

Cartographie des algueraies à Sargasses Approche optique et acoustique

Programme ZoNéCo 2005

Rapport réalisé par Guillaume Dirberg

Avril 2006

Ce travail a été financé par le programme ZoNéCo 2005, dans le cadre de la fiche d'opération « Typologie et Cartographie des Algueraies de Sargasses. Approches Optiques et Acoustiques. »

Ce rapport doit être cité comme suit :

Dirberg G., C. Chevillon, L. Mattio, S. Andréfouët, C. Payri, 2006, *Cartographie des algueraies à Sargasses: Approche optique et acoustique*, ZoNéCo et Centre IRD de Nouméa, 24p.

Sommaire

1	INTRODUCTION	4
2	MATERIELS ET METHODES	5
2.1	LES SARGASSES	5
2.2	LES DONNEES	6
2.2.1	<i>Données optiques</i>	6
2.2.2	<i>Données acoustiques</i>	6
2.2.3	<i>Données écologiques</i>	6
2.3	LE CHOIX DES SITES	7
3	RESULTATS/DISCUSSION	8
3.1	CAS 1 : ALGUERAIES DENSES, FONDS<6M	8
3.1.1	<i>Reconnaissance optique</i>	8
3.1.2	<i>Reconnaissance Acoustique</i>	10
3.1.3	<i>Reconnaissance combinée acoustique et optique</i>	12
3.2	CAS 2 : ALGUERAIES DENSES, FONDS<15M	12
3.3	CAS 3 : ALGUERAIES HETEROGENES	14
3.4	CAS 4 : ALGUERAIES PROFONDES EN LIMITE DE DETECTION OPTIQUE	15
3.5	CAS 5 : ALGUERAIES EN ZONE TURBIDE	16
4	ANALYSE COMPLEMENTAIRE :VARIABILITE DU SIGNAL OPTIQUE ET ACOUSTIQUE	18
4.1	VARIABILITE TEMPORELLE	18
4.2	VARIABILITE SPATIALE	19
5	CONCLUSION	21
	REFERENCES	23
	FICHIERS ELECTRONIQUES JOINTS A CE RAPPORT	24

1 Introduction

Les bases de données existantes à l'IRD de prélèvements benthiques (B. Richer Desforges, C. Garrigues) lors des diverses campagnes sur le lagon, ne permettent pas d'évaluer l'étendue, ni a fortiori la biomasse des algueraies de Sargasses.

Une première tentative de cartographie a pu être réalisée par C. Chevillon dans le cadre de l'opération ZoNéCo « Caractérisation des types de fonds et habitats benthiques par système de discrimination acoustique dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie ». Si l'habitat « algueraies à Sargasses » apparaît dans les classes identifiées, la stratégie d'échantillonnage n'était pas adaptée à la cartographie de cet habitat particulier.

Dans le cadre de l'opération ZoNéCo « Mesure, suivi et potentiel économique de la diversité de l'habitat récifo-lagonaire néo-calédonien : inventaire des herbiers, suivi des zones coralliennes et rôle des habitats dans la distribution des ressources en poissons de récifs », l'habitat « algueraie à Sargasses » a également été défini. Mais le Lagon Sud ne faisait pas parti des 6 sites d'étude choisis pour l'étude des habitats. Néanmoins dans le cadre de la cartographie des herbiers, des sites d'algueraies à Sargasses ont été identifiés par défaut, mais uniquement dans la limite de la zone d'investigation définie par l'étude des herbiers à phanérogames par imagerie satellitaire, à moins de 10m de profondeur.

Un travail ciblé sur ces algueraies était donc requis.

Des travaux récents ont montré qu'il était possible de cartographier des algueraies en zone peu profonde à l'aide d'images satellitaires haute résolution (Andréfouët et al. 2004), ou de données acoustiques comparables aux données du RoxAnn (Riegl et al. 2006). Mais aucun travail publié n'a tenté de combiner les deux types de données, optiques et acoustiques.

Le but de ce travail est d'évaluer la possibilité de cartographier les algueraies à Sargasses du lagon de Nouvelle-Calédonie à partir de données de télédétection acoustique (Roxann) et optique (images satellitaires).

2 Matériels et méthodes

2.1 *Les Sargasses*

Les algueraies à Sargasses (**Fig. 1**) forment avec les herbiers de phanérogames et les algueraies d'*Halimeda* un des trois habitats benthiques majeurs de l'écosystème récifal-lagonaire de Nouvelle-Calédonie, mais peu d'études leurs ont été consacrées.

Elles peuvent couvrir des superficies de plusieurs dizaines d'hectares. L'apparition à certaines périodes de l'année de Sargasses flottant à la surface permet de penser qu'il y a une variation saisonnière de la biomasse de Sargasses fixées, évolution connue dans de nombreuses régions du monde (Payri com. pers) et relatée dans la littérature. La longueur des thalles des Sargasses peut varier, suivant les espèces et la saison, de quelques centimètres à plus d'un mètre (observations personnelles en Nouvelle-Calédonie). Lorsque les Sargasses se détachent du fonds, elles laissent en place leur stipe (qui correspond à la tige chez les végétaux supérieurs). Une quinzaine d'espèces a été identifiée au cours d'une étude préliminaire (Mattio 2004) dans le Lagon Sud, plus de trente sont recensées en Nouvelle-Calédonie dans le catalogue de Garrigue et Tsuda (1988).



Figure 1 : algueraie de Sargasses a) sur platier de récif intermédiaire, z=1m, h=20cm
b) sur de fond lagonaire, z=15m, h=40cm

2.2 Les données

2.2.1 Données optiques

Les images satellitaires utilisées sont des images Landsat7 (L7) à 30m de résolution et deux images Quickbird (QB) à 2.4m de résolution. Une mosaïque des images Quickbird a été réalisée. Les images ont été géoréférencées en les calant sur un track DGPS faisant le tour des îlots Maître, Signal et Larégnère.

2.2.2 Données acoustiques

Les données acoustiques ont été acquises grâce au système RoxAnn. Ce système a été utilisé par Christophe Chevillon dans le cadre du projet ZoNeCo de « Caractérisation des types de fonds et habitats benthiques par système de discrimination acoustique dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie ». On se référera à son rapport pour plus de détail sur le matériel et le principe de la discrimination acoustique.

Pour la présente étude, nous rappellerons seulement certains points importants :

- RoxAnn fournit une donnée « moyennée » dont la résolution spatiale varie avec la profondeur. Le diamètre de l'empreinte du cône d'émission sur le fond est égal à 17% de la profondeur, ce qui signifie une tâche de 1.7m de diamètre à 10m de profondeur.
- Les données du RoxAnn peuvent être représentées dans un diagramme à deux dimensions dont les axes représentent la rugosité (signal E1) et la dureté (signal E2) de la cible.
- La profondeur minimale requise pour le fonctionnement du Roxann est de 1m.
- Les données RoxAnn sont géoréférencées.

Avant traitement, les données aberrantes sont supprimées par filtrage manuel (voir rapport C.Chevillon). Elles ont été ensuite ré-échantillonnées à l'échelle spatiale des images satellitaires utilisées (pixels de 30×30m ou 2.4×2.4m) en appliquant un filtre médiane, puis importées comme une nouvelle couche de données dans le logiciel de traitement d'image ENVI. Cela permet de visualiser les données du Roxann directement sur les images satellites et d'utiliser les outils disponibles dans le logiciel de traitement d'image pour le traitement des données Roxann.

2.2.3 Données écologiques

Lors de la phase d'acquisition des données Roxann, nous avons réalisé une vérité terrain rapide en notant la présence/absence de Sargasses nous permettant de vérifier que le site correspondait bien à ce que nous cherchions. Quelques remarques et données semi-quantitatives ont été notés également. Le travail de terrain approfondi, réalisé par Lydiane Mattio, dans le cadre de cette fiche ZoNeCo et dans le cadre de sa thèse, fournira des données quantitatives de couverture (transects), la liste des espèces présentes et le type de substrat.

Une deuxième phase de vérité terrain, sans acquisition RoxAnn, a été réalisée 3 mois plus tard en plongée.

2.3 Le choix des sites

La fiche prévoyait deux sites de test : un site en eau claire (îlot Larégnère) et un site en eau turbide (littoral Plateau Ricaudy/fond de baie Ste Marie). Nous avons décidé de modifier le protocole initialement prévu : plutôt que de se concentrer sur ces deux zones de faible étendue géographique et ne permettant sans doute pas de capturer l'ensemble de la diversité des algues de Sargasses du lagon Sud, nous avons décidé de multiplier les sites. Au final 17 sites ont été échantillonnés (**Fig. 2**) en 4 jours à bord du N/O Coris de l'IRD, les 20, 28 et 29 décembre 2005 et le 25 janvier 2006.

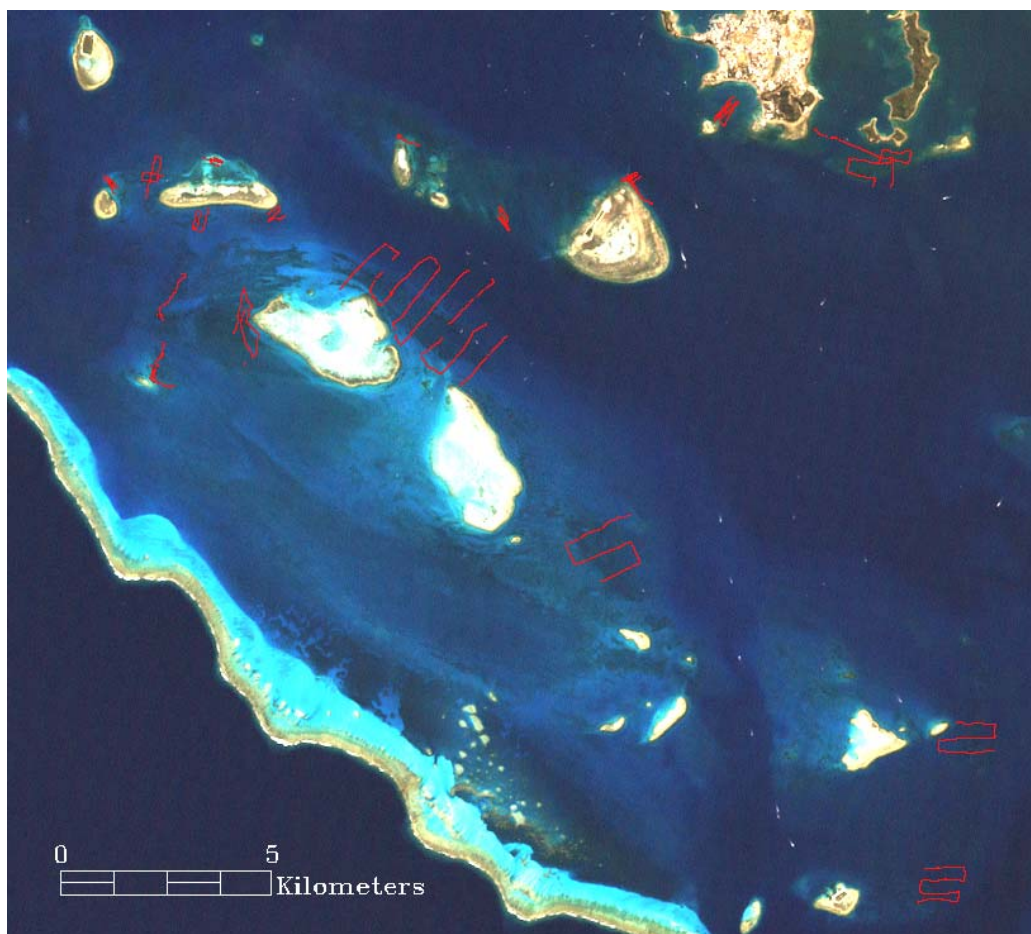


Figure 2 : trajets réalisés pendant l'acquisition des données Roxann

Certains sites d'acquisition avaient déjà été identifiés lors de différentes campagnes de terrain, mais l'essentiel des sites a été choisi par photo-interprétation à partir des images satellitaires. Une vérification de la validité du site a été réalisée en apnée, en plongée ou simplement à l'aide d'une lunette de calfat, avant chaque acquisition.

Ces 17 sites capturent une part importante de la variabilité des caractéristiques de l'habitat « alguaie de Sargasses » : 2 à 20m de profondeur, couverture faible à dense, cortège d'algues brunes présent à dominant, substrat constitué de sable, débris ou dalle. La définition d'une typologie de cet habitat n'est pas le but de ce travail, mais il est important pour l'interprétation des données d'avoir une idée de la variabilité du signal et des causes de cette variabilité.

3 Résultats/discussion

La discrimination des signaux acoustiques et optiques est de plus en plus délicate à mesure que l'on passe d'algues denses et peu profondes à des algues diffuses et/ou profondes. La méthode de traitement des données varie avec cette difficulté croissante. L'utilisation des données acoustiques et optiques et leur complémentarité sont évaluées pour certains cas types de ce gradient.

3.1 Cas 1 : algues denses, fonds < 6m

Le site type choisi se situe immédiatement au nord du Récif Larégnère. Il s'agit d'une algue à Sargasses dense, de couverture supérieure à 50%, et dont la hauteur de la canopée est supérieure à 50cm.

Différents types de classifications optiques et acoustiques ont été testés sur ce cas facile.

3.1.1 Reconnaissance optique

En milieu peu profond, jusqu'à 6m, la différence radiométrique entre un herbier et une algue reste visible dans les bandes bleues et vertes. Les algues denses (couverture supérieure à 40%) à grandes algues brunes de type Sargasses, présentent généralement un aspect beaucoup plus sombre que les herbiers à phanérogames.

Dans ce cas, les méthodes de classification automatiques (classifications supervisées) fournissent une cartographie acceptable. La validation quantitative de telles cartes nécessite un travail de vérité terrain plus important (acquisition d'une cinquantaine de points par classe, Congalton and Green 1999) qui reste à effectuer. Toutefois, notre connaissance de la zone et de son hétérogénéité nous permet de dire que la discrimination réalisée est très bonne dans ce cas facile.

Classification Maximum de vraisemblance

La classification supervisée (**Fig. 3a**) de type « maximum de vraisemblance » (réalisée dans ENVI ou ERDAS ou eCognition) est basée sur la définition de ROI (Region Of Interest) ou AOI (Area Of Interest) qui sont des zones choisies par l'opérateur comme étant représentatives des classes à cartographier et sur lesquelles les logiciels calculent les statistiques nécessaires au processus de classification. La classification fait ressortir l'algue à Sargasses mais fait apparaître de nombreuses confusions de classes, notamment entre la classe « Sargasses » et la classe « zone profonde ». Ce type de classification nécessite un travail de corrections contextuelles a posteriori, consistant à séparer manuellement les régions attribuées à une classe incorrecte.

Classification par photo-interprétation

La photo-interprétation à partir d'une image segmentée (processus « Multiresolution segmentation » du logiciel eCognition) permet d'obtenir rapidement des fichiers vectoriels équivalents à ceux qui seraient issus d'une classification. Un simple contourage par photo-

interprétation arrive à un résultat similaire mais qui reste subjectif. La photo-interprétation d'images segmentées issues logiciel eCognition permet d'obtenir des classifications basées sur l'expertise, mais a cet avantage sur le simple contourage que les limites choisies sont tirées d'un processus de segmentation objectif.

Le fichier vectoriel généré par ce processus, superposé à l'image (**Fig. 3b**), permet de visualiser l'étendue de l'alguaire de Sargasses. Là encore un travail de vérité terrain plus important (mais néanmoins rapide et facile à mettre en œuvre) est nécessaire pour valider cette carte. Cette méthode présente l'avantage de la rapidité mais nécessite une certaine expertise et connaissance du milieu.

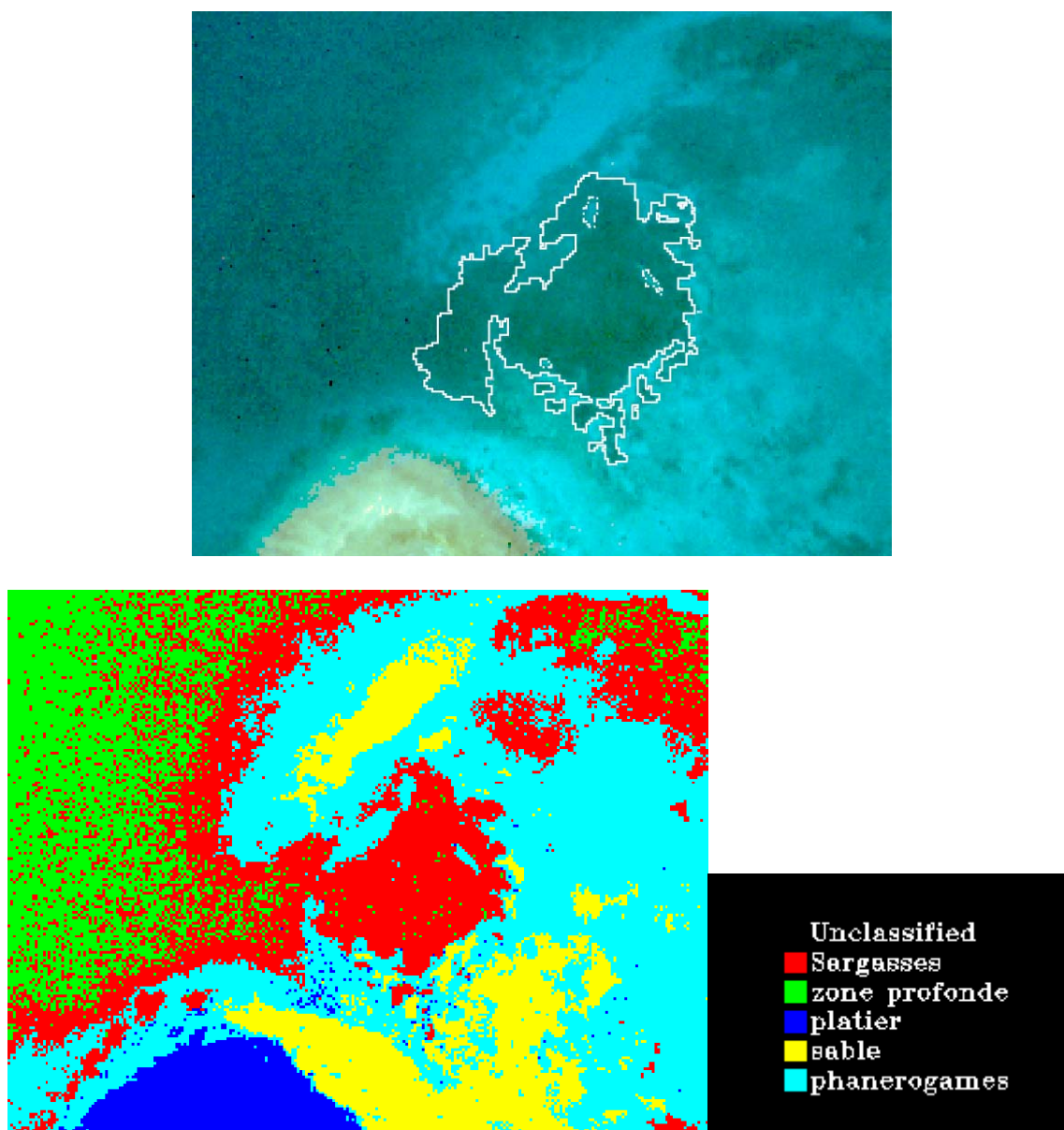


Figure 3 : a) Visualisation de l'alguaire de Sargasses de la zone Nord du Récif Larégnère par superposition du fichier vectoriel issu d'eCognition sur l'image Quickbird de la zone; b) La classification supervisée de la zone Nord du Récif Larégnère

3.1.2 Reconnaissance Acoustique

La donnée Roxann se présente sous la forme d'un couple de variables E1 et E2, qui sont respectivement la rugosité et la dureté. Trois types de traitement ont été testés : une classification supervisée de type Roxbox à partir du diagramme bivarié des données, une classification hiérarchique ascendante et une classification supervisée de type «maximum de vraisemblance ».

Classification RoxBox

Roxbox (voir rapport ZoNéCo de C. Chevillon) est l'outil par défaut de classification des données Roxann. Le principe de cette classification a été reproduit avec les outils d'ENVI (qui est d'emploi plus souple). Il s'agit de tracer des polygones définissant les classes dans l'espace bivarié des données acoustiques : chaque point se situant à l'intérieur d'un polygone sera attribué à la classe que définit celui-ci.

Le résultat de cette classification (**Fig. 4**) est bon, mais il dépend en partie de la précision des limites des classes définies manuellement dans l'espace E1-E2.

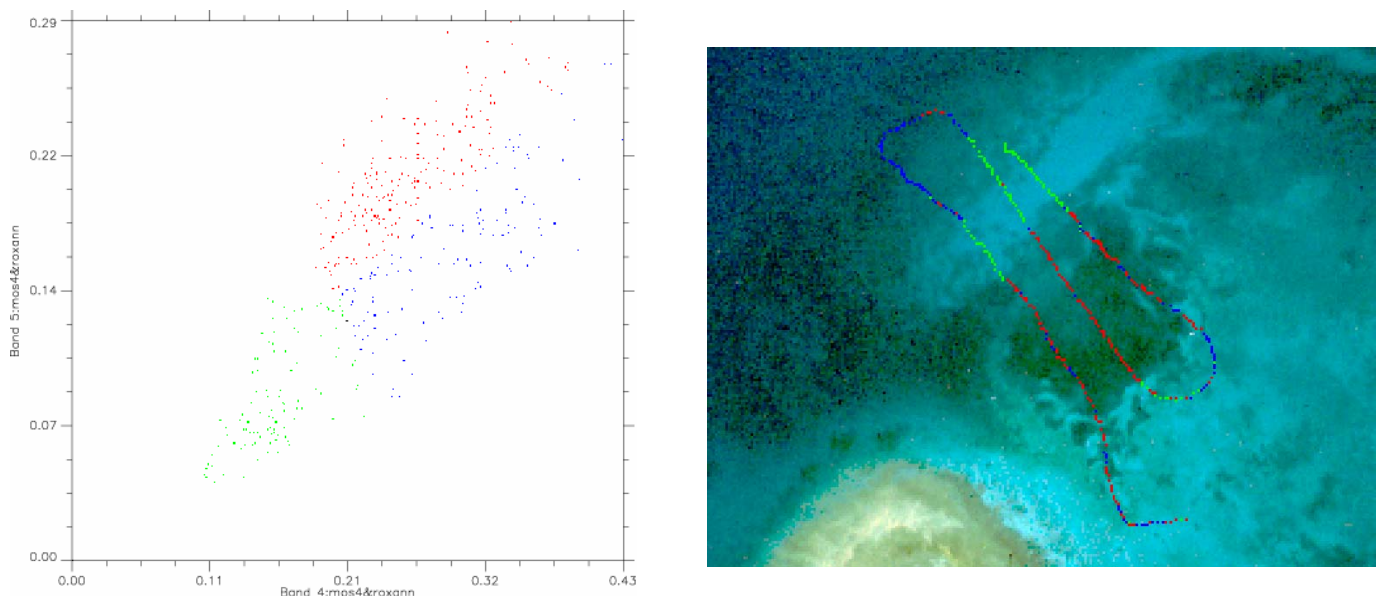


Figure 4 : classification des données Roxann sur diagramme bidimensionnel (équivalent à l'outil Roxbox utilisé par C. Chevillon) et projection du résultat sur l'image Quickbird ; code couleur: rouge=Sargasses, bleu=phanérogames, vert=sable

Classification Ascendante Hiérarchique

La méthode de classification ascendante hiérarchique est une méthode non supervisée (seul le nombre de classes souhaité est à définir) et donc rapide. Le principe est de créer une matrice de similarité à partir des données puis de regrouper les échantillons les plus proches deux à deux suivant la métrique choisie (dans notre cas la distance euclidienne normalisée), ce qui permet de tracer un dendrogramme. Sur le dendrogramme (**Fig. 5**) nous choisissons un niveau de coupe, ou un nombre de classes : ces classes présentent par construction un maximum de dissimilarité et sont donc supposées représenter au mieux les différentes classes homogènes visibles sur le terrain (sargasses, herbier, sable).

Le procédé est simple est rapide. Le résultat semble de qualité inférieure à celui présenté précédemment sur la zone étudiée. Cette méthode est probablement très bonne dans le cas de grandes zones homogènes et aux caractéristiques bien distinctes, mais n'est pas à recommander dans le cas d'habitats hétérogènes (comme par exemple un algueraie diffuse sur un substrat de dalle et de sable).

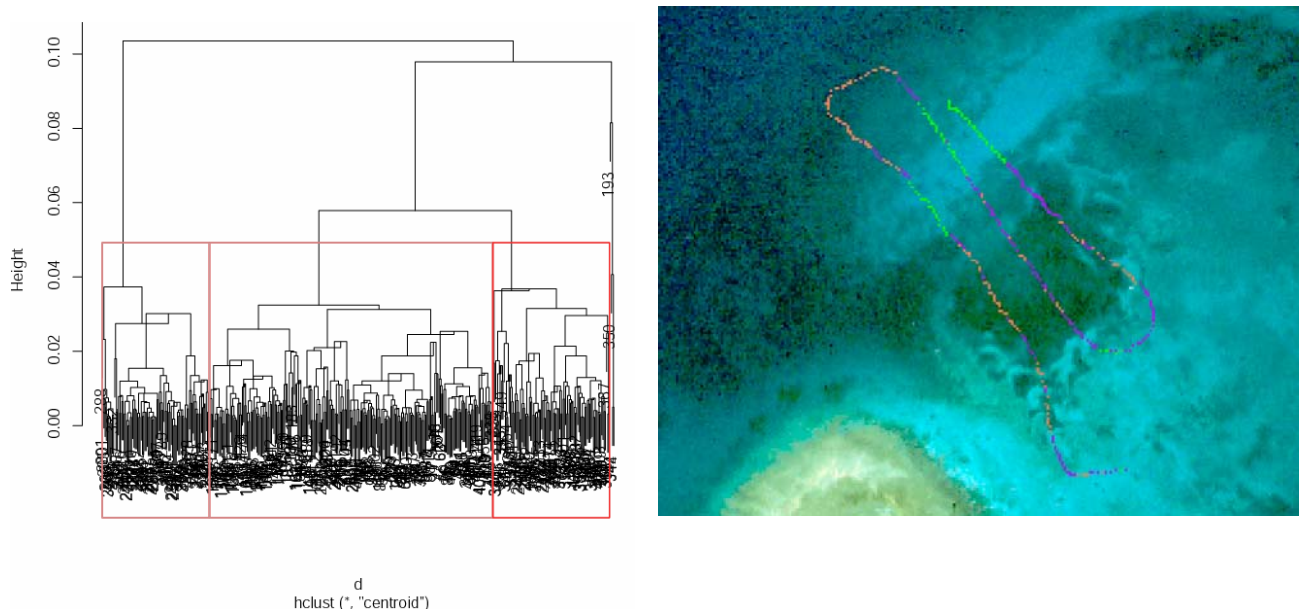


Figure 5 : Classification hiérarchique ascendante sur les données Roxann

Classification Maximum de vraisemblance

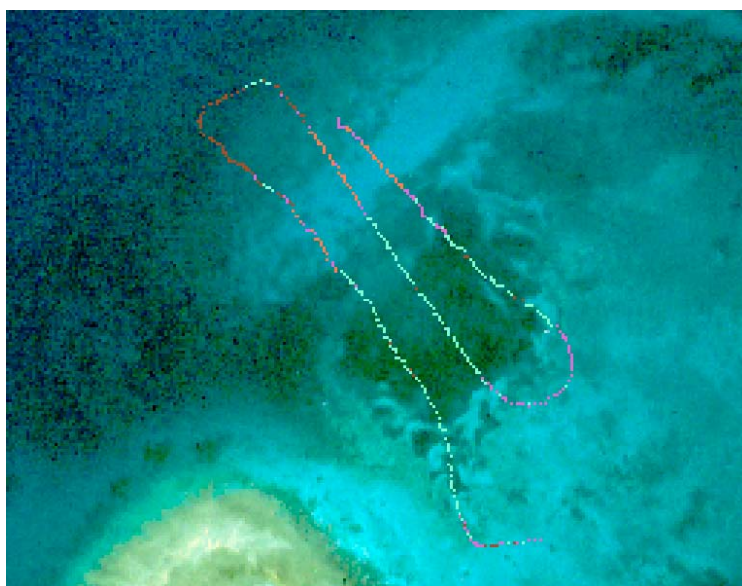


Figure 6 : classification supervisée de type « maximum de vraisemblance » réalisée sur les données acoustiques

La méthode de classification supervisée « maximum de vraisemblance », utilisée précédemment sur les données optiques, donne également de bons résultats sur les données

acoustiques (**Fig. 6**). La difficulté supplémentaire réside toutefois dans la définition de ROI (Region Of Interest) : dans le cas de l'image, connaissant le terrain, il est aisé de repérer à l'œil les classes à cartographier et de dessiner les ROI. Dans notre cas nous avons utilisé les mêmes ROI que ceux définis pour la classification de l'image optique. Le résultat est de qualité comparable aux résultats des méthodes précédentes. Cette méthode demande toutefois la définition des ROI sur un fond d'images satellitaires.

3.1.3 Reconnaissance combinée acoustique et optique

L'importation des données acoustiques dans le logiciel de traitement d'image ENVI a permis de tester un traitement original combinant les données optiques et acoustiques (**Fig. 7**). Une classification supervisée « maximum de vraisemblance » basée sur la combinaison de quatre bandes : bandes verte et bleue de l'image (bandes les moins affectées par la profondeur), bande E1 et E2 du Roxann, a permis de réaliser une classification qui semble être, a priori, de bonne qualité, c'est-à-dire qui permet de discriminer au mieux les différentes classes. Encore une fois les points de vérité terrain manquent pour fournir une évaluation quantifiée de la classification, mais d'après notre expertise cette classification est meilleure que toutes les précédentes faisant intervenir les données exclusivement acoustiques ou optiques.

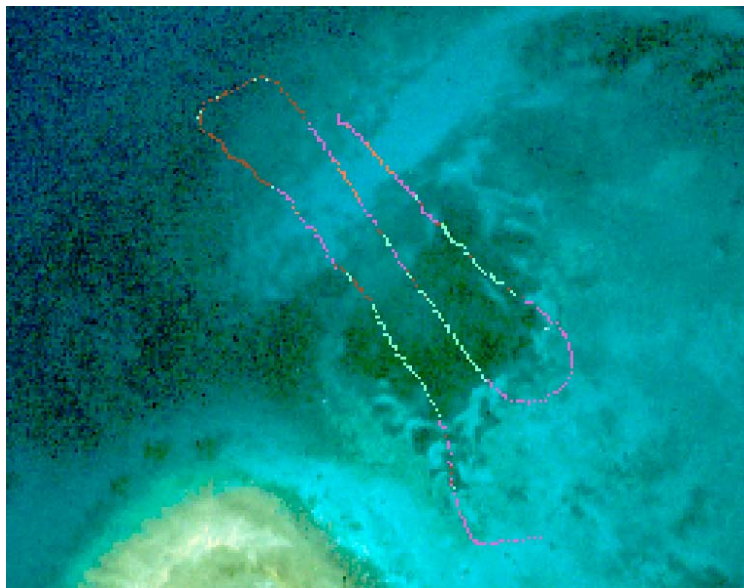


Figure 7 : classification supervisée de type « maximum de vraisemblance » réalisée sur les données acoustiques et optiques

3.2 Cas 2 : algueraies denses, fonds < 15m

Le site type choisi se situe immédiatement au sud-ouest du platier de l'îlot Larégnère. Il s'agit d'une algueraie à Sargasses dense à 11m de profondeur, de couverture de l'ordre 40%, et dont la hauteur de la canopée est comprise entre 30 et 40cm. La profondeur diminue le

contraste avec les zones environnantes, mais la forte densité suffit à conserver une différence exploitable par rapport aux fonds voisins.

Les différents types de classification décrits précédemment ont été testés sur cette zone et donnent tous des résultats comparables en qualité aux résultats obtenus sur la zone moins profonde.

Les classifications obtenues à partir de l'image satellitaire seule (**Fig. 8**) sont de très bonne qualité car cette zone présente des habitats homogènes, bien délimités spatialement et un faible gradient de profondeur intra-habitat.

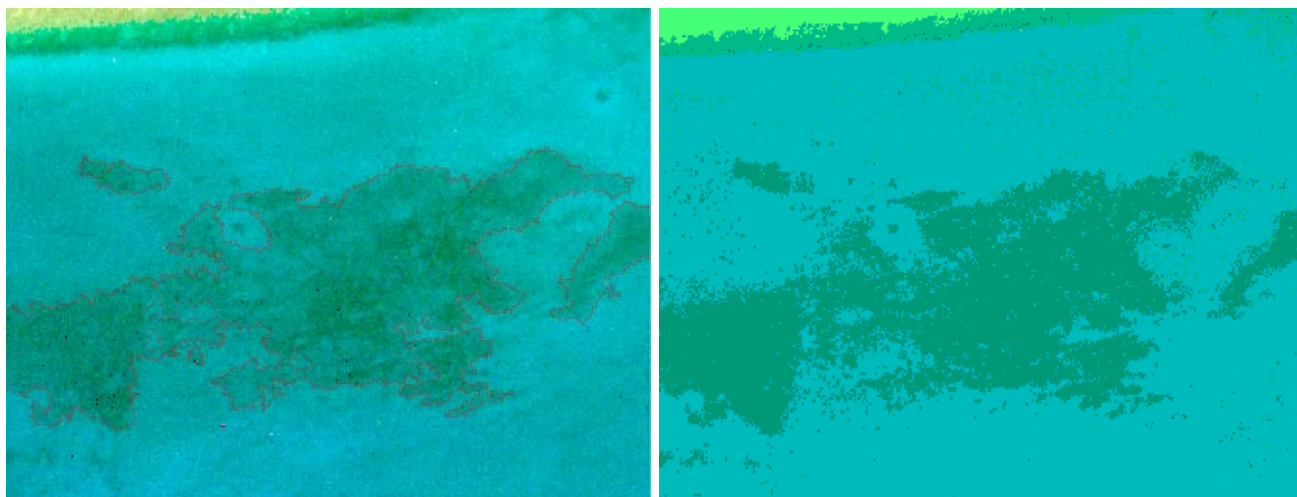


Figure 8 : a) photo-interprétation à partir d'image segmentée par eCognition et b) classification supervisée de type « maximum de vraisemblance » de l'image (4 classes), algueraie de Sargasses située au sud-ouest du platier de l'îlot Larégnère

Parmi les différentes méthodes testées, la combinaison des données optiques et acoustiques nous donne encore une fois le meilleur résultat (**Fig. 10**). Mais dans ce cas, où la classification de l'image ne fait pas apparaître de confusions de classes, l'utilisation des seules données optiques est suffisante. Le résultat de la classification hiérarchique (**Fig. 9**) des données acoustiques est également de bonne qualité, mais ce n'est qu'en la superposant à l'image que l'on peut s'en rendre compte. Par conséquent il est plus judicieux de n'utiliser que les données optiques dans ce cas.

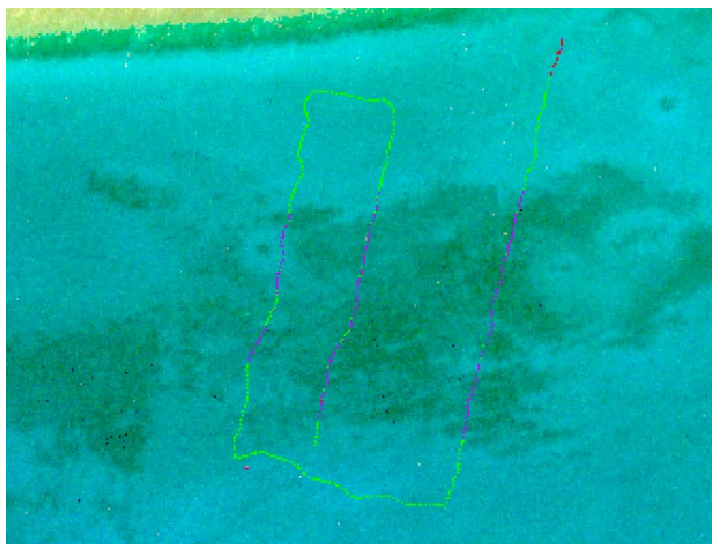


Figure 9 : résultat de la classification hiérarchique ascendante sur l'alguaire à Sargasses située au sud-ouest du platier de l'îlot Larégnère

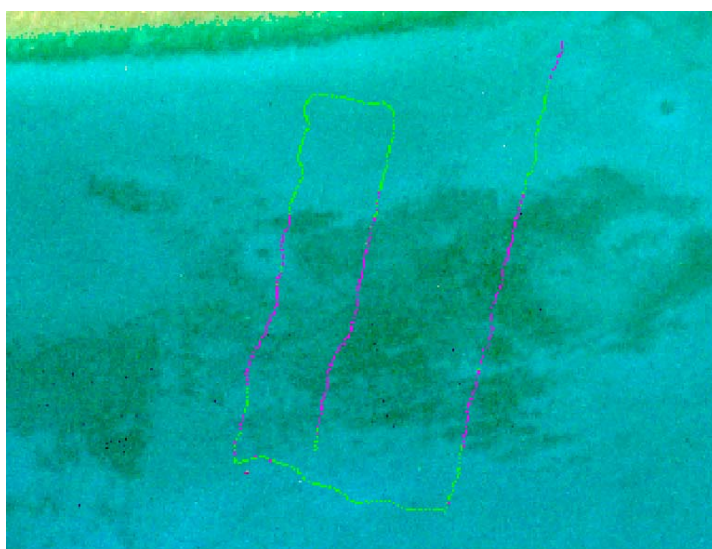


Figure 10 : résultat de la classification combinant les données optiques et acoustiques sur l'alguaire de Sargasses située au sud-ouest du platier de l'îlot Larégnère

3.3 Cas 3 : algueraies hétérogènes

L'exemple de l'alguaire s'étendant sur une grande superficie, entre 9 et 13m de profondeur, à l'est de Crouy a été traité. Deux points de vérité terrain ont été effectués le jour de l'acquisition des données RoxAnn, puis 8 points supplémentaires ont été contrôlés en avril 2006. Il s'agit d'une algueraie dominée par les Sargasses de densité non homogène (de 10 à 70% de couverture relevé sur les points), constituant des communautés mixées avec des algues vertes *Halimeda*. Du fait de sa taille (2.4km²) et de son hétérogénéité, cette algueraie nécessiterait éventuellement un effort d'échantillonnage supérieur tant du point de vue du RoxAnn que du point de vue de la vérité terrain. Néanmoins, il est clair que cette

hétérogénéité est la raison du comportement peu performant des classifications réalisées ci-dessous.

Le jour de l'acquisition des données RoxAnn, nous avons noté un grand nombre de stipes de Sargasses, ce qui signifie que la biomasse de l'algueraie n'était probablement pas à son maximum, et donc que

Les processus de classification automatique de l'image ne permettent pas d'obtenir une cartographie satisfaisante du fait de la confusion de classes entre les zones profondes et les zones à algues brunes. La zone a donc été délimitée par photo-interprétation de l'image après segmentation à l'aide du logiciel eCognition (**Fig.11**).

Les classes issues des classifications hiérarchiques effectuées sur les données Roxann de cette zone, superposées à l'image, ne permettent pas de définir de classes Sargasses. Les seuillages testés séparément sur les deux bandes (rugosité, dureté) ne permettent pas de mettre en évidence de classe bien délimitée : les transitions visibles à l'image ne ressortent pas clairement des données Roxann.

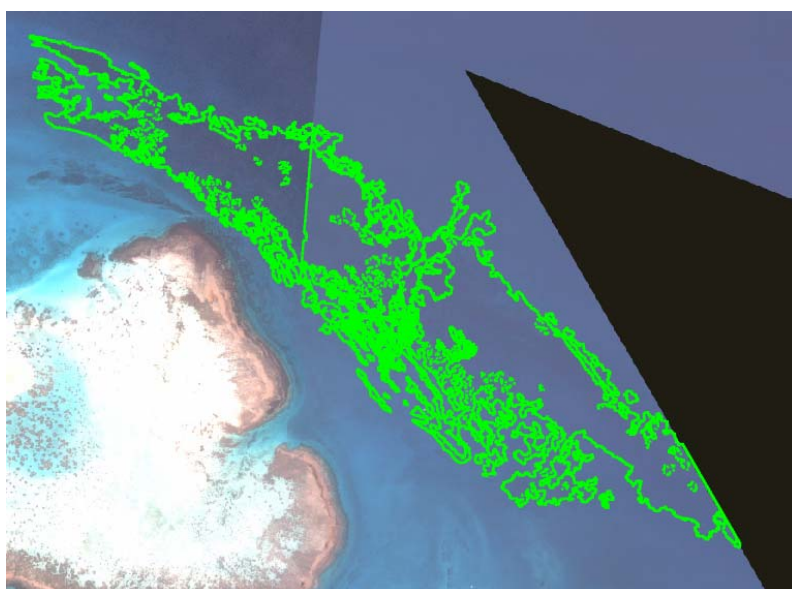


Figure 11 : fichier vectoriel de l'algueraie à Sargasses à l'est de Crouy superposé à l'image QB

3.4 Cas 4 : algueraies profondes en limite de détection optique

Une zone à l'est des Bancs de l'Ouest et du Phare Amédé a été identifiée par photo-interprétation comme étant probablement une algueraie à Sargasses. Deux plongées de vérification l'ont confirmé. L'algueraie se trouve à 20m de profondeur.

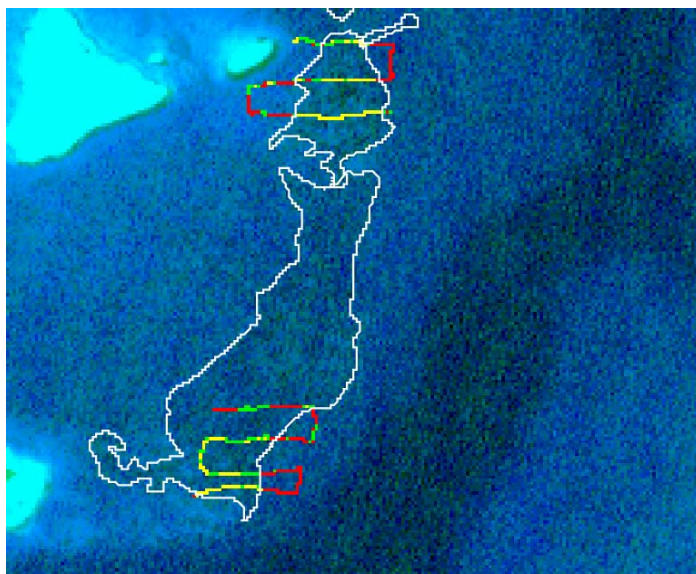


Figure 12 : classification non superposée des données RoxAnn superposée à un simple contourage de l'alguaire à Sargasses obtenue par photo-interprétation, Bancs de l'Ouest

La classification non supervisée des données RoxAnn n'est que partiellement en accord avec le contourage obtenu par photo-interprétation de l'image L7 (**Fig. 12**). La concordance des transitions est bonne sur la zone en haut de l'image, moyenne sur la zone au bas de l'image.

Dans ce cas, il est difficile d'évaluer qui des données optiques ou acoustiques nous donne le meilleur résultat. Des points de contrôle seraient nécessaires sur les zones de discordance des deux méthodes.

3.5 Cas 5 : algueraies en zone turbide

Au-delà de 20m de profondeur en eau claire, ou en eau très turbide, l'imagerie satellitaire ne peut plus nous apporter d'informations quant à la nature du fond, et ne peut donc plus nous guider pour le choix des sites. Les données RoxAnn ne sont pas affectées par la turbidité de l'eau et moins affectées par la profondeur que les données optiques. Les données de sédimentologie peuvent nous guider pour le choix des sites d'investigation, les Sargasses ne se développant pas sur les fonds meubles (sables et vases).

L'évaluation du RoxAnn en milieu turbide est équivalente à l'évaluation d'un cas en eau claire en ne disposant que des données acoustiques. Le résultat est généralement bon (il reste proche de ce qui est obtenu en rajoutant les données optiques), à condition que la zone soit suffisamment homogène à l'échelle des habitats. Néanmoins un plus grand nombre de points de vérité-terrain est nécessaire dans cette situation.

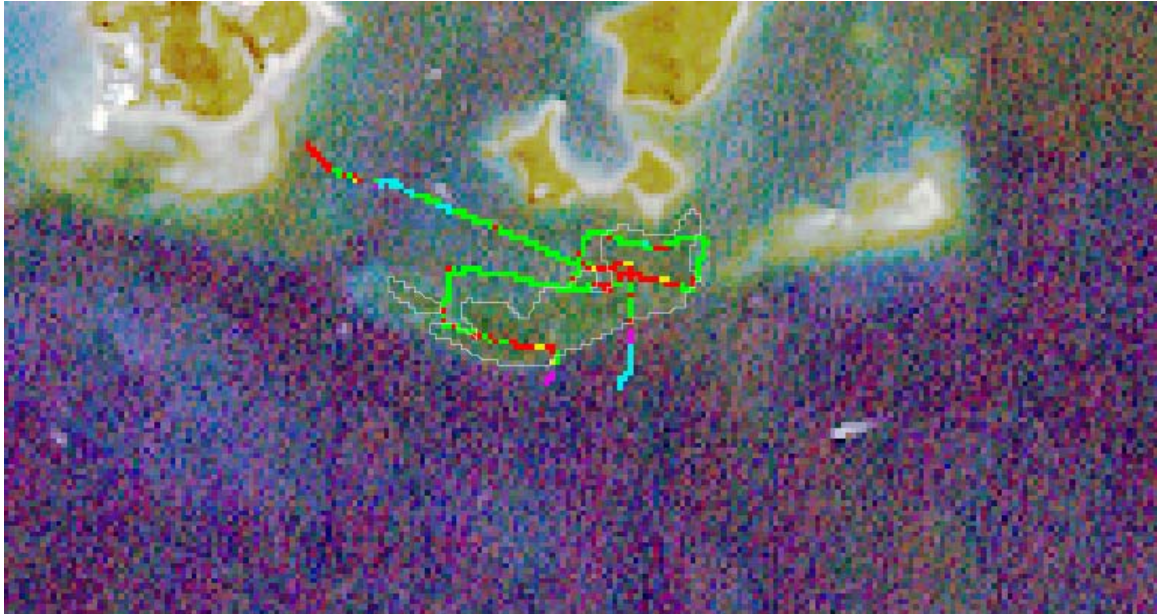


Figure 13 : classification hiérarchique ascendante des données RoxAnn sur la zone au sud des îlots Sainte Marie, superposée à l'image L7. La zone supposée de Sargasses est contourée.

La zone choisie pour illustrer le cas de l'algueraie en zone turbide se situe au sud des îlots Sainte Marie. Bien que l'image de la zone soit très affectée par la turbidité, nous avons pu déterminer par photo-interprétation une zone étant potentiellement une algueraie à Sargasses. Nous disposons de deux points de contrôle sur cette zone qui ont confirmé la présence de Sargasses. Une classification hiérarchique ascendante sur les données acoustiques (**Fig. 13**) a été réalisée. Les pixels classifiés en rouge sont probablement des Sargasses, mais les deux points de contrôle sur la zone nous ont montré un substrat hétérogène de dalle et débris avec des densités de Sargasses variables. D'autres points de vérité-terrain seraient nécessaires pour valider cette classification, qui n'est probablement pas très bonne compte tenu du comportement du RoxAnn lorsque la cible est hétérogène.

En zone turbide, comme en zone profonde au-delà de 20m, la validation des cartes nécessite un travail de vérité terrain important : l'image satellitaire ne nous est dans ce cas d'aucune utilité pour définir les limites de l'algueraie, un contrôle *in situ* est nécessaire.

4 Analyse complémentaire : Variabilité du signal optique et acoustique

La grande variabilité intrinsèque de l'habitat « algueraie de Sargasses » implique une grande variabilité du signal acoustique ou optique résultant. La variabilité spatiale intra- et inter-algueraies rend difficile la détermination des critères de classification acoustique objectifs valables dans toutes les configurations sur la base de notre jeu de données.

4.1 *Variabilité temporelle*

Une série temporelle d'image L7 couvrant la zone étudiée a été analysée. Sur la **Figure 14** sont présentée quatre extraits d'image datant du 21 février 2001, 28 mars, 3 août et 4 septembre 2002. Pour ce traitement préliminaire, aucune correction atmosphérique de l'image n'a été réalisée. Même avec des conditions de turbidité différentes, nous pouvons conclure par simple analyse de contraste par rapport au substrat entourant les algueraies (sable ou dalle) qui lui est très stable dans le temps, que les algueraies sont variables dans le temps en position et en densité. On note ici au nord du Récif Larégnère, au sud ouest du platier de l'îlot Larégnère et à l'est de Crouy, des algueraies qui ont un signal radiométrique hautement variable dans le temps.

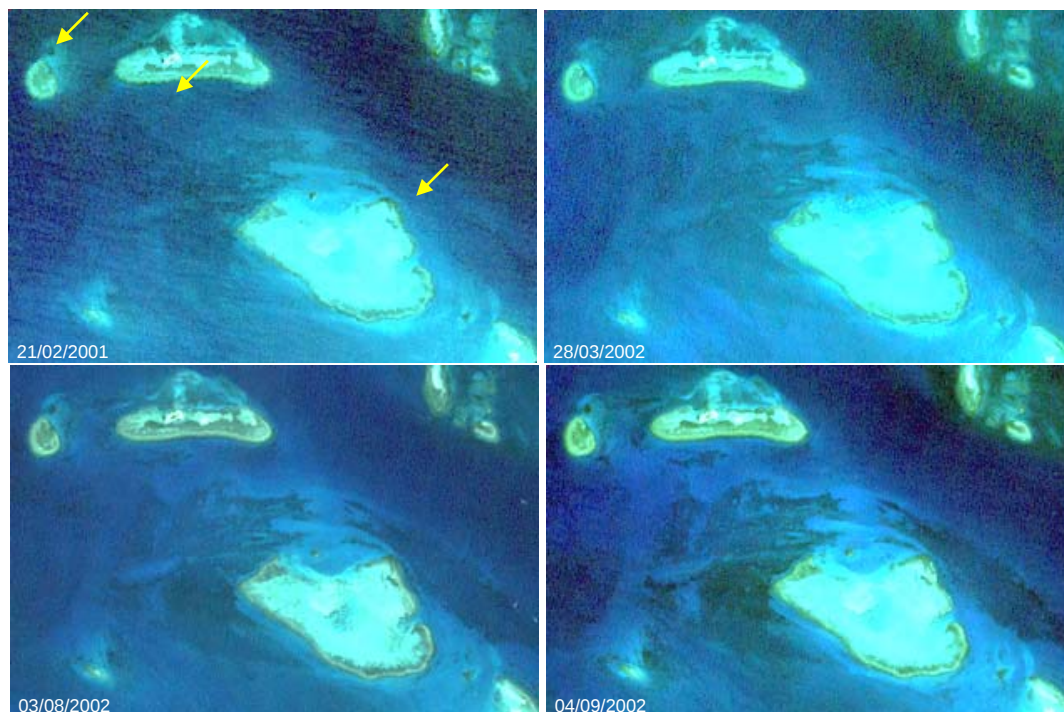


Figure 14 : Série temporelle d'images Landsat7 mettant en évidence la variabilité temporelle de la biomasse des algueraies de Sargasses

4.2 Variabilité spatiale

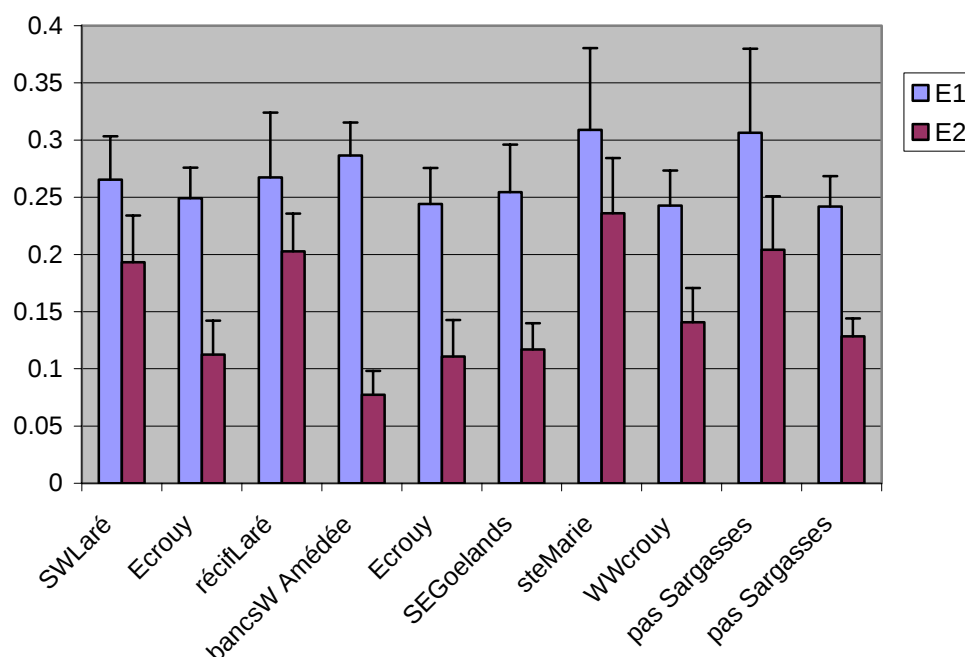


Figure 15 : Illustration de la variabilité spatiale des algueraies de Sargasses du point de vue acoustique

La **Figure 15** illustre la variabilité spatiale des algueraies à Sargasses d'un point de vue acoustique au moment de l'acquisition des données. Les deux exemples intitulés « pas Sargasses » donnent une référence de signal acoustique d'habitats homogène sans Sargasses. Il semble donc qu'il ne soit pas possible de définir simplement des seuils génériques permettant de discriminer cet habitat d'un point de vu acoustique. Toutefois, comme discuté plus haut, cela reste possible dans un contexte spatio-temporel donné et limité.

Le travail de vérité terrain effectué en apnée ou en plongée nous a permis d'expliquer cette variabilité par les facteurs densité, hauteur de la canopée, cortège végétal, présence d'épiphytes, qualité du substrat (**Fig.16**)

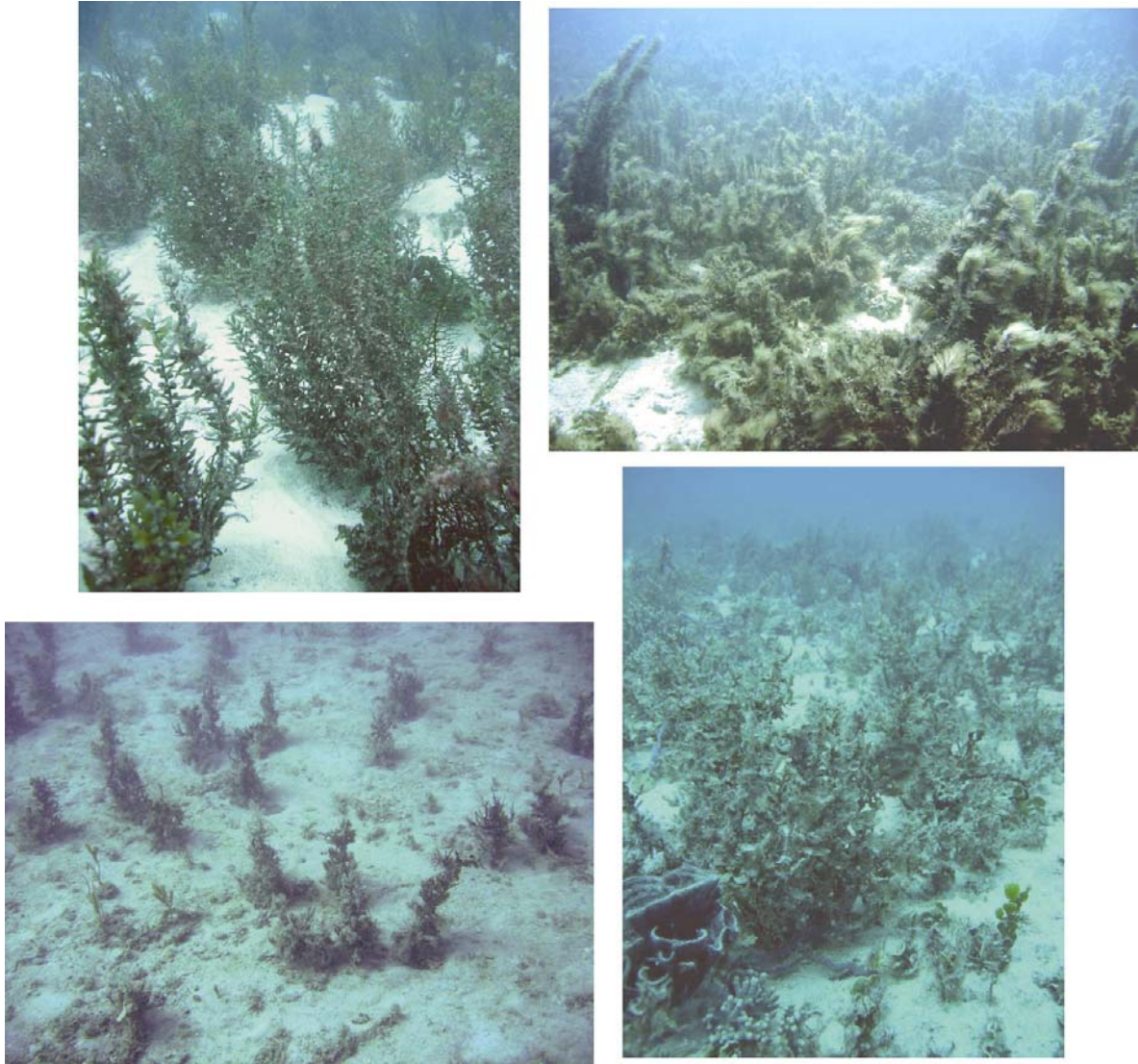


Figure 16 : quelques exemples d'algueraies à Sargasses du Lagon Sud

5 Conclusion

La variabilité saisonnière des algueraies de Sargasse a probablement joué en notre défaveur compte tenu du grand nombre de stipes de Sargasses observé en décembre à l'est de Crouy, mais peut être un atout important pour leur discrimination aussi bien du point de vu optique que du point de vu acoustique. Si nous disposons d'une série temporelle de données, la confusion avec d'autre habitats pourra être plus aisément levée, notamment par exemple avec les herbiers à phanérogame dont la biomasse varie peu avec les saisons (observation personnelle). Un suivi temporel sur une année, sur un petit nombre de sites, permettrait de connaître cette variabilité et d'optimiser l'acquisition des données optiques et acoustiques.

La télédétection optique semble être un excellent moyen pour cartographier à grande échelle les algueraies de Sargasses en milieux peu profond et peu turbide. Au-delà d'une certaine limite de profondeur ou de turbidité (20m en eau claire mais 6m dans le cas présenté au sud des îlots Sainte Marie), l'apport des données acoustiques est nécessaire pour compléter les données satellitaires et permettre de valider la photo-interprétation.

Nous recommandons d'utiliser les données optiques de façon systématique pour la cartographie des algueraies à Sargasses situées dans la zone de profondeur 0-20m, et d'utiliser les données acoustiques pour lever les ambiguïtés de la classification de l'image liées aux confusions de classes.

La principale difficulté de l'utilisation du RoxAnn pour la cartographie des algueraies est la localisation des algueraies, car il n'est pas possible de donner de limites précises bornant le signal acoustique des algueraie à Sargasses du fait de la variabilité intrinsèque de cet habitat. Par contre, si une zone de Sargasses est localisée, le RoxAnn permet d'obtenir rapidement et à faible coût les limites de la zone, par contraste avec les habitats voisins.

L'utilisation du RoxAnn seul en zone profonde ou turbide est envisageable. Mais il semble difficile d'envisager de rechercher les zones de Sargasses « en aveugle » en utilisant le RoxAnn, sauf pour le cas d'algueraies denses, ce qui implique de choisir la saison (encore à définir) pendant laquelle leur biomasse est maximale pour l'acquisition des données.

Une typologie plus fine de l'habitat « algueraie à Sargasses » en associant des données spécifique comme, le cortège végétal et le substrat devrait être envisagé. Le travail de Lydiane Mattio permettra d'affiner le travail d'interprétation des données Roxann et satellitaires.

La démarche qui nous semble être la plus efficace pour cartographier rapidement l'habitat « algueraie de Sargasses » serait de réaliser une classification par zone, à l'aide de la combinaison des données acoustiques et optiques, de superposer ensuite le résultat à une image segmentée puis d'extraire par photo-interprétation la zone d'algueraie. Cette méthode est probablement valable jusqu'à 20m de profondeur si nous disposons d'une image de bonne qualité, i.e. présentant une colonne d'eau très peu turbide.

Compte tenu du travail qui a été réalisé en 7 jours de terrain et un mois d'analyse, nous pouvons penser qu'en 8 mois, 2 à 3 mois de terrain et 5 à 6 mois d'analyse, une personne expérimentée et familière du terrain, avec les moyens disponibles à l'IRD, pourrait réaliser une cartographie complète des algueraies à Sargasses du lagon sud ouest. Les données dont C.

Chevillon s'est servi pour réaliser la cartographie des fonds du lagon dans le cadre de ZoNéCo pourraient, préalablement à toute nouvelle acquisition de données, être traitées en les fusionnant à des images satellitaires. L'acquisition de nouvelles données Roxann sera certainement nécessaire pour raffiner la maille d'échantillonnage sur les sites identifiés « algueraie à Sargasses ».

Remarques :

- Nous avons décidé de présenter dans ce rapport l'ensemble des méthodes testées, bien que leur utilisation ne soit pas toujours adaptée au cas traité, car elles pourraient s'avérer intéressantes dans d'autres situations, par exemple dans le cas où nous aurions à disposition seulement l'un des deux types de donnée, ou un autre type de données comme des photos aériennes géoréférencées fournissant une donnée visuelle mais non radiométriquement calibrée.
- La vérité terrain nécessaire à la validation statistique de toutes les cartographies n'a pas été réalisée. Cela exige un grand nombre de points vérité terrain, ce que ne permettait pas la durée de cette étude. Toutefois, les reconnaissances observées ici sont jugées de bonne qualité par comparaison avec d'autres sites et habitats pour lesquels nous disposons d'une vérité-terrain plus importante.

Références

- Andréfouët, S., E. J. Hochberg, et al. (2004). Multi-scale remote sensing of coral reefs. Remote Sensing of Coastal Aquatic Environments. R. L. Miller, C. E. D. Castillo and B. A. McKee, Kluwer Academic Publishers.
- Andréfouët S., M. Kulbicki, C. Payri, G. Dirberg, A. Cros, M. Scamps. Rapport Zonéco : Mesure, suivi et potentiel économique de la diversité de l'habitat récifo-lagonaire néo-calédonien : inventaire des herbiers, suivi des zones coralliennes et rôle des habitats dans la distribution des ressources en poissons de récifs . En préparation.
- Chevillon C. (2005). Rapport Zonéco : Caractérisation des types de fonds et habitats benthiques par système de discrimination acoustique dans le lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie.
- Congalton, R. and K. Green (1999). Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and practices. New-York, Lewis Publishers.
- Mattio L., (2004). Etude préliminaire de la diversité du genre *Sargassum* (Phaeophyta, Fucales) en Nouvelle-calédonie. Evaluation des difficultés taxonomiques. DU PREMICE, DEA Université Aix-Marseille II, 43 PP.
- Riegl et al. (2006). Distribution and seasonal biomass of drift macroalgae in the Indian River Lagoon (Florida, USA) estimated with acoustic seafloor classification (QTCView, *Echoplus*). Journal of experimental marine biology and ecology.

Annexes et Fichiers électroniques joints à ce rapport

Les fichiers vectoriels fournis ont été créés avec le logiciel eCognition et peuvent être lus par tous les logiciels de SIG en utilisant le système de projection UTM 58S WGS84 :

- Sargasses_est_Crouy.shp
- Sargasses_nord_RecifLaregnere.shp
- Sargasses_sudouest_Laregnere.shp

Figure 16 : fichiers vectoriels fournis avec ce rapport, superposés à une image L7



Figure 17 : fichiers vectoriels UTM 58S WGS84 fournis avec ce rapport, superposés à une image L7