant la régression de l'herbier côtier, compte tenu de son étendue, il est peu probable qu'elle soit en relation avec la fréquentation humaine. Cette évolution semble plus probablement liée à une modification des conditions du milieu. Etant donné la fermeture de la baie, avec un faible renouvellement des eaux en période de faible agitation, des ruissellements d'eau douce lors des fortes pluies sur une période de plusieurs jours même sans véritable rivière, auraient pu conduire à une dessalure importante en surface sur les premiers mètres en bordure du lagon, suffisante pour conduire à une mortalité des herbiers.

En termes d'agitations, l'ouverture de l'anse au Sud et la présence de platiers indurés en différents sites de la baie (Est, Ouest et centre) conduit à envisager de potentiels effets érosifs liés au déferlement des vagues, en particulier lors des épisodes de houles cycloniques, notamment au niveau de :

- La plage située à l'Est du rocher de Kanuméra,
- Les zones de transition entre les substrats durs et les sédiments meubles.

La dynamique sédimentaire potentiellement induite par ces forçages est susceptible d'entretenir une bande de sédiments mobiles qui empêche le développement d'espèces fixées dans le sédiment, animaux tubicoles, algues et herbiers. Ce phénomène pourrait participer, avec les causes anthropiques évoquées ci-dessus, aux évolutions constatées dans ces zones de contact récif/herbier, évolutions rapides et sans tendance précise.

ANNEXE 3 : Cartes de localisation des points de terrain

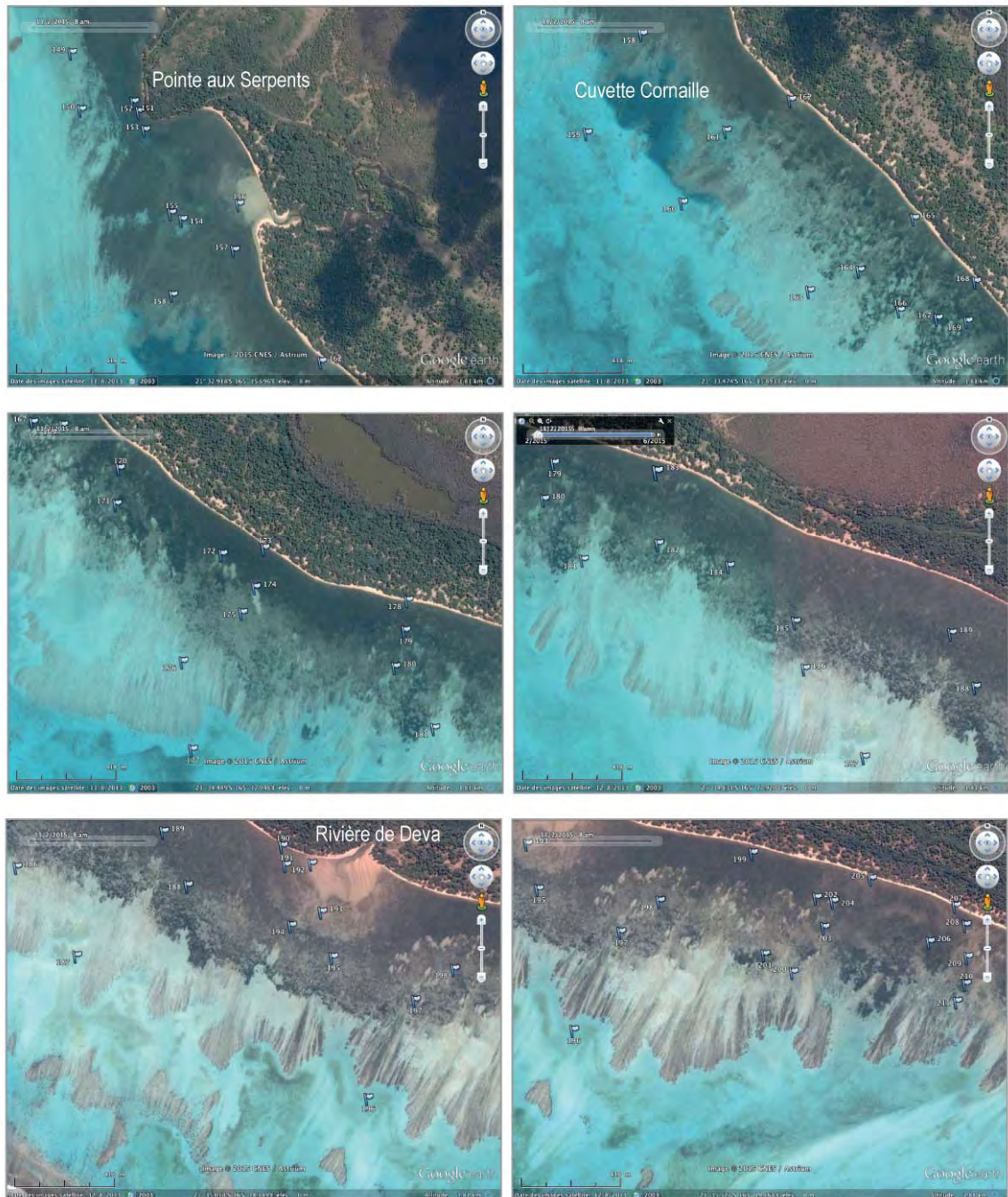
ANNEXE 4 : Tableau des données brutes collectées sur le terrain

ANNEXES

ANNEXE 1

Cartes de localisation des points de terrain

Localisation des points d'observation de terrain au sein de l'herbier du lagon de Poé



Localisation des points d'observation de terrain au sein de l'herbier du lagon de Poé



Localisation des points d'observation de terrain au sein de l'herbier de la baie de Kanuméra



ANNEXE 2

Tableau des données brutes collectées sur le terrain

WPT	Prof	Nature du fond	Peuplement corallien	Couverture en phanérogames	Espèces de phanérogames	Fragmentation	Invertébrés	Couverture en algues	Espèces d'algues	Hauteur de la canopée	Etat de santé de l'herbier	Epiphytes (0 à 3)	Poissons
144	1,5	Sable	RAS	100%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp., Cymodocea serrulata, Syringodium isoetifolium	Continu	Éponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales	0%	RAS	7 à 22 cm	Bon	3	Thalassoma lunare 12, Halichoeres trimaculatus 6, Pomacentrus imitator 5, Chrysiptera biocellata 3, Rhinecanthus aculeatus 1.
146	1	Sable gris	RAS	70%	Halodule uninervis, Halodule pinifolia	Continu	Trous de bioturbation	5%	Algues brunes, cyanobactéries	8 à 10 cm	Bon	2	RAS
148	1,5	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Cymodocea serrulata	Continu	Éponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales	5%	Padina, algues brunes	7 à 15 cm	Bon	2	Chrysiptera biocellata 11, Thalassoma lunare 6, Halichoeres trimaculatus 7, Stegastes punctatus
151	1,5	Sable gris	Coraux très épars (Porites cf. lobata)	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Echinaster luzonicus, tumuli de callianasses	5%	Halimeda spp.	10 à 18 cm	Bon	2	Lutjanus fulviflamma 6, Lutjanus fulvus 1, Lethrinus variegatus.
153	4	Sable gris	Coraux très épars (Porites cf. lobata)	60%	Thalassia hemprichii, Cymodocea serrulata	Continu	Nombreux tumuli de callianasses, éponges (Callyspongia armigera)	10%	Halimeda maculoloba, cyanobactéries	15 à 20 cm	Bon	0	Visites de raies
154	4	Sable	Coraux très épars (Porites digité)	50%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Nombreux tumuli de callianasses	10%	Halimeda maculoloba, algues brunes	15 à 32 cm	Bon	0	Halichoeres trimaculatus 4, Amblygobius phalaena 2.
156	1	Sable gris	RAS	30%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Tumuli de callianasses	20%	Algues brunes, cyanobactéries	12 à 20 cm	Bon	2	RAS
157	1	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Tumuli de callianasses	10%	Algues brunes	10 à 18 cm	Bon	2	RAS
159	4	Sable	RAS	<1%	Thalassia hemprichii	Continu	RAS	1%	Halimeda cylindracea			0	RAS
160	4	Sable	RAS	30%	Halodule uninervis, Halophila spp.	Continu	RAS	1%	Padina, cyanobactéries	12 à 15 cm	Bon	1	RAS
162	1	Sable gris	RAS	80%	Thalassia hemprichii, Cymodocea serrulata	Continu	Éponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	2%	Halimeda spp., algues brunes	15 à 20 cm	Bon	2	RAS
163	2	Sable, débris, dalle affleurante	RAS	<1%	Halophila sp.	Continu	RAS	1%	Caulerpa spp., Halimeda cylindracea, sargasses (dont Sargassum decurrens), Padina sp.				Halichoeres trimaculatus 8, Chelino inermis 1, Stethojulis bandanensis 4, Chrysiptera biocellata 6.
165	1,5	Sable gris	RAS	60%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Éponges (Callyspongia armigera), tumuli de callianasses	10%	Halimeda spp., Dictyota, algues brunes	10 à 25 cm	Bon	1	RAS
166	2	Sable, débris, dalle affleurante	RAS	<1%	Halophila sp.	Continu	RAS	1%	Caulerpa spp., Halimeda cylindracea, sargasses (dont Sargassum decurrens), Padina sp.	6 à 8 cm	Bon	0	Halichoeres trimaculatus 5, Stethojulis strigiventer 8, Rhinecanthus aculeatus 2, Chrysiptera biocellata 6
168	1,5	Sable gris	RAS	6%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Éponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	30%	Halimeda maculoloba, algues brunes, Caulerpa spp.	15 à 20 cm	Bon	2	RAS
169	1,5	Sable gris	RAS	70%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp., Cymodocea serrulata, Syringodium isoetifolium	Continu	Éponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	10%	Halimeda maculoloba, Halimeda cylindracea, Dictyota	15 à 20 cm	Bon	0	Parapercis xanthozona 2, Halichoeres trimaculatus 7
170	1	Sable gris	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	RAS	1%	Halimeda maculoloba, cyanobactéries, Dictyota	12 à 15 cm	Bon	1	RAS
173	1	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii	Continu	Éponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	10%	Algues brunes	15 à 20 cm	Moyen	2+	RAS
174	1,5	Sable gris	RAS	10%	Halophila sp.	Continu		10%	Padina, Caulerpa		Bon	0	RAS

176	1	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux épars (Porites digité, Acropores)	2%	Halophila sp.	Continu	RAS	2%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea		Moyen	0	Halichoeres trimaculatus 14, Halichoeres nebulosus 2, Chrysiptera biocellata 6, Thalassoma lunare 5, Parapercis australis 6
178	1	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	5%	Halimeda macroloba, Caulerpa spp.	10 à 15 cm	Moyen	2	RAS
179	1,5	Sable gris	Coraux épars (Acropores, Porites cf. lobata)	80%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales	10%	Halimeda cylindracea, Sargassum decurrens, Padina, algues brunes, Dictyota sp.	15 à 20 cm	Bon	1	RAS
186	2,5	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux très épars (Acropores)	30%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Epouges (Callyospongia armigera, Speciospongia vagabunda)	10%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, cyanobactéries	12 à 20 cm	Bon	0	Parapercis australis 4, Halichoeres trimaculatus 16, Chrysiptera biocellata 15, Stethojulis bandanensis 5, Pomacentrus imitator 5, Oxycellinus bimaculatus 5.
188	2	Sable gris	Coraux très épars (Porites digité, Porites cf. lobata)	70%	Thalassia hemprichii, Syringodium isoetifolium	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	5%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea	15 à 20 cm	Bon	1	Halichoeres trimaculatus 4, Rhinacanthus aculeatus
189	2	Sable gris	RAS	80%	Thalassia hemprichii, Syringodium isoetifolium	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses, nombreux Pleurobranchus forskalii (et pontes)	5%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes	12 à 15 cm	Bon	1	RAS
190	1	Sablo-vaseux	RAS	80%	Thalassia hemprichii, Halophila sp., Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	RAS	10%	Algues brunes	12 à 20 cm	Bon	1	RAS
191	1,5	Sablo-vaseux	RAS	50%	Halodule pinifolia, Halophila sp.	Continu	Ascidies coloniales	10%	Algues brunes	15 à 20 cm	Bon	0	RAS
193	1,5	Sable gris	RAS	30%	Halodule pinifolia, Halophila sp., Thalassia hemprichii	Continu	Trous de bioturbation, tumuli de callianasses, Conus marmoreus	5%	Algues brunes, Avrainvillea		Moyen	0	RAS
199	1	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	5%	Halimeda cylindracea, Caulerpa spp., algues brunes	15 à 20 cm	Bon	1	RAS
200	2,5	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux très épars (Acropores, Porites digité, Porites cf. lobata)	30%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), plusieurs rouleurs (Hippopus hippopus)	10%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, Caulerpa spp.	10 à 15 cm	Moyen	0	Chrysiptera biocellata 14, Stethojulis bandanensis 6, Pomacentrus pavo 9, Dascyllus aruanus 6, Amblygobius phalaena 2, Pomacentrus adelus 4, Thalassoma lunare 13, Scaridae spp. Juv. 10, Stethojulis notialis 7, Halichoeres trimaculatus 14, Pomacentrus imitator 7
202	1,5	Sable gris	Coraux très épars (Acropores, Porites cf. lobata)	80%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses, pontes de nudibranches	10%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes, Sargassum decurrens, Dictyota, Padina		Bon	1	Parapercis australis 3, Stethojulis sp. 7, Amblygobius phalaena 1, Acanthurus sp. Juv. 2, Halichoeres trimaculatus 6, Scaridae spp. Juv. 4
203	1,5	Sable gris	RAS	70%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), tumuli de callianasses, nombreux nudibranches Discodoris boholiensis	2%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes		Bon	1	Halichoeres trimaculatus 4
205	1	Sablo-vaseux	RAS	60%	Thalassia hemprichii, Cymodocea serrulata	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), tumuli de callianasses, trous de bioturbation	2%	Halimeda macroloba, cyanobactéries	10 à 15 cm	Bon	1	Lethrinus harak 5
206	1,5	Sable gris	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Cymodocea serrulata, Syringodium isoetifolium	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	2%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, Dictyota, Caulerpa spp., Padina		Bon	3	Chrysiptera biocellata 11, Thalassoma lunare 6, Halichoeres Thalassoma lunare 7, Cheilio inermis 1, Abudofduf sextasciatus 4

207	1	Sable gris	RAS	80%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Cymodocea serrulata	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	2%	Caulerpa spp., algues brunes	15 à 20 cm	Bon	2	RAS
209	1,5	Sable gris	RAS	80%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp., Cymodocea rotundata, Syringodium isoetifolium	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), tumuli de callianasses	10%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes, Padina	15 à 20 cm	Bon	1	Pomacentrus imitator 4.
210	2	Sable gris	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	2%	Halimeda cylindracea, Caulerpa spp., algues brunes	15 à 20 cm	Bon	1	RAS
213	1,5	Sable gris	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp., Cymodocea rotundata, Syringodium isoetifolium	Continu	Ascidies coloniales, trous de bioturbation	0%	RAS	15 à 20 cm	Bon	0	RAS
215	1	Sable, débris, dalle affleurante	RAS	90%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, trous de bioturbation, foraminifères	2%	Halimeda cylindracea, Sargassum decurrens, Padina sp.	15 à 20 cm	Bon	2	RAS
216	0,5	Sablo-vaseux	RAS	70%	Thalassia hemprichii, Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	Ascidies coloniales, trous de bioturbation, tumuli de callianasses	1%	Algues brunes	15 à 20 cm	Bon	1	RAS
217	0,5	Sablo-vaseux	RAS	95%	Thalassia hemprichii	Continu	Ascidies coloniales, trous de bioturbation, tumuli de callianasses	1%	Dictyota, gazon algal, cyanobactéries	15 à 20 cm	Moyen	3	RAS
218	1,5	Sablo-vaseux	Coraux très épars (Acropores, Pocillopora damicornis)	95%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, Cypraea tigris (3), un bémier rouleuse	1%	Halimeda cylindracea, Sargassum decurrens, algues brunes	15 à 20 cm	Bon	0	Halichoeres trimaculatus
220	1,5	Sable gris	Coraux épars (Acropores, Porites digité)	95%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), plusieurs Discodoris bohollensis	1%	Halimeda cylindracea, Caulerpa spp., algues brunes	15 à 20 cm	Bon	0	Cymolutes torquatus 3, Novaculoides macrolepidotus 7
227	0,5	Sable gris	RAS	70%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales	2%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes, Padina, algues brunes, Caulerpa spp., cyanobactéries	8 à 12 cm	Bon	1	Novaculoides macrolepidotus 4.
228	1,5	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux moyennement denses (Acropores, massifs coralliens)	20%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), Synapta godeffroyi	2%	Halimeda cylindracea, Halimeda macroloba, gazon algal	8 à 15 cm	Bon	0	Halichoeres trimaculatus 9, Stethojulis bandanensis 3, Pomacentrus imitator 8, Rhinecanthus aculeatus 1, Thalassoma lunare 12, Amblygobius phalaena 3, Chaetodon ulietensis 8, Lethrinus harak 5, Chaetodon bennetti 1, Chrysiptera biocellata 6
231	1	Sable gris	Coraux très épars (Porites digité, Porites cf. lobata)	70%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), nombreux trous de gobies et crustacés	1%	Halimeda spp., Caulerpa cf. racemosa	12 à 20 cm	Bon	1	Thalassoma lunare 3, Parapercis australis 2, Cymolutes torquatus 3, Halichoeres trimaculatus 7
232	0,5	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Cymodocea serrulata	Continu	Ascidies coloniales, foraminifères, trous de bioturbation, tumuli de callianasses	1%	Algues brunes, Dictyota, Padina	12 à 20 cm	Bon	1	RAS
233	2,5	Sable	RAS	60%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), Conus leopardus	1%	Halimeda cylindracea, Caulerpa spp., algues brunes	12 à 20 cm	Bon	0	Lethrinus variegatus 51
234	2	Sable	Pâtes coralliens épars morts et buissons d'Acropores vivants	40%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), tumuli de callianasses	1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes	12 à 20 cm	Bon	0	Parapercis xanthozona 2, Chromis viridis 35, Chrysiptera biocellata 2, Stegastes punctatus 5, Ostorhinchus cyanosoma 1.

235	3,5	Sable	RAS	40%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), tumuli de callianasses, un nudibranche (Gymnodoris ceylonica)	1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes, cyanobactéries	12 à 20 cm	Bon	0	Cymolutes torquatus 4, Oxycheilinus bimaculatus 1
236	3,5	Sable	RAS	20%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu		1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, cyanobactéries, Padina	8 à 15 cm	Bon	0	Amblyeleotris sp. 6
237	3,5	Sable	RAS	40%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), tumuli de callianasses, un nudibranche (Gymnodoris ceylonica)	1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes, cyanobactéries	10 à 15 cm	Bon	0	Lethrinus variegatus 17
241	2,5	Sable, débris	Coraux moyennement denses (Acropores, Porites digités, Porites cf. lobata, Pocillopora damicornis)	40%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), coraux mous (Sinularia sp.)	10%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues rouges, gazon algal sur coraux morts	12 à 25 cm	Bon	0	Thalassoma lutescens 2, Dascyllus aruanus 4, Thalassoma lunare 5, Pomacentrus adelus 2, Stegastes punctatus 8, Stethojulis bandanensis 13, Pomacentrus imitator 3, Amblygobius phalaena 2
244	2,5	Sable	Pâtes coralliens épars morts et Porites digités vivants	40%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Nombreux trous de gobies et crustacés et tumuli de callianasses	1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues rouges	15 à 20 cm	Bon	0	Halichoeres trimaculatus 20, Stethojulis bandanensis 25, Scolopsis sp. 1
245	1	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses, Cypraea tigris	10%	Halimeda macroloba, algues brunes, Dictyota, cyanobactéries	12 à 16 cm	Bon	1	RAS
246	1	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	10%	Halimeda macroloba, algues brunes, Dictyota, cyanobactéries	12 à 16 cm	Bon	0	Chrysiptera biocellata 6, Halichoeres trimaculatus 11, Thalassoma lunare 5
249	2,5	Sable, débris, dalle affleurante	Pâtes coralliens épars morts	40%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	RAS	2%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, gazon algal sur coraux morts	8 à 15 cm	Bon	0	Dascyllus aruanus 3, Chrysiptera biocellata 5, Rhinacanthus aculeatus 1, Halichoeres trimaculatus 5, Stethojulis bandanensis 7,
252	1,5	Sable gris	RAS	95%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, terriers de bioturbation	1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea	12 à 16 cm	Bon	0	Stegastes punctatus 10, Thalassoma lunare 8, Halichoeres trimaculatus 15,
254	0,5	Sable gris	RAS	80%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	RAS	1%	Halimeda macroloba, cyanobactéries	15 à 20 cm	Bon	0	Poissons coralliens nombreux sur zone non herbier
256	1	Sablo-vaseux	Coraux très épars (Porites cf. lobata)	95%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales	1%	Cyanobactéries	12 à 16 cm		2	RAS
257	1	Sablo-vaseux	RAS	95%	Thalassia hemprichii, Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), tumuli de callianasses	1%	Algues brunes	15 à 20 cm	Bon	1	RAS
258	1	Sable gris	RAS	95%	Thalassia hemprichii, Halophila ovalis, Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	Tumuli de callianasses	1%	Algues brunes	15 à 20 cm	Bon	0	RAS
264	1,5	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux très épars (Acropores)	80%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), un rouleau (Hippopus hippopus)	5%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, cyanobactéries, Padina, algues brunes	15 à 20 cm	Bon	0	Acanthurus blochii 2, Halichoeres trimaculatus 3, Ostorhynchus compressus 2, Centropyge libicen 1, Stethojulis sp. 9, Chrysiptera biocellata 2, Scaridae spp. Juv. 4

267	1,5	Sable gris	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	2%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes	12 à 16 cm	Bon	1	RAS
268	1	Sablo-vaseux	RAS	80%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halodule pinifolia	Continu	Tumuli de callianasses	1%	Algues brunes, cyanobactéries	12 à 16 cm	Bon	1	RAS
269	1,5	Sable gris	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Syringodium isoetifolium	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	2%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea, algues brunes	12 à 16 cm	Bon	1	Halichoeres trimaculatus 6, Chrysiptera biocellata 5, Ostorhynchus doederleini 2
270	1	Sablo-vaseux	RAS	40%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp., Cymodocea sp.	Continu	Ascidies coloniales, trous de bioturbation, tumuli de callianasses	10%	Halimeda macroloba, cyanobactéries, Sargassum decurrens	12 à 20 cm	Bon	0	RAS
271	1,5	Sable, débris, dalle affleurante	Pâtes coralliens épars morts et Porites digités vivants	70%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), Hippopus hippopus, Cypraea tigris, tumuli de callianasses	1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea	15 à 20 cm	Bon	0	Siganus spinus 3, Stegastes nigricans 12, Stegastes punctatus 16, Chaetodon lunulatus 2, Thalassoma lunare 5, Pomacentrus adelus 4, Halichoeres trimaculatus 15
274	2,5	Sable	RAS	40%	Thalassia hemprichii, Halophila sp.	Continu	Tumuli de callianasses	5%	Algues brunes, cyanobactéries		Bon	1	Letrinus variegatus 13
275	2,5	Sable	RAS	40%	Thalassia hemprichii, Halophila sp.	Continu	Tumuli de callianasses	5%	Algues brunes, cyanobactéries		Bon	0	RAS
277	2,5	Sable	RAS	30%	Halodule uninervis, Halophila spp.	Continu	Tumuli de callianasses, rouleau (Hippopus hippopus)	2%	Halimeda cylindracea, algues brunes		Bon	0	Valenciennaea longipinnis 2, Halichoeres trimaculatus 3, Lethrinus harak 4
278	3	Sable	Coraux très épars (Acropores)	1%	Halophila sp.	Continu	Coraux mous (Sinularia sp.)	2%	Halimeda cylindracea				Nombreux Pomacentridae, Labridae, Chaetodontidae, Scaridae, et Gobiidae
279	1,5	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux très épars (Porites cf. lobata)	90%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera)	2%	Halimeda cylindracea, Dictyota		Bon	1	Thalassoma lunare 3, Amblygobius phalaena 1, Chrysiptera biocellata 6, Stegastes nigricans 3, Poissons non identifiés (photos) 25, Siganus fuscescens juv. 30,
280	1	Sable gris	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Syringodium isoetifolium	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, terriers de bioturbation	1%	Dictyota, cyanobactéries		Bon	1	RAS
281	1	Sable gris	RAS	70%	Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Terriers de bioturbation	0%	RAS		Bon	0	RAS
282	0,5	Sablo-vaseux	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halophila ovalis, Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	Tumuli de callianasses	2%	Algues brunes		Bon	0	Leognathus sp. 4
283	0,5	Sable gris	RAS	95%	Thalassia hemprichii, Halophila ovalis, Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	Tumuli de callianasses	1%	Algues brunes		Bon	1	Novaculoides macrolepidotus 7.
284	1	Sable gris	RAS	95%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, tumuli de callianasses	1%	Halimeda macroloba, Padina		Bon	1	Caranx papuensis 1, Siganus fuscescens juv. 40, Poissons à queue jaune
285	1,5	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux moyennement denses (Acropores, Porites cf. lobata)	2%	Halophila sp.	Continu	RAS	1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea		Bon	0	Thalassoma lunare 3, Chrysiptera biocellata 8, Halichoeres trimaculatus 6, Lutjanus fulvus 7 juv.
286	1,5	Sable gris	Coraux très épars (Acropores)	90%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), tumuli de callianasses	10%	Halimeda macroloba, Halimeda miniata, Padina		Bon	0	Clupeidae juv. 30
290	1,5	Sable gris	RAS	95%	Thalassia hemprichii	Continu	Eponges (Callyspongia armigera), ascidies coloniales, coraux mous (Sinularia sp.)	1%	Algues brunes, Halimeda miniata		Bon	2	Siganus fuscescens juv. 30, Abudofduf sexfasciatus 25, Thalassoma lunare 3, Novaculoides macrolepidotus 2

291	1,5	Sablo-vaseux	RAS	95%	Thalassia hemprichii	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales, Protoreaster nodosus	1%	Algues brunes, Halimeda miniata		Bon	3	RAS
292	0,5	Sable	RAS	40%	Thalassia hemprichii, Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	RAS	0%			Bon	0	RAS
292	0,5	Sable gris	RAS	80%	Thalassia hemprichii, Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales	1%	Algues brunes, Halimeda miniata				
293	2	Sable	Coraux épars (Acropores)	90%	Thalassia hemprichii	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales	1%	Halimeda cylindracea, Halimeda miniata		Bon	3	Thalassoma lunare 6, Halichoeres trimaculatus 12, Poissons à queue jaunes 4
293	2	Sable	Coraux épars (Acropores)	50%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales	2%	Halimeda cylindracea				
294	1,5	Sable gris	Coraux épars (Acropores)	90%	Thalassia hemprichii	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales, coraux mous (Sinularia sp.)	1%	Halimeda macroloba, Padina		Bon	2	RAS
295	0,5	Sable	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule pinifolia (en bordure)	Continu	Epouges (Callyospongia armigera)	0%	RAS		Bon	0	RAS
297	1,5	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux épars (micro-atolls de Porites, Porites cf. lobata, Acropores)	5%	Halodule uninervis, Halophila spp.	Continu	Coraux mous (Sinularia sp.)	2%	Halimeda cylindracea		Moyen	0	Nombreux poissons coralliens Pomacentridae, Labridae, Chaetodontidae, Pomacanthidae, Acanthuridae, Siganidae, Gobiidae
298	1	Sable	RAS	30%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Nombreux trous de gobies et crustacés et tumuli de callianasses	1%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea		Bon	0	RAS
299	0,5	Sable	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule pinifolia (en bordure)	Continu	Epouges (Callyospongia armigera)	0%	RAS		Bon	0	Siganus fuscescens juv. 15, Lethrinus harak 3.
300	1,5	Sable	RAS	30%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Epouges (Callyospongia armigera)	2%	Halimeda macroloba, Halimeda cylindracea		Bon	0	RAS
301	1	Sable gris	Coraux très épars (Acropores)	95%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), ascidies coloniales	1%	Halimeda cylindracea, algues brunes		Bon	3	RAS
302	1	Sable	RAS	90%	Thalassia hemprichii, Halodule pinifolia (en bordure)	Continu	Epouges (Callyospongia armigera)	0%	RAS		Bon	0	RAS
303	1	Sable	RAS	90%	Cymodocea rotundata, Halodule pinifolia (frange littorale)	Continu	RAS	2%	Algues brunes, cyanobactéries		Bon	0	RAS
304	0,5	Sable	RAS	30%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp., Cymodocea rotundata	Continu	RAS	10%	Algues brunes, cyanobactéries		Bon	0	RAS
305	0,5	Sable gris	RAS	70%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu	Epouges (Callyospongia armigera), Pinna sp., Cypraea annulus	5%	Halimeda cylindracea, algues brunes		Bon	0	Cymolutes torquatus 1, Lethrinus vaiegatus 3.
306	1	Sable	RAS	80%	Thalassia hemprichii	Continu	Epouges (Callyospongia armigera)	10%	Halimeda miniata, Sargasses		Bon	0	Lethrinus variegatus 6, Lethrinus harak 6, Atherinomorus lacunosus plus de 1000.
360	1	Sable	RAS	30%	Thalassia hemprichii, Halodule uninervis, Halophila sp.	Continu							
308	1	Sable	RAS	90%	Cymodocea serrulata	Continu	Epouges (Callyospongia armigera)	1%	Sargasses, algues brunes		Bon	0	Lethrinus harak 5, Fistularia petimba 1, Carangidae indét. Juv. 10
317	1	Sable	RAS	90%	Cymodocea serrulata	Continu	RAS	2%	Halimeda sp., Sargasse		Bon	0	Parupeneus indicus 3, Siguanus fuscescens 12, Atherinomorus lacunosus 300.
318	1	Sable	RAS	80%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	RAS	1%	Algues brunes		Bon	0	Lethrinus harak 6, Arothron manilensis 1

319	3	Sable	RAS	90%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), tumuli de callianasses, un Tapes lateratus	0%	RAS		Bon	0	Lethrinus variegatus 4, Lethrinus genivittatus 2
320	5	Sable	RAS	90%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera, Callyospongia aerizusa), tumuli de callianasses				Bon	0	Lethrinus harak 26.
323	5	Sable	RAS	80%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	RAS	0%	RAS		Bon	0	Siganus fuscus 25 juv.
324	7	Sable	RAS	90%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	Un Tridacna derasa	0%	RAS			0	Parupeneus barberinus 2, Lethrinus nebulosus adultes 12, Chelilio inermis 1, Siganus fuscus juv. 35, Parupeneus spp. Juv. 20
325	4	Sable	RAS	80%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	RAS	0%	RAS		Bon	1	Lethrinus nebulosus 7, Sphyræna flavicauda 40, Alevins de Cesionidae 400, Cheilinus chlorourus 2,
326	8	Sablo-vaseux	RAS	50%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera)	0%	RAS		Bon	0	Lethrinus harak 2.
333	1	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux épars (Porites digités)	30 à 50%	Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), Holothuria atra	5%	Cyanobactéries	12 à 15 cm	Bon	0	Leognathus oyena très abondants dans le couloir de sable proche des phanérogames 2 à 300 sur le parcours, Parupeneus ciliatus 6, Scaridae indé. Juv. 13/20, Siganus fuscus juv. 40.
334	1	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux épars (Porites digités)	30 à 50%	Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), Holothuria atra	10%	Sargassum spp., Padina, cyanobactéries	12 à 15 cm	Bon	0	
335	1	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux épars (Porites digités)	30 à 50%	Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), Holothuria atra	10%	Sargassum spp., Padina, cyanobactéries	12 à 15 cm	Bon	0	
336	1	Sable, débris, dalle affleurante	Coraux épars (Porites digités)	30 à 50%	Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), Holothuria atra	10%	Sargassum spp., Padina, cyanobactéries	12 à 15 cm	Bon	0	
339	1	Sable, débris	Coraux épars (Porites digités)	20%	Halodule uninervis	Continu	RAS	20%	Sargassum spp., Padina, algues brunes	8 à 12 cm	Moyen	0	Leognathus oyena par dizaines, Atherinomorus lacunosus 500.
340	1,5	Sable, débris	RAS	90%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), tumuli de callianasses	1%	Sargassum spp., Padina, algues brunes	15 à 20 cm	Bon	1	Lethrinus variegatus 2.
341	3	Sable	RAS	90%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), tumuli de callianasses	1%	Sargassum spp., Padina, algues brunes	15 à 20 cm	Bon	0	Mulets indé. 12
344	3	Sable	RAS	70%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), tumuli de callianasses	0%	RAS	15 à 20 cm	Bon	1	Gerres sp. Gros 9.
346	4	Sable	RAS	80%	Cymodocea serrulata, Halodule uninervis	Continu	Epaves (Callyospongia armigera), tumuli de callianasses	5%	Sargasses, algues brunes				

