

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Environnement

Thème :

Cartographie de la limite supérieure de l'herbier à
Posidonia oceanica et du Trottoir à Vermets dans
la région de Tipaza

Présenté par : ZERROUK CHABANE

Soutenu le 21 Septembre 2016 devant le jury composé de :

Mr. MEZOUAR K.	Maître de conférences A (ENSSMAL)	Président
Mme BOUMAZA S.	Maître de conférences B (ENSSMAL)	Examinatrice
Mr. GUERFI M.	Professeur (ENSSMAL)	Examineur
Mr. SEMROUD R.	Professeur (ENSSMAL)	Promoteur
Mr. BOUKORT R.	Maître Assistant A (ENSSMAL)	Co-promoteur

Promotion : 2015-2016

Remerciements

La liste est longue, l'espace est réduit. Je ferai de mon mieux, mais l'exhaustivité est impossible. Mes vifs remerciements s'adressent à :

Mr MEZOUAR K., Mme BOUMAZA S. et Mr GUERFI M.

qui m'ont fait l'honneur de bien vouloir constituer mon jury de mémoire.

Mr SEMROUD R. *mon promoteur, pour l'aide scientifique qu'il a su m'apporter tout au long de ce mémoire.*

Mr BOUKORT R. *pour sa lourde contribution au travail de terrain, ses remarques judicieuses, sa disponibilité, son aide et ses encouragements*
Qu'il trouve ici toute ma gratitude.

Le réseau mixte des écoles (RME) qui m'ont offert la chance de poursuivre une formation en France dans la thématique de ce travail

Mr GERARD P. *qui m'a bien accueilli et aimablement aidé tout au long du stage que j'ai effectué au sein de son équipe « Écosystèmes littoraux » à l'université de Corse.*

Mme AUDREY V. *doctorante à l'université de Corse qui m'a beaucoup aidé pour ma familiarisation avec les logiciels de cartographie.*

Mr TARMOUL F. *pour son aide scientifique et morale et sa contribution dans ce travail.*

Mr ZERROUKI M. *qui m'a beaucoup aidé sur le terrain.*

Mes parents, qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours. Je les remercie pour leur compréhension, leur confiance et leur soutien dans les moments les plus difficiles.

Tous les enseignants qui ont contribué à ma formation.

Tous ceux qui m'ont soutenu et contribué de près comme de loin, à l'élaboration et finalisation de ce mémoire.

Zerrouk Chabane

Dédicaces

Je dédie ce travail :

*À mes parents **Abd El Malek et Malika,***

*À mes grandes sœurs **Hakima, Meriem et Hanen** et leurs époux,*

*À mes grands frères **Karim, Kamel** et son épouse **Loubna,***

*Aux petits bout'choux : **Manar, Dounia, Younes, Kossai,***

Adem, Islem, Mohamed Amine et Odai.

*Ce modeste travail est également dédié à toute la famille **Zerrouk et Lakab,***

en particulier mes oncles, mes cousins et mes grands-parents

à qui je souhaite une longue vie.

*À tous mes amis : **Lounes, Amine, Fayssel, Farid, Mouh, Adel, Fateh, Simou,***

Hichem, Amir, Islem, Haroun, Abd El Hak, Zoufa, Zina, Zineb, Khadija,

Hamdous, Racha, Nawel. Meriem, Soraya et Houda.

Zerrouk Chabane

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des travaux de cartographie des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> en Algérie	29
Tableau 2 : Erreurs observées et solutions	57

Liste des figures

Figure 1 : Aspect général d'un herbier à <i>Posidonia oceanica</i> (© S. Ruitton)	15
Figure 2 : Structure de <i>Posidonia oceanica</i> (©junta de andalucia)	16
Figure 3 : Aspect général de la matre constituée par les rhizomes et le sédiment (Boudouresque et <i>al.</i> , 2006)	16
Figure 4 : Distribution géographique de <i>Posidonia oceanica</i> en Méditerranée (trait vert) (d'après Pergent et <i>al.</i> , 2012, modifiée)	18
Figure 5 : Rôle des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> dans les équilibres physiques du système littoral (©junta de andalucia)	19
Figure 6 : Schéma récapitulatif des principaux rôles de l'herbier de Posidonie (d'après Charbonnel et <i>al.</i> , 2000)	21
Figure 7 : Couverture du globe terrestre par un satellite SPOT (larousse.fr)	23
Figure 8 : Représentation d'un navire océanographique remorquant un « poisson » (sonar) (Paillard, M. et <i>al.</i> , 1993)	24
Figure 9 : Exemple d'enregistrement bathymétrique d'un sondeur multifaisceaux. (Pergent-Martini, C., 2011).....	25
Figure 10 : État des connaissances sur la répartition des documents cartographiques sur les magnoliophytes marines en Méditerranée (% de littoral cartographié).....	26
Figure 11 : Les principales espèces édifiant le bioconcrétionnement à Vermets	30
Figure 12 : Zonation des plates-formes à Vermets (d'après Blanc et Molinier, 1955 in Bellan-Santini et <i>al.</i> , 1994)	31
Figure 13 : Trottoir à Vermets (Kouali, Tipaza-Chenoua) (Semroud, 2014).....	32
Figure 14 : Corniche à Vermets (Kouali, Tipaza-Chenoua) (Semroud, 2014)	33
Figure 15 : Roche montrant la présence de <i>Dendropoma petraum</i> à Kouali (Semroud, 2014)	34
Figure 16 : <i>Vermetus triqueter</i> occupant la partie interne du trottoir à Kouali (Semroud, 2014)	34
Figure 17 : Situation géographique de la zone d'étude dans la baie de Bou-Ismaïl	40

Figure 18 : Sédimentologie générale de la baie de Bou-Ismaïl (d'après Leclaire, 1972)	41
Figure 19 : Transit sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl (d'après le L.E.M., 2005, modifiée)	43
Figure 20 : Principaux points de rejet d'eaux usées dans la baie de Bou-Ismaïl (BACHARI, 2009, Modifiée)	44
Figure 21 : Seau de Calfat utilisé	45
Figure 22 : GPS <i>Garmin</i> utilisé pour la géolocalisation (précision de l'ordre de 5m)	45
Figure 23 : Eco-sondeur portatif	46
Figure 24 : Modules intégrés du logiciel ArcGIS et leur utilisation	47
Figure 25 : Acquisition des données sur le terrain	48
Figure 26 : Localisation des points d'observations (vérités terrain) au niveau du secteur Ouest de la zone d'étude	49
Figure 27 : Localisation des points d'observations (vérités terrain) au niveau du secteur Centre de la zone d'étude	49
Figure 28 : Localisation des points d'observations (vérités terrain) au niveau du secteur Est de la zone d'étude	50
Figure 29 : Image satellite du secteur de la Corne d'Or avec des points de repère issus de Google Earth Pro (2015)	51
Figure 30 : Schéma de mise en œuvre du traitement d'image	53
Figure 31 : Moutons de vagues classés en roche au sein de l'herbier	54
Figure 32 : Erreurs inter-classes (sable profond classé en herbier)	54
Figure 33 : Découpage de la zone d'étude en cinq tronçons	56
Figure 34 : Cartographie des principaux peuplements de la Corne d'Or	57
Figure 35 : Cartographie des principaux peuplements de l'anse de Kouali située à l'Ouest	59
Figure 36 : Cartographie des principaux peuplements de l'Anse centrale de Kouali	60
Figure 37 : Cartographie des principaux peuplements de l'Anse de Kouali située à l'Est	61
Figure 38 : Cartographie des principaux peuplements du cinquième tronçon	63
Figure 39 : Cartographie générale des principaux habitats marins des Anses de Kouali (Tipaza)	65

Liste des acronymes

ACP : Analyse en Composantes Principales

CNES : Centre National d'Études Spatiales

ESRI: Environmental Systems Research Institute

GPS : Global Positioning System

LEM : Laboratoire d'Études Maritimes

ONM : Office National de la Météorologie

PAC : Projet d'Aménagement Côtier

PAS BIO : Programme d'Action Stratégique pour la Conservation de la Diversité Biologique

PNUE : Programme des Nations Unies pour l'Environnement

SIG : Système d'Information Géographique

ha : hectare

kHz : kilohertz

km : kilomètre.

m : mètre

mm : millimètre

E : Est

N : Nord

O : Ouest

P : Précipitations

°C. : degré Celsius

T : Température

Table des matières

Remerciements	II
Dédicaces	III
Liste des tableaux et des figures	IV
Liste des acronymes	V
Introduction	12
<u>Chapitre 1 : Généralités</u>	
1.1. Présentation de la Posidonie	15
1.2. Morphologie et biologie	15
1.3. Exigences écologiques et distribution en mer Méditerranée	17
1.4. Importance et rôles	18
1.4.1. Rôle dans les équilibres écologiques du système littoral	18
1.4.2. Rôle dans les équilibres physiques du système littoral	19
1.4.3. Rôle économique	19
1.4.4. Rôle de bioindicateur	20
1.5. La régression des herbiers	21
1.6. Méthodes de cartographie sous-marine des habitats benthiques	22
1.6.1. Les techniques d'imageries optiques	23
1.6.1.1. Les images satellitaires	23
1.6.1.2. L'imagerie multi spectrale ou hyper spectrale	23
1.6.1.3. Les photographies aériennes	24
1.6.2. Les techniques acoustiques	24
1.6.2.1. Le sonar à balayage latéral	24
1.6.2.2. Le sondeur acoustique à faisceau unique	24
1.6.2.3. Le sondeur multifaisceaux	25
1.7. État des connaissances sur la répartition géographique des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> ...	25
1.7.1. Synthèse des travaux de cartographie des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> en Méditerranée	26

1.7.2. Synthèse des travaux de cartographie des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> en Algérie	27
1.8. Présentation du Trottoir à Vermet	30
1.9. Description	30
1.10. Zonation	30
1.11. Types morphologiques	31
1.11.1. Le type en “trottoir” ou en ” plate-forme”	31
1.11.2. La forme “en corniche” ou “encorbellement”	32
1.11.3. La forme en atoll	33
1.12. Structure interne	33
1.13. Distribution géographique	34
1.14. Importance et rôle	35
1.15. Menaces sur les trottoirs à Vermets	35
1.15.1. La pollution des eaux	35
1.15.2. Les aménagements littoraux	36
1.15.3. La fréquentation et le piétinement	36
1.15.4. La biodestruction	36
1.16. Mesures de protection	37
1.17. Les trottoirs à Vermets en Algérie	38

Chapitre 2 : Matériel et Méthodes

2.1. Présentation du site d'étude	40
2.1.1. Situation géographique	40
2.1.2. Morphologie côtière	41
2.1.3. Réseau hydrographique	41
2.1.4. Sédimentologie	41
2.1.5. Climatologie	42
2.1.5.1. Température et précipitation.....	42
2.1.5.2. Salinité	42
2.1.5.3. Les vents	43
2.1.6. L'hydrodynamisme	43

2.1.7. Pressions anthropiques sur la baie	44
2.2. Matériels utilisés	45
2.2.1. Seau de Calfat	45
2.2.2. Global Positioning System (GPS)	45
2.2.3. Eco-sondeur portatif	46
2.3. Présentation des logiciels utilisés	46
2.3.1. ENVI	46
2.3.2. ArcGIS	46
2.4. Méthode de cartographie utilisée	47
2.4.1. Acquisition des images satellitaires	47
2.4.2. Acquisition des données terrain	47
2.4.3. Géoréférencement des images	50
2.4.4. Traitement d'images	51
2.4.4.1. Masquage de la terre (et/ou d'une partie de l'image)	51
2.4.4.2. Amélioration de l'image	51
2.4.4.3. Analyse en Composantes Principale (ACP)	52
2.4.4.4. Définition de parcelles d'entraînement	52
2.4.4.5. Classification de l'image	52
2.4.4.6. Filtration de l'image	52
2.4.4.7. Vectorisation	52
2.4.5. Intégration dans un système d'information géographique (SIG)	53

Chapitre 3 : Résultats et discussion

3.1. Description des habitats étudiés	56
3.1.1. Description des principaux peuplements du premier tronçon	57
3.1.1.1. Description de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> du premier tronçon (la Corne d'Or)	58
3.1.1.2. Description du trottoir à Vermets du premier tronçon (la Corne d'Or)	58
3.1.2. Description des principaux peuplements du deuxième tronçon	58
3.1.2.1. Description de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> du deuxième tronçon (l'anse de Kouali située à l'Ouest)	58

3.1.3. Description des principaux peuplements du troisième tronçon	59
3.1.3.1. Description de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> du troisième tronçon (l'anse centrale de Kouali)	59
1.4. Description des principaux peuplements du quatrième tronçon	61
3.1.4. Description de l'herbier à <i>Posidonia oceanica</i> du quatrième tronçon (l'anse de Kouali située à l'Est)	61
3.1.5. Description des Plates-formes à Vermets des trois anses de Kouali	62
3.1.6. Description des principaux peuplements du cinquième tronçon	63
3.1.6.1. Description des herbiers à <i>Posidonia oceanica</i> du cinquième tronçon	63
3.1.6.2. Description du trottoir à Vermets du cinquième tronçon	64
3.1.7. Cartographie générale des principaux peuplements dans la zone d'étude	64
Conclusion	67
Références bibliographiques	70
Annexes	78



Introduction

Introduction

La diversité des habitats benthiques méditerranéens constitue la base de sa richesse spécifique (Bellan-Santini et al., 1994, Relini, 2009). Parmi ces habitats on distingue, l'écosystème le plus emblématique de la Méditerranée, l'herbier à *Posidonia oceanica*. En effet, constituant des zones de frayères et de nurserie et formant un habitat permanent pour de nombreuses espèces, notamment d'intérêt commercial, cet écosystème est à la base de la richesse des eaux littorales, par les surfaces qu'il occupe et par le rôle essentiel qu'il joue au niveau biologique, dans le maintien des équilibres littoraux et des activités économiques concomitantes (Pergent, 2006).

On distingue également, parmi les peuplements à très fortes potentialités sur le plan de la biodiversité, les Plates-formes à Vermets. Formations bio-géologiques exceptionnelles, elles sont considérées comme l'un des paysages marins et monuments naturels les plus remarquables en Algérie car elles jouent un rôle important dans la protection côtière, dans le maintien des équilibres biologiques et écologiques du littoral et constituent un excellent outil d'étude des fluctuations du niveau moyen de la mer au cours du temps (Pergent, 2006).

L'intérêt considérable de ces deux formations remarquables rend nécessaire leur étude et protection, Mais comment protéger des écosystèmes dont on ne connaît pas la localisation et l'extension exacte ? À cet effet, il est primordial de pouvoir, en premier lieu, les localiser et connaître leur expansion la plus exacte. Devenue un objectif prioritaire, ces dernières années, la cartographie constitue alors un outil de surveillance très important permettant l'évaluation de leur avancée, de leur maintien ou de leur régression. En effet, l'absence de données cartographiques constitue l'une des plus importantes lacunes dans une optique de conservation (Pergent, 2012).

Les données disponibles en terme de distribution des magnoliophytes marines en Méditerranée, et en particulier les herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, montrent que malgré une augmentation des connaissances, on dispose seulement de quelques données quantitatives dispersées, et que l'information se limite encore trop souvent à la seule présence ou absence de ces habitats (Giakoumi et al, 2013). En Algérie, les travaux de cartographie des herbiers de Posidonie sont très rares et fragmentaires. Le constat est globalement le même en ce qui concerne la distribution des formations biogènes que sont les plates-formes à Vermets avec un niveau d'information encore plus réduit.

Il s'agit dans ce travail de présenter ces deux formations, de synthétiser les différents travaux de leur cartographie en Méditerranée et en Algérie mais surtout de présenter et d'appliquer une méthode moderne pour leur cartographie basée sur le traitement d'images géoréférencées, nécessitant ainsi un minimum de moyens humains et matériels et permettant l'obtention de cartes de répartition à grande échelle avec une haute précision faciles à exploiter et intégrer dans un Système d'Informations Géographiques (SIG) (Pasqualini, 2009).

Pour la cartographie des herbiers de Posidonie, on s'intéresse à leur limite supérieure qui constitue un secteur particulièrement sensible à toutes modifications du milieu du fait de sa proximité du rivage. C'est à ce même niveau de la côte, notamment rocheuse, que l'on rencontre également les plates-formes à Vermets qui font aussi l'objet de notre cartographie.

La zone d'étude choisie est celle de Kouali et son littoral proche au niveau de la wilaya de Tipaza où ces deux écosystèmes sont rencontrés simultanément et où ils sont relativement encore bien conservés.

Pour la réalisation de ce travail et dans le cadre de la coopération RME « Réseau Mixte des Écoles » une formation théorique et pratique dans le domaine de la cartographie sous-marine et des Systèmes d'Information Géographiques (SIG) a été effectuée dans l'université de Corse Pascal-Paoli au sein de l'équipe « Écosystèmes Littoraux » sous l'égide du Pr Gérard Pergent, cette formation a duré deux mois (du 5 Octobre au 26 Novembre 2015).



Généralités

1.1. Présentation de *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica est une magnoliophyte marine endémique de la mer Méditerranée (MOLINIER & PICARD, 1952 ; BOUDOURESQUE & MEINEZ, 1982). Il s'agit plus exactement d'une plante angiosperme monocotylédone sous-marine.

Elle constitue entre 0 et 40m de profondeur, des peuplements très denses nommés herbiers.



Figure 1 : Aspect général d'un herbier à *Posidonia oceanica* (© S. Ruitton).

1.2. Morphologie et Biologie

La Posidonie est une plante à fleurs pourvue de racines, d'une tige rhizomateuse, et de feuilles rubanées (Figure 2). Elle est constituée de tiges rampantes ou dressées, généralement enfouies dans le sédiment, que l'on nomme *rhizomes*. Les rhizomes rampants, de croissance horizontale, sont dits *plagiotropes*, et les rhizomes dressés, de croissance verticale, sont dits *orthotropes*. En fonction de l'espace disponible, un rhizome orthotrope peut devenir plagiotrope, et vice-versa (CAYE, 1980). Les rhizomes se terminent par des groupes de 4-8 feuilles (faisceaux), larges de 8-11mm et longues de 20-80cm. Cette longueur peut toutefois atteindre 156cm. Les rhizomes portent également des *racines*, qui peuvent descendre jusqu'à 70cm dans le sédiment (BOUDOURESQUE et al. 2006).

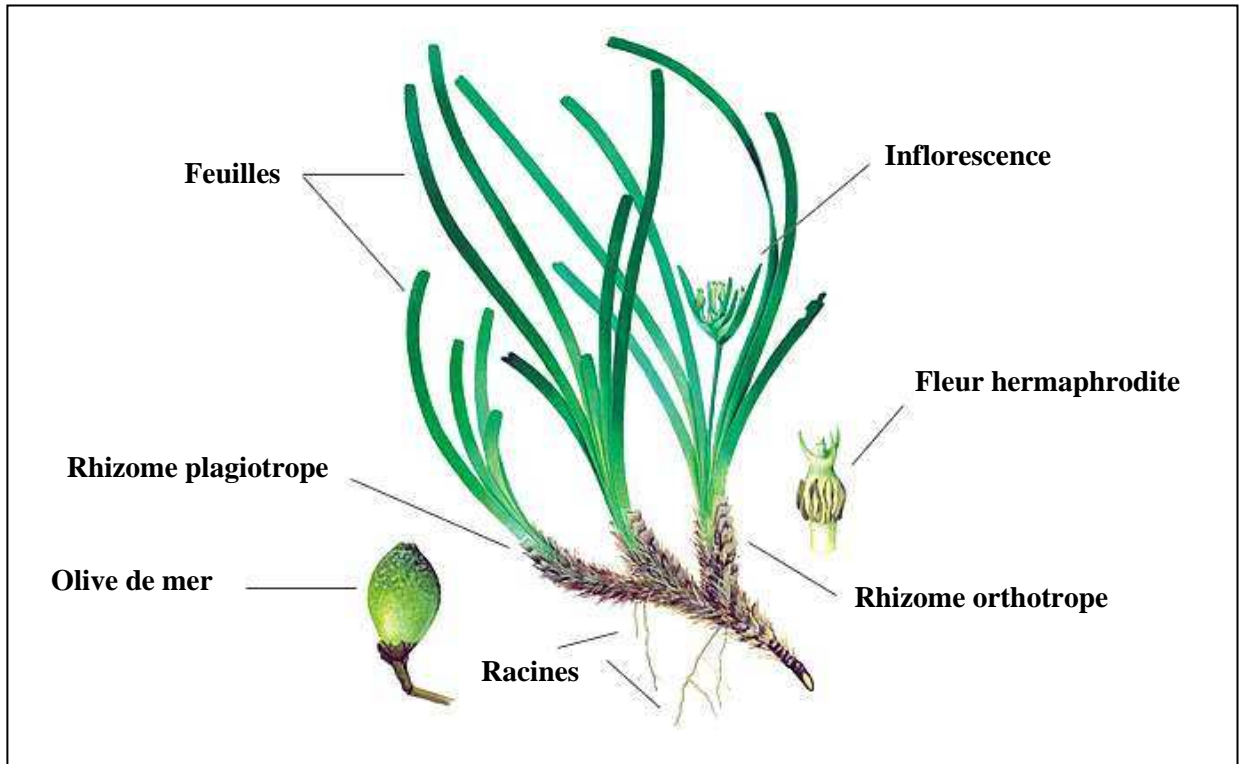


Figure 2 : Structure de *Posidonia oceanica* (©Junta de Andalucía).

On nomme *matte* le lacs de rhizomes peu putrescibles (BOUDOURESQUE, 1983), et le sédiment piégé (Figure 3).

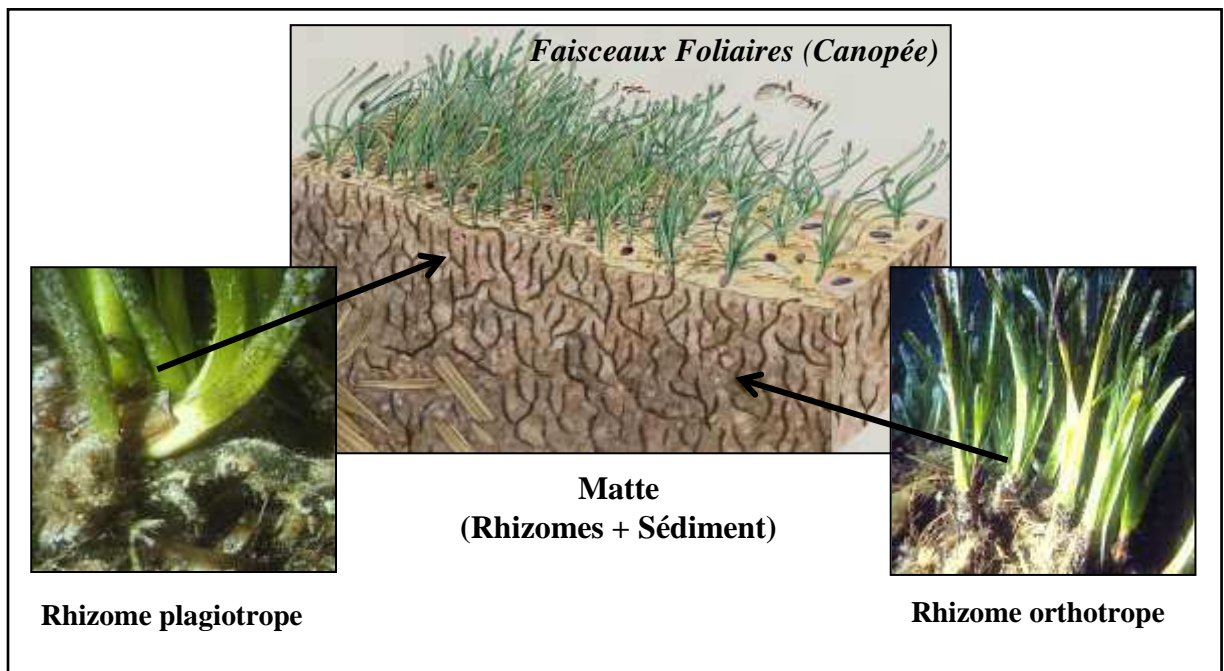


Figure 3 : Aspect général de la matte constituée par les rhizomes et le sédiment (BOUDOURESQUE et al. 2006)

1.3. Exigences écologiques et distribution en mer Méditerranée

En mode calme, *Posidonia oceanica* peut se développer très près du niveau moyen de la mer : ses feuilles s'étalent alors à la surface. La **profondeur** maximale dépend de la transparence de l'eau : dans le Var et en Corse, des touffes isolées de *Posidonia oceanica*. Ont été observées jusqu'à 45-48m de profondeur (AUGIER, BOUDOURESQUE, 1979 ; BOUDOURESQUE et al. 1990).

La **lumière** constitue l'un des facteurs les plus importants pour sa répartition et sa densité (ELKALAY et al. 2003).

Les **températures** extrêmes mesurées dans un herbier à *Posidonia oceanica* sont 9,0 et 29,2°C (AUGIER et al., 1980 ; ROBERT, 1988). Il est possible toutefois que les températures basses (moins de 10°C) et hautes (plus de 28°C) soient supportées qu'exceptionnellement (BOUDOURESQUE et al. 2006).

Elle craint la **dessalure**, il y a dépérissement immédiatement en dessous de 33‰. C'est la faible salinité qui l'élimine de la mer de Marmara (21-27‰), des étangs saumâtres de la côte languedocienne et du voisinage de l'embouchure des fleuves côtiers (BEN ALAYA, 1972).

L'absence de *Posidonia oceanica* de la partie centrale de nombreuses plages pourrait correspondre à la zone de résurgence d'une nappe phréatique (LERICHE, 2004). L'espèce semble mieux résister aux salinités élevées, bien que BEN ALAYA (1972) ait indiqué que 41‰ constitue sa limite supérieure de tolérance.

Elle craint un **hydrodynamisme** trop intense. Les tempêtes arrachent des faisceaux de feuilles, dont certains constitueront des boutures. Elles peuvent éroder la "matte", soit directement, soit en la vidant de son sédiment, ce qui la fragilise. C'est la raison pour laquelle, en mode battu, l'herbier ne s'approche pas à plus de 1 ou 2m de la surface (BOUDOURESQUE et al. 2006).

C'est pour toutes ces exigences (température et salinité) que la Posidonie n'est pas présente partout en Méditerranée (Figure 4). En effet, elle disparaît au niveau du détroit de Gibraltar ainsi qu'à l'est et au nord de l'Adriatique (BOUDOURESQUE, 2006) et à l'embouchure des grands fleuves.

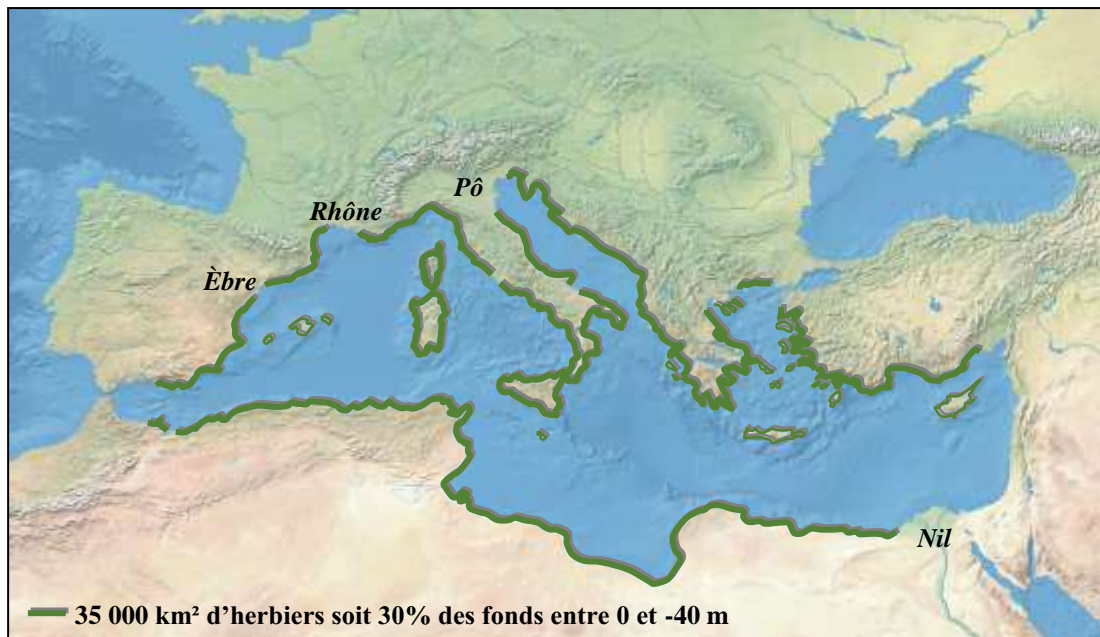


Figure 4 : Distribution géographique de *Posidonia oceanica* en Méditerranée (Trait vert)
(d'après PERGENT et al. 2012).

1.4. Importance et rôles

1.4.1. Rôle dans les équilibres écologiques du système littoral

Par sa capacité de multiplier la surface initialement disponible au sol par 20 à 50 fois (sur 1 m² de sol, les végétaux et animaux fixés disposent de 20 à 50 m² pour s'accrocher) et sa particularité de croître horizontalement et verticalement, les herbiers de Posidonie représente un pôle de biodiversité unique et important pour de nombreuses espèces vivant au niveau de la phyllosphère, du sédiment, ou encore au sein de la matre (Figure 6). Ces espèces utilisent l'herbier comme zone de nutrition (herbivores), de reproduction, de développement pour les juvéniles et d'abri contre les prédateurs pour un grand nombre d'organismes (PERGENT et al. 1997).

Posidonia oceanica est l'une des espèces les plus productives, avec une production primaire moyenne estimée à 4.2 tonnes par hectare et avec une production considérable d'oxygène (en Corse 1 m² d'herbier dégage jusqu'à 14 litres d'oxygène par jour) (Bay, 1978).

1.4.2. Rôle dans les équilibres physiques du système littoral

Au niveau des fonds littoraux, les herbiers à *Posidonia oceanica* constituent d'une part de véritables barrières végétales qui réduisent l'hydrodynamisme (cette réduction est estimée entre 30 et 40 %), la réduction des vagues et des courants est de nature à protéger le littoral de l'érosion et contribue à la stabilité de la ligne de rivage, favorisent la décantation et la sédimentation des particules en suspension dans la colonne d'eau (piégeage) augmentant ainsi la transparence des eaux, d'autre part les feuilles mortes qui s'accumulent sur le rivage en automne au gré des courants constituent de véritables banquettes assurant une protection efficace de la plage vis-à-vis des mécanismes de transport sédimentaire et protègent de l'érosion lors des tempêtes hivernales (Figure 5) . GACIA & DUARTE (2001 in PERGENT, et al. 2008) et contribuent à protéger le littoral de l'érosion. Le maintien de ces banquettes sur les plages apparaît donc comme une nécessité.

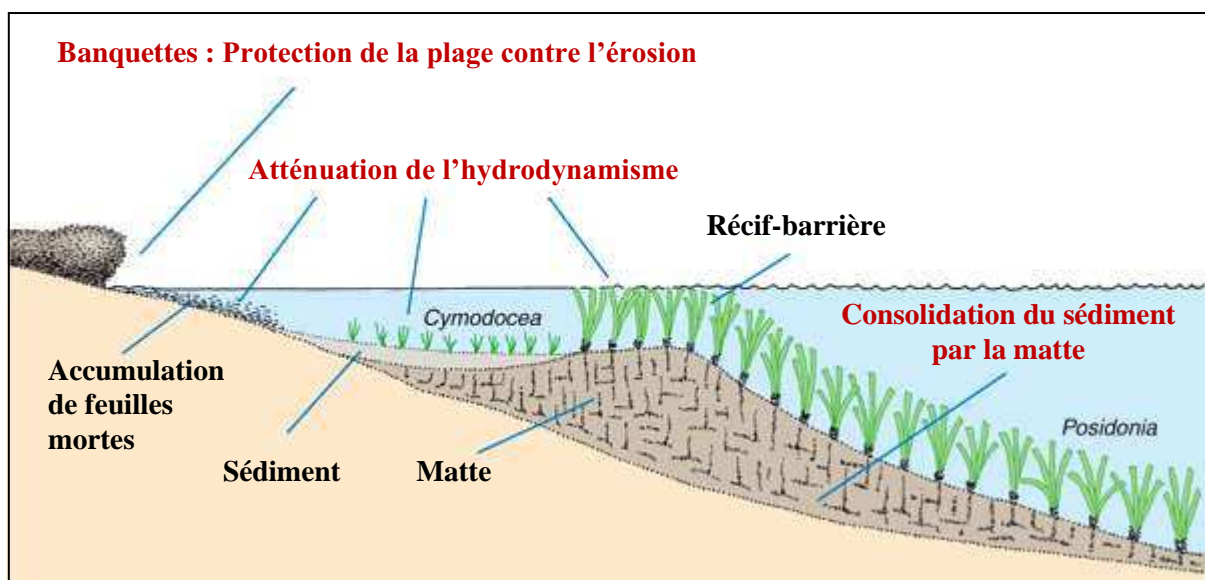


Figure 5 : Rôle des herbiers à *Posidonia oceanica* dans les équilibres physiques du système littoral (©Junta de andalucia)

1.4.3. Rôle économique

L'herbier, du fait de son rôle écologique majeur et des services rendus en matière de protection du littoral par exemple, a une importance économique majeure (COSTANZA et al., 1997; PERGENT, 2006 in PERGENT, et al. 2008).

Il concerne également le développement du tourisme et des activités balnéaires, à travers le maintien de la qualité des eaux, la stabilisation de la ligne de rivage en la protégeant contre l'érosion. De plus, même si les herbiers ne constituent pas toujours des « spots » recherchés

par les plongeurs, ils sont néanmoins à l'origine d'une exportation significative de richesses biologiques (en termes d'espèces et de nourriture) vers d'autres biotopes plus recherchés (fonds rocheux) (BOUDOURESQUE et *al.*, 2006).

L'importance économique qui dérive des services écologiques des herbiers à *Posidonia oceanica*, à l'instar des autres Magnoliophytes marines, est estimée à 19 000 dollars par hectare et par an, soit trois fois plus que les récifs coralliens et dix fois plus que les forêts tropicales (COSTANZA et *al.* 1997 in PERGENT, et *al.* 2008).

1.4.4. Rôle de bioindicateur

Enfin, les herbiers constituent de puissants intégrateurs de la qualité du milieu dans lequel ils se développent (PERGENT et *al.* 2008). En effet, l'herbier constitue un puissant intégrateur de la qualité globale des eaux marines du fait de sa grande distribution, de sa longévité importante, de son mode de vie benthique et de sa sensibilité aux modifications de l'environnement, notamment les agressions liées aux activités humaines (PERGENT et *al.* 2008 ; PASQUALINI et *al.* 1998 ; PERGENT, 2006).

La présence de structures érosives qui affectent la « matte » peut témoigner de la courantologie d'une zone (BOUDOURESQUE et *al.* 2006). Par ailleurs, *Posidonia oceanica* à la faculté de concentrer les métaux traces au sein de ses tissus, proportionnellement aux teneurs présentes dans le milieu, sans que ces derniers ne lui nuisent (résistance à la contamination métallique) (PERGENT et *al.* 2008).

C'est pour toutes ces raisons que les herbiers à posidonie sont devenus, au cours de ces dernières années, un objectif majeur de protection et de gestion du milieu marin en Méditerranée (PERGENT, et *al.* 2008).

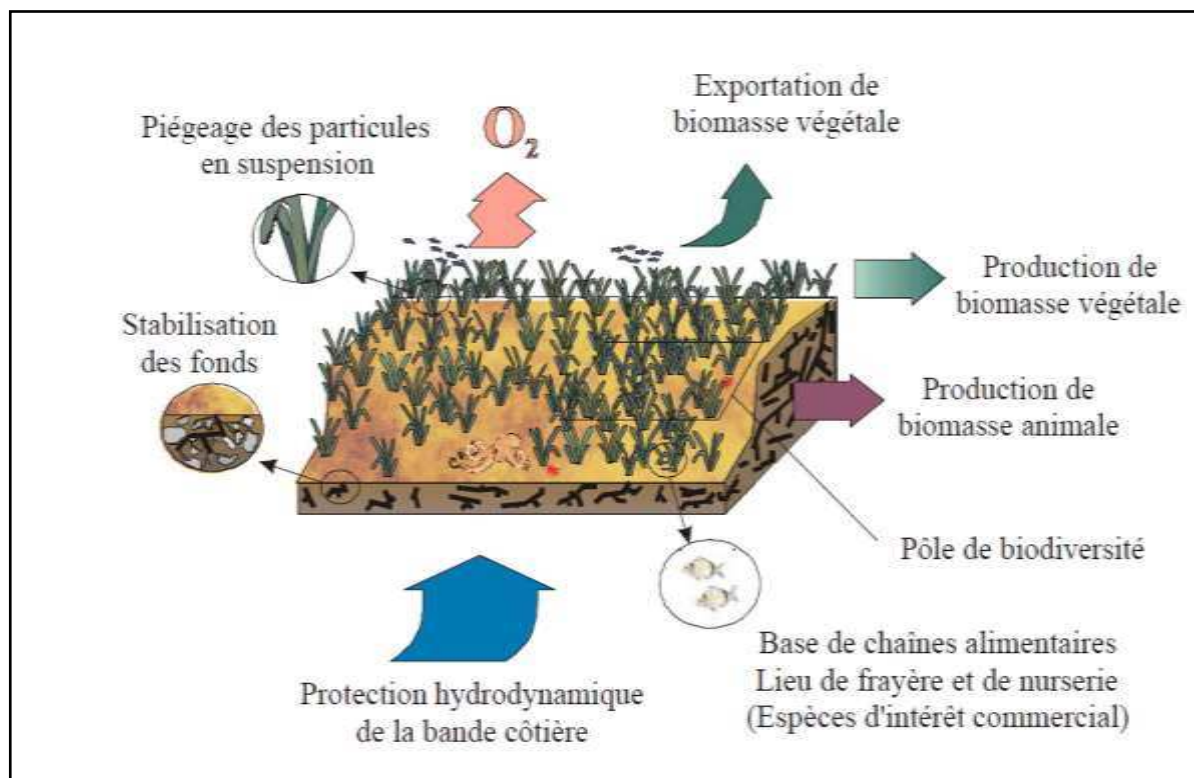


Figure 6 : Schéma récapitulatif des principaux rôles de l'herbier de Posidonie
(d'après CHARBONNEL et *al.* 2000)

1.5. La régression des herbiers

Les herbiers de Posidonie sont fragiles et se montrent très sensibles aux variations de la qualité du milieu ; ils se dégradent lorsque les nuisances sont trop importantes. Ils régressent en profondeur en raison de la diminution de la transparence de l'eau et leur régression se traduit souvent par remontée de la limite inférieure et elle se matérialise avec des "mattes mortes", en aval de la limite actuelle (CHARBONNEL et *al.* 1995)

Les herbiers de Posidonie ne régressent pas seulement en profondeur (en limite inférieure), mais également au niveau de leur limite supérieure. En effet, CHARBONNEL et *al.* (1995) décrivent un nouveau type : la limite morcelée qui correspond à la dégradation d'une limite brusque suite à une perturbation du milieu. En fonction de l'importance et/ou de la proximité du facteur à l'origine de la perturbation (rejets, aménagements, mouillages...), la limite présente des ondulations, ou des invaginations de son rebord, voire se fragmente en taches dont la taille diminue progressivement lorsque l'on se rapproche de la source de perturbation, pour aboutir à des faisceaux isolés (CHARBONNEL et *al.* 1995).

Cette régression peut être liée à des processus naturels (processus cycliques de colonisation et d'érosion, changements climatiques, modification du niveau des océans, événements météorologiques et/ou tectoniques exceptionnels, maladies), mais force est de constater que les régressions le plus souvent observées semblent en relation étroite avec les activités humaines). Il s'agit surtout :

- De la dégradation globale de la qualité des eaux par les rejets en mer d'effluents d'origine urbaines et industrielles ;
- Les aménagements littoraux et des restructurations de la ligne de rivages (BOUDOURESQUE et *al.* 2006) ;
- Des modifications engendrées sur le milieu de manière indirecte, par ces mêmes aménagements (turbidité, hydrodynamisme, sédimentation, érosion) ;
- De la destruction mécanique par ancrages et arts trainants et de l'exploitation des ressources vivantes (PERGENT, 2006).

En Algérie, des phénomènes de destruction ou de régression des herbiers sont souvent rapportés, aux alentours des grands centres urbains, industriels et portuaires : Alger, Annaba, Oran. En effet, du fait de leur localisation très côtière, les herbiers de phanérogames marines sont directement soumis aux impacts engendrés par les activités humaines. Dans la baie d'Alger, les herbiers à *Posidonia oceanica* ne s'étendent guère au-delà de 8m de profondeur, ceux qui subsistent sont dans un état de forte dégradation (BOUMAIZA, 2003).

1.6. Méthodes de cartographie des habitats benthiques

En moins d'un siècle les techniques de levés cartographiques se sont fortement diversifiées et plusieurs ont été appliquées avec succès aux herbiers de magnoliophytes marines à grande échelle. En effet, dans la mesure où la cartographie de ces herbiers concerne les petits fonds (0 – 50 m), elle permet de faire appel aussi bien à des techniques d'imageries optiques (images satellitaires, multi ou hyper spectrales, photographies aériennes) qu'acoustiques (sonar à balayage latéral, sondeurs mono ou multifaisceaux), (PERGENT-MARTINI, 2011).

1.6.1. Les techniques d'imageries optiques

1.6.1.1. Les images satellitaires

Les satellites d'observation de la terre, tels que les satellites SPOT du Centre National d'Études Spatiales (CNES) (figure 7), sont des sources de collecte permanente d'information géographique. Les détecteurs du satellite mesurent le rayonnement solaire réfléchi par les objets à la surface de la terre (PAILLARD, et *al.* 1993).

En milieu aqueux, le rayonnement électromagnétique ne pénètre que dans une gamme limitée du spectre lumineux. Divers paramètres, particulièrement la turbidité de l'eau, peuvent influencer sur cette pénétration. La nécessité d'effectuer une validation des données sur le terrain et la taille de leur pixel (10 et 20m : SPOT) constitue des limitations de leur utilisation (PAILLARD, et *al.* 1993).

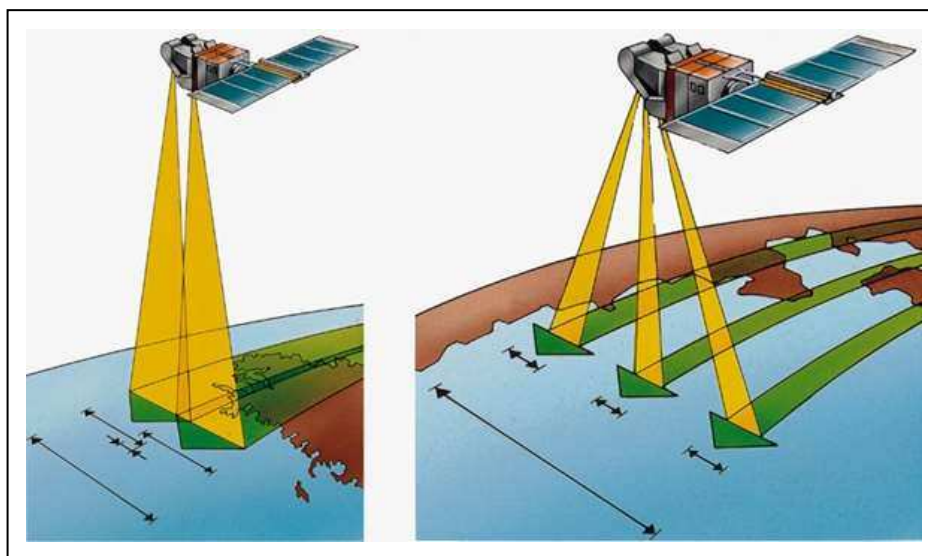


Figure 7 : Couverture du globe terrestre par un satellite SPOT (larousse.fr)

1.6.1.2. L'imagerie multi spectrale ou hyper spectrale

L'imagerie hyper spectrale est basée sur l'acquisition simultanée d'images composées de nombreuses bandes spectrales (généralement 100 ou plus) étroites et contiguës. Il existe une grande variété de capteurs aéroportés qui fournissent des informations en temps réel et dans des conditions défavorables d'éclairage (PERGENT-MARTINI, 2011).

1.6.1.3. Les photographies aériennes

Les photographies aériennes sont devenues des outils classiques de cartographie des biocénoses marines à faible profondeur (de 0 à -15m au maximum). Ce type de photographie parfaitement adapté en milieu terrestre, révèle toutefois certaines limites en domaine marin : faible pénétration en profondeur et mauvaise définition au niveau des fonds. Contrairement aux images satellitaires, les photographies aériennes présentent l'avantage d'avoir une résolution modulable en fonction de la précision recherchée (1 à 10m) (PAILLARD, et *al.* 1993).

1.6.2. Les techniques acoustiques

1.6.2.1. Le sonar à balayage latéral

Le sonar à balayage latéral se compose d'un engin remorqué, appelé « poisson », émettant un signal acoustique. Il est relié à des enregistreurs numériques et géographiques, qui traitent les signaux réfléchis transmis par le poisson, par l'intermédiaire d'un câble électroporteur (Figure 8). Les images obtenues, appelées sonogrammes, indiquent la répartition et les limites des différentes entités sédimentaires ou végétales, caractérisées par différentes teintes de gris (PAILLARD, et *al.* 1993).

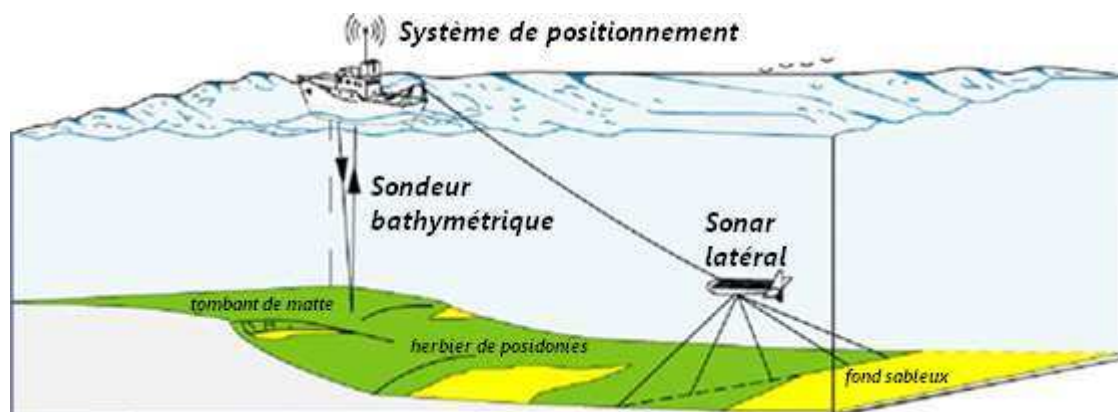


Figure 8 : Représentation d'un navire océanographique remorquant un « poisson » (sonar)
(PAILLARD, et *al.* 1993)

1.6.2.2. Le sondeur acoustique à faisceau unique

Le sondeur acoustique à faisceau unique est basé sur l'émission en simultané de deux fréquences séparées de plusieurs octaves (38 kHz et 200 kHz), ce qui permet d'obtenir des informations de caractérisation des fonds. La réponse acoustique du sondeur est différente selon que le son se réfléchit sur une zone couverte de végétation ou non (Pergent-Martini, 2011).

1.6.2.3. Le sondeur multifaisceaux

Le sondeur multifaisceaux permet d'obtenir de manière précise et rapide : (i) des relevés topographiques du relief sous-marin (bathymétrie), (ii) des images sonar présentant la réflectivité locale du fond, et donc sa nature (imagerie). L'instrument mesure simultanément la profondeur selon plusieurs directions, déterminées par les faisceaux de réception du système (Figure 9). Ces faisceaux forment une fauchée perpendiculaire à l'axe du navire. On explore ainsi le fond sur une large bande (de l'ordre de 5 à 7 fois la profondeur), avec une très grande résolution. Cela permet d'obtenir des images en 3 dimensions des fonds et donc de visualiser les herbiers mais également d'en apprécier la biomasse. (PERGENT-MARTINI, 2011).

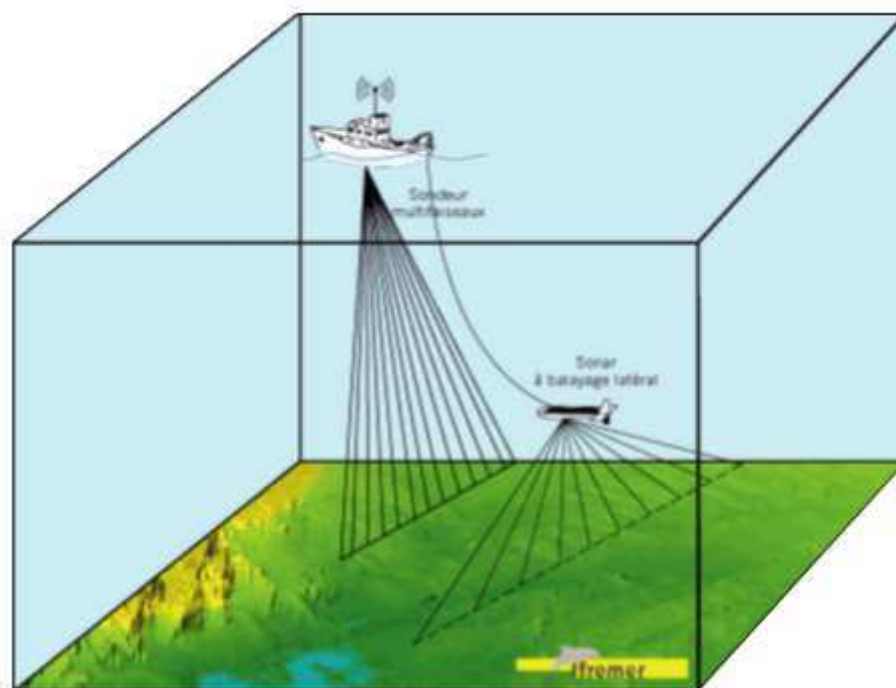


Figure 9 : Exemple d'enregistrement bathymétrique d'un sondeur multifaisceaux.
(PERGENT-MARTINI, 2011).

1.7. État des connaissances sur la répartition géographique des herbiers à *Posidonia oceanica*

Il n'est pas aisé de recenser l'ensemble des travaux de cartographie ayant directement ou indirectement trait à la répartition des herbiers de posidonie. Nous présenterons dans cette partie du chapitre une synthèse des travaux de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* en Méditerranée et en Algérie.

1.7.1. Synthèse des travaux de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* en Méditerranée

D'après les données du rapport « État des connaissances sur la répartition géographique des herbiers de magnoliophytes marines en Méditerranée », L'évaluation du linéaire côtier cartographié fait apparaître de grandes disparités et une grande hétérogénéité entre la rive Nord (Croatie, Espagne, France, Grèce, Italie, Malte et Monaco), pour laquelle il existe de nombreux documents cartographiques, et la rive Sud et Est du bassin méditerranéen, où les données sont plus éparses (Figure 10).

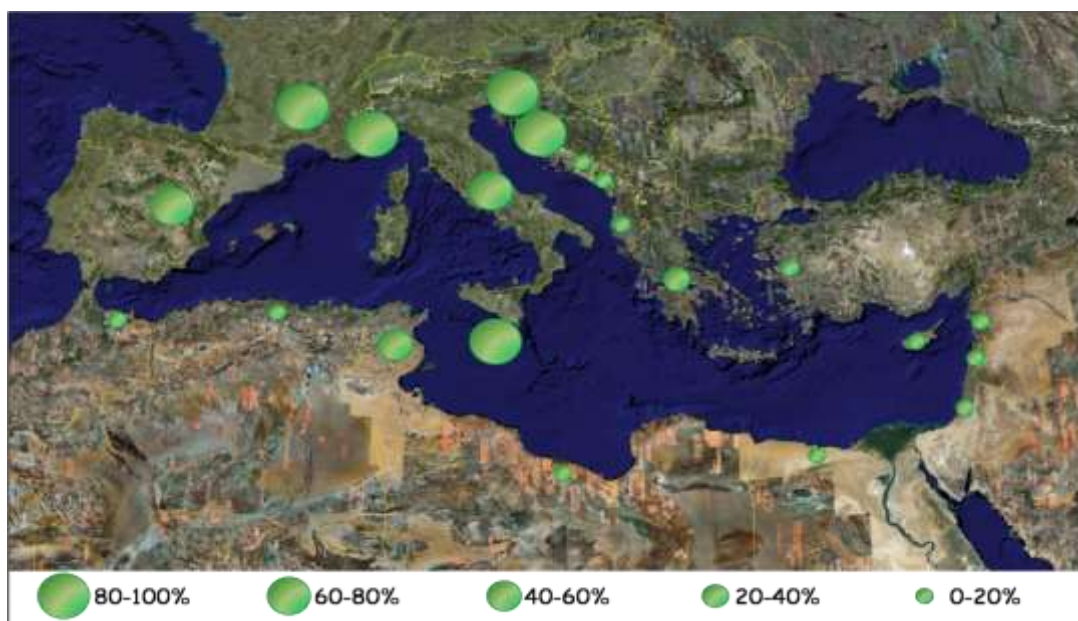


Figure 10 : État des connaissances sur la répartition des documents cartographiques sur les herbiers à *Posidonia oceanica* en Méditerranée (% de littoral cartographié)
(LEONARDINI et al. 2008)

Afin de disposer d'une synthèse la plus exhaustive possible et d'en faciliter l'accès à l'ensemble des responsables politiques, des gestionnaires et des scientifiques, un effort particulier doit être entrepris pour la constitution de bases de données géoréférencées, régulièrement mises à jour.

1.7.2. Synthèse des travaux de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* en Algérie

Tableau 1 : Synthèse des travaux de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* en Algérie

Année	Auteur (s)	Zone (s)	Méthode utilisée	Résultats
1936	Vaissiere et Fredj	Annaba, Alger, Bou-Ismaïl et Arzew (Oran)	Utilisation des coups de beuves	Les herbiers se trouvent au sud de la baie de Annaba où ils ne dépassent pas 25m de profondeur, dans la région centre ils sont particulièrement développés en baie de Bou-Ismaïl où ils atteignent 15 à 30m de profondeur et ne sont pas développés en baie d'Alger et à l'Est où ils se trouvent limités à quelques aires réduites, Enfin dans la baie d'Arzew ils atteignent 40m de Profondeur. (Carte : voir Annexe 1)
1952	Molinier et Picard	Entre Castiglione (Bou-Ismaïl) et Fouka	Réalisation des coupes montrant la répartition verticale de diverses biocénoses avec l'établissement d'une carte bionomique.	Les herbiers ne descendaient pas beaucoup plus bas que l'isobathe de 20 m. et soulignent l'importance de l'influence des courants parallèles à la côte et des apports de l'oued Mazafran.
1969	Le Gall	L'anse de Kouali et l'anse ouest de Sidi Fredj	—	Réalisation d'une représentation biocénotique des herbiers de Posidonie. (Carte : Voir Annexe 3)
1989	Braik	Une zone de 3km de côte, couvrant 75m de profil entre -7m et -40m de fonds dans la région de Bou-Ismaïl.	Utilisation du sonar latéral	L'herbier de posidonie occupe la partie occidentale du site avec une limite supérieure située à 450m de la côte à une profondeur de -5m. L'ensemble de la prairie à posidonies était entaillé de chenaux et cuvettes intermattes alimentés en sédiments biodétritiques. l'auteur a constaté une dégradation de l'herbier actuellement la situation doit être plus préoccupante vue la persistance des menaces et les aménagements effectués. (Carte : voir Annexe 2)
1995	Boumaza	L'anse de kouali (Tipaza)	La carte a été établie grâce à l'utilisation d'une photographie aérienne en noir et blanc au 1/10000 ^e	Réalisation d'une carte des principales biocénoses benthiques avec la précision de la nature du fond et l'établissement des limites de la Posidonie. (Carte : Voir Annexe 3)

**Tableau 1 (suite 1) : Synthèse des travaux de cartographie des herbiers
à *Posidonia oceanica* en Algérie**

Année	Auteur (s)	Zone (s)	Méthode utilisée	Résultats
1996	Seguini et Naceurs	L'Anse de Kouali (TIPAZA)	La limite supérieure de l'herbier à posidonie a été cartographiée grâce à une bouée de signalisation maintenue à la verticale du fond par un plongeur, le positionnement des points a été fait par triangulation à l'aide de deux théodolites placés à terre.	L'herbier de Posidonie occupe une surface de 2.5Km ² , Il affleure, près du rivage, la surface de l'eau en constituant un récif barrière isolant derrière lui un lagon, atteint 10m de profondeur au niveau du goulet, mais la limite inférieure se situe selon Semroud (1996) à 20m. Il existe plusieurs marmites d'érosion et d'intermattes. (Carte : Voir Annexe 3)
1952	Ghehioueche et Zelmat	La plage de la thalassothérapie (Sidi Fredj)	Utilisation des transects	La superficie occupée par les herbiers de posidonies est estimée à environ 2.5ha l'herbier situé au large au pied du grand îlot n'a pas subi de dégradation, il occupe 30% de la superficie totale, dans les autres ensembles la présence de plusieurs chenaux d'intermattes témoigne d'une régression flagrante des herbiers, l'ensemble du secteur s'étalant du pied du complexe de la thalassothérapie a complètement disparue, il représentait 25% de la superficie totale. Une surface de 0.8ha correspondait à la matte morte, 25% de cette matte a disparu et a laissé la place à du sable grossier et des galets.

Tableau 1 (suite 2) : Synthèse des travaux de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* en Algérie

Année	Auteur (s)	Zone (s)	Méthode utilisée	Résultats
2006	Lamouti	La zone du PAC (Plage de la thalassothérapie Sidi Fredj)	Inspirée de la méthode de cartographie décrite par De Vaugela (1998) mais qu'ils ont entièrement modifiés.	Cartographie d'une zone de 9750m ² . <i>Posidonia oceanica</i> occupe environ 4275m ² soit 44% de la surface cartographiée. Les prairies mixtes de zostéracées et de Cymodocées occupent 1800m ² soit environs 18.5 % et le sable 2275m ² soit 23.33%, reste de la surface est occupé par du sable biogène, de la roche, des graviers. <i>Caulerpa racemosa</i> occupe une surface avoisinant 4 m ² . (Carte : Voir Annexe 5).
2015	Boukortt	Ouled El Hillel (Wilaya de Ain Témouchent), Hadjret En Nouss et les trois anses de Kouali (Wilaya de Tipaza)	Utilisation des transects et réalisation de plusieurs plongées (pour la zone d'Ouled El Hillel), Et l'utilisation des images de Google Earth et la réalisation de plusieurs plongées pour la zone des trois anses de Kouali. Utilisation de la méthode vidéo vérité-terrain.	Établissement des cartes des principaux habitats marins et types de fond des trois sites d'étude.

1.8. Présentation du Trottoir à Vermet

Il existe trois types principaux de bioconcrétionnements superficiels qui sont : l'encorbellement à *Lithophyllum byssoides*, la corniche à *Corallina elongata* et les plates formes à Vermets (*Dendropoma petraeum*). On s'intéresse dans la présente étude à ce dernier type de bioconcrétionnements.

1.9. Description

Ce type de formation récifale calcaire est d'origine biologique. Les trottoirs et corniches à Vermets sont construits par l'association étroite entre : une algue calcaire Corallinacée *Neogoniolithon notarisii* et un gastéropode prosobranche de la famille des Vermetidés, *Dendropoma petraeum*. Ces deux espèces principales sont en général accompagnées d'un certain nombre de formes épilithes et endolithes, parmi lesquelles le foraminifère fixé *Miniacina miniacea* joue un rôle important dans le colmatage des espaces ou interstices entre les tubes de Vermets (Figure 12), aboutissant à l'édification d'un substrat dur d'origine biologique, et à sa superposition à la roche en place , ces actions s'appellent les bioconcrétionnements ou bioconstruction (GOUJARD, 2013).

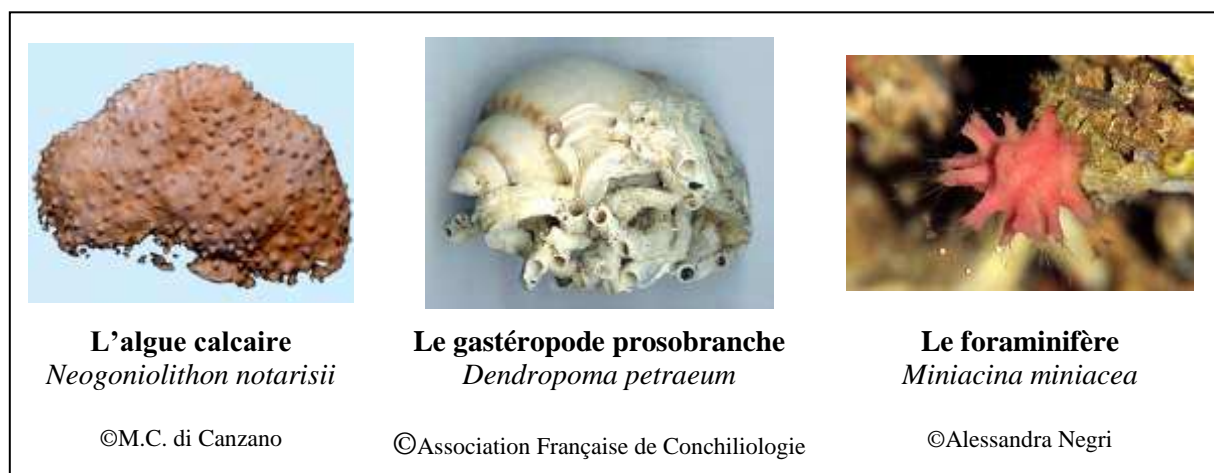


Figure 11 : Les principales espèces édifiant le bioconcrétionnement à Vermets.

1.10. Zonation

Les Vermets s'installent sur des plates-formes subhorizontales de substrat très divers. Celles-ci, formées par l'érosion physico-chimique de la zone des embruns, s'étendent au niveau du médiolittoral, de quelques mètres jusqu'à une centaine de mètres, mais des groupes de plates-formes peuvent s'étendre sur plusieurs centaines de mètres de large (GOUJARD, 2013).

Bien que la surface supérieure des formations à Vermets soit généralement découverte par temps calme, l'analyse des peuplements accompagnateurs montre que la formation se situe biologiquement au-dessous du trottoir à *Lithophyllum lichenoides* juste en dessous du niveau moyen de la mer. Cette différence s'observe chaque fois que les deux types de formations coexistent dans le même profil, par exemple au Cap Corse ; les premiers thalles de *Lithophyllum* s'observent sur le sommet de l'édifice à vermetes, correspondant avec la base de l'étage médiolittoral et la limite supérieure de l'infralittoral (GOUJARD, 2013).

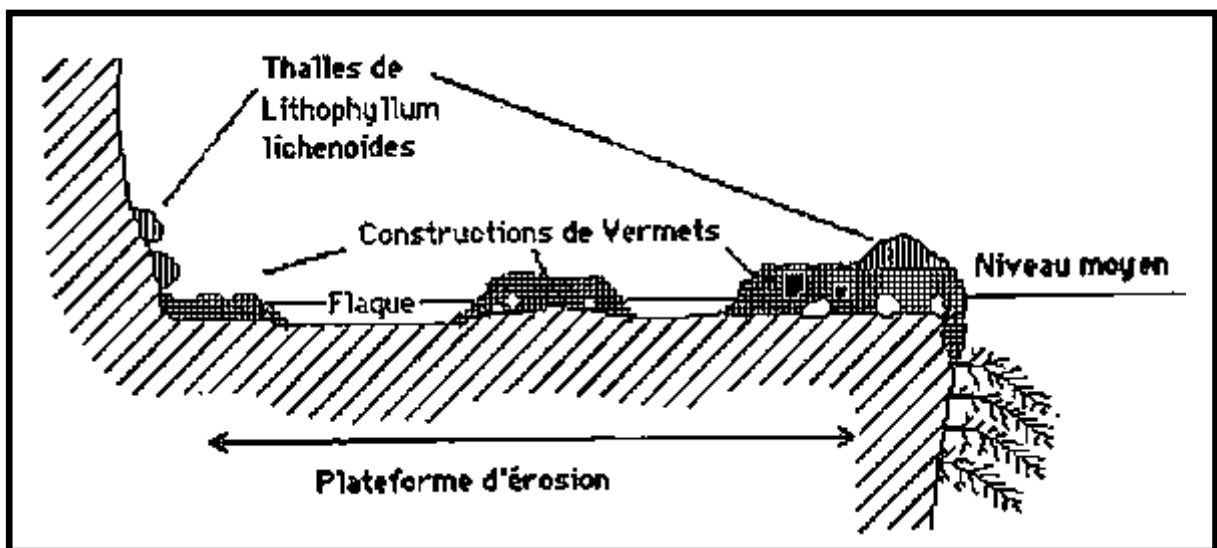


Figure 12 : Zonation des plates-formes à Vermets

(d'après BLANC et MOLINIER, 1955 in BELLAN-SANTINI et al. 1994)

1.11. Types morphologiques

L'aspect des formations organogènes de Vermets diffère selon la nature de la roche et surtout de l'inclinaison du substrat, ainsi trois types morphologiques sont connus (GOUJARD, 2013) :

1.11.1. Le type en "trottoir" ou en "plate-forme"

Se présente comme une surface horizontale ou sub-horizontale, faiblement inclinée correspondant avec le niveau moyen de la mer, cette formation est le résultat d'une double action : la première étant l'érosion littorale d'un substratum tendre (calcaires tendres, grès éoliens etc...) ; la seconde est la mise en place d'une croûte continue ou discontinue de

Vermets. Cette plate-forme possède une surface irrégulière, parsemée de flaques peu profondes (quelques cm). Le bord de ces flaques et le rebord externe de la plate-forme sont recouverts par une mince couche de Vermetidés. Le rebord externe a tendance à s'élever au-dessus de la plate-forme, supporté par des piliers irréguliers.

Les parois des dépressions ainsi que la surface verticale située en avant du bord externe portent des peuplements à Fucophyceae, essentiellement à base de *Cystoseira* en Méditerranée occidentale ou de *Sargassum* en Méditerranée orientale. Telle est en particulier, la structure type décrite à Milazzo (Sicile) par De Quatrefages ; cette morphologie est commune en Corse, Espagne du Sud, Italie, Sicile et Afrique du Nord.

On note que des plate-formes de morphologie identique mais dépourvues de vermetes s'observent dans des régions où les vermetes ne peuvent se développer (d'où de fréquentes erreurs de signalisation).



Figure 13 : Trottoir à Vermets (Kouali) (SEMROUD, 2014)

1.11.2. La forme “en corniche” ou “encorbellement”

A été décrite au Cap Corse par MOLINIER (1955) : c'est la plus simple, un bourrelet bio-construit se développant en porte-à-faux sur roche verticale ressemblant beaucoup à première vue à une corniche à *Lithophyllum lichenoides* située au-dessous de son niveau normal. Dans ce cas, la roche est en général difficile à éroder (roches cristallines ou éruptives compactes). (BELLAN-SANTINI, et al. 1994).



Figure 14 : Corniche à Vermets (Kouali) (SEMROUD, 2014)

1.11.3. La forme en atoll

Est entièrement construite par les vermets et les algues calcaires ; elle a été décrite en Méditerranée orientale sur les côtes d’Israël. La combinaison des forces constructives et érosives, alliée à la montée séculaire du niveau marin, peut entraîner la réalisation de récifs arrondis, déprimés au centre, très comparables à certains “boilers” des Bermudes (BELLAN-SANTINI et *al.* 1994).

1.12. Structure interne

Structure dominée par des tubes de Vermets qui sont sous la forme d’une pelote de l’inde, entrecoupés par des thalles blancs d’algues calcaires auxquels s’ajoutent des tests de Foraminifères. Les vermets trouvent sur ces plates-formes des conditions optimales de développement (hydrodynamisme, oxygénation...). *Dendropoma petraeum* édifie des ceintures continues en forme de bourrelet de 10 à 20 cm de hauteur sur le pourtour de la plate-forme et sur celle-ci, créant de multiples vasques retenant l’eau ; *Vermetus triqueter* occupe généralement l’intérieur de ces vasques. Les Vermets sont cimentés par des algues calcaires comme *Neogoliolithon notarisi*, Cette couverture biologique freine alors considérablement l’érosion. (GOUJARD, 2013).



Figure 15 : Roche montrant la présence de *Dendropoma petraum* à Kouali (Semroud, 2014)



Figure 16 : *Vermetus triqueter* occupant la partie interne du trottoir à Kouali (Semroud, 2014)

1.13. Distribution géographique

Formations d'eaux chaudes fortement apparentées à des peuplements tropicaux, les constructions à vermetes sont assez rares sur les côtes de Méditerranée occidentale. Le refroidissement hivernal des eaux de surface et l'influence du Mistral empêchent le développement des *Dendropoma* dans le Golfe du Lion et sur la côte d'Azur française. On les voit apparaître, répartis de façon irrégulière, le long des côtes de Corse (Cap Corse, Centuri, Albo et Ajaccio), MOLINIER, (1960) in GOUJARD, (2013). Leur répartition détaillée le long des côtes italiennes et siciliennes n'est pas bien connue ; citons en particulier la Sicile (près de Palerme), MOLINIER et PICARD (1953) in GOUJARD, (2013).

En Méditerranée orientale, la limite septentrionale des formations à Vermetes ne semble pas remonter au Nord de la latitude d'Athènes (Grèce) en Mer Egée, le développement maximum se faisant sur les côtes de Crète, de Turquie, de Syrie, du Liban et d'Israël. Sur les rives africaines de Méditerranée, leur répartition exacte est encore mal connue ; elles sont en particulier connues en Tunisie et en Algérie, MOLINIER et PICARD, 1953, 1954 in GOUJARD, (2013).

1.14. Importance et rôle

La disparition de ces encroûtements à vermetes est irréversible à l'échelle humaine (édification très lente des trottoirs à vermetes). Leur conservation à une haute valeur écologique car :

- Ces bioconstructions augmentent grandement la biodiversité de l'étroite frange médiolittorale méditerranéenne ;
- Ils participent à la protection côtière en limitant l'érosion des roches littorales, lorsqu'ils sont associés aux algues calcaires encroûtantes (*Neogonoliton notarisii*, *Mesophyllum lichenoides*) pour former de mini-récifs ;
- Ils peuvent être considérés comme des monuments naturels biogènes qui font partie du patrimoine naturel national, LABOREL (1987) in BAKALEM, (2003) dans sa synthèse sur les formations organogènes en Méditerranée, considère les plates-formes à Vermets de Tipaza comme l'un des « monuments biogènes naturels » remarquable de Méditerranée ;
- Ils représentent un écosystème à très forte potentialité sur le plan de la biodiversité par leur grande richesse floristique et faunistique ;
- Ils constituent un excellent repère biologique du niveau moyen de la mer d'où l'intérêt de ces formations fossilisables pour suivre les variations récentes du niveau marin.

1.15. Menaces sur les trottoirs à Vermets

Du fait de leur position au niveau du médiolittoral, les Trottoirs à Vermets sont soumis à des pressions anthropiques multiples et diverses (BAKALEM, 2003) :

1.15.1. La pollution des eaux

Cette pollution concerne essentiellement les eaux de surfaces qui baignent les plates-formes, elle a pour origine :

- **Les hydrocarbures**, qui est une menace avérée pour les plates-formes, ce type de pollution est très important dans le Golfe d'Arzew ;

- **Les matières organiques**, qui est un problème crucial qui touche plus particulièrement les zones côtières urbanisées où les eaux usées sans traitement sont déversées en milieu marin, comme c'est le cas en baie de Bousmail où certains rejets d'eaux usées arrivent directement sur les plates-formes ;
- **Les activités agricoles**, grandes consommatrices d'engrais chimiques, ce type de pollution est très important dans la baie de Bousmail qui est une région à forte vocation agricole. Dans cette région, il y a une agriculture intensive ayant recours de manière excessive aux engrais azotés et phosphatés, dont une partie est drainée par les eaux d'irrigation et de ruissellement vers le milieu marin. Selon, PÉRÈS et PICARD (1952) in BAKALEM (2003), ce type de pollution est à l'origine de la dégradation des plates-formes à Vermets en baie de Bou-Ismaïl.

1.15.2. Les aménagements littoraux

L'urbanisation et l'industrialisation du littoral, et la construction de stations ou complexes balnéaires, de ports sur la côte sont un facteur de destruction des biotopes littoraux notamment les plates-formes à Vermets, une telle situation se trouve à proximité des villes et des agglomérations côtières de la baie de Bou-Ismaïl.

1.15.3. La fréquentation et le piétinement

Très considérables en été liés aux utilisateurs de la mer (pêcheurs, touristes, baigneurs) qui débarquent sur ces formations et qui prélèvent certaines espèces floristiques et faunistiques des plates-formes à Vermets contribuant ainsi à leur dégradation, comme c'est le cas des criques et des anses de la région.

1.15.4. La biodestruction

Liée aux espèces perforantes (*Lithophaga*) qui biocorodent ces formations.

1.16. Mesures de protection

Les mesures à envisager et à mettre en pratique d'urgence pour la sauvegarde et la protection des plates-formes à Vermets sont :

- Le développement d'un inventaire et la cartographie des plates-formes à Vermets ;
- L'établissement d'un état des lieux concernant les plates-formes connues ou à identifier à l'avenir (largeur, extension, état de santé) grâce à des observations visuelles, des prises photographiques ou la réalisation de films, afin de constituer une banque de données relative à leur état et leur vitalité, cela permettra à l'avenir d'évaluer leur évolution dans l'espace et dans le temps ;
- Une connaissance approfondie de la structuration et le fonctionnement spatio-temporelle de la flore et de la faune des plates-formes à Vermets, et aborder également leur aspect géologique ;
- La connaissance des pollutions directes ou indirectes qui affectent ou qui menacent ces formations organogènes afin d'évaluer leurs impacts ;
- Informer et sensibiliser les populations ou certaines catégories de public (pêcheurs, touristes...) de l'importance, l'intérêt et de la valeur patrimonial de ces formations ;
- Le classement de certaines plates-formes en « monuments naturels » et leur mise en réserve, ou bien la création des réserves marines ou parcs marins dans les régions de la côte algérienne où ces formations sont remarquables et très développées (l'exemple type d'une telle région se situe en baie de Bou-Ismaïl : la zone, massif de Chenoua) ;
- L'adoption d'une réglementation adéquate et stricte pour la sauvegarde et la protection de ce patrimoine naturel national.

Du point de vue réglementaire ou législatif en Algérie, excepté la loi relative à la protection et la valorisation du littoral, mais dont certains aspects restent discutables et dont l'application est loin d'être réelle et efficace, les plates-formes à Vermets, patrimoine-monument naturel, écosystème à forte valeur sur le plan de la biodiversité et paysage remarquable fragile, restent dans les faits sans protection.

1.17. Les trottoirs à Vermets en Algérie

Nous présentons un historique sur les études réalisées en Algérie sur cette formation :

MOLINIER & PICARD (1955) estiment que *Dendropoma petraeum* se développe et prospère considérablement sur la côte ouest algérienne c'est-à-dire d'Alger jusqu'à Oran, ce qui se traduit par l'existence dans certaines zones de cette région côtière de plates-formes à Vermets.

SEURAT (1933) a abordé l'étude des falaises ses régions de l'Algérois (Bou-Ismaïl, Alger) et de l'Oranie (Oran, Arzew). Lors de ses observations, cet auteur mentionne la présence de plates-formes à Vermets dans certaines zones de ces régions.

PÉRÈS, PICARD (1952) sont les premiers à étudier et décrire en Méditerranée occidentale les plates-formes à Vermets, et cela sur les côtes algériennes plus précisément en Baie de Bou-Ismaïl (Anse de Kouali et Fouka Marine).

GUILCHER (1954) aborde dans son étude les aspects géomorphologiques des plates-formes à Vermets de la côte algérienne plus exactement de la région algéroise. Il décrit à l'ouest d'Alger (de la pointe Pescade au Massif du Chenoua) les formes géologiques qui caractérisent le littoral de la baie de Bousmail et qui apparaissent dans les différents calcaires.

BAKALEM (2003) a réalisé un inventaire exhaustif des formations à Vermets sur la côte algérienne.

Concernant les régions côtières de l'est algérien il n'existe aucune donnée bibliographique ou information sur l'existence ou l'absence des plates-formes à Vermets.



**Matériel
&
Méthodes**

2.1. Présentation du site d'étude

2.1.1. Situation géographique

La baie Bou-Ismaïl se situe à une trentaine de kilomètres à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya d'Alger. Avec un linéaire de plus de 50 km, une ouverture de l'ordre de 40 km et un rivage orienté Sud-Ouest/Nord-Est, elle est délimitée par Ras Acrata à l'Est (2°53'43"E et 36°48'15"N), le massif du Chenoua à l'Ouest (2°24'10"E et 36°37'10"N), la plaine de la Mitidja au Sud et la Méditerranée occidentale au Nord (Figure 17 : A et B).

L'étude est menée au Sud-Ouest de la baie de Bou-Ismaïl, les « anses de Kouali » (Figure 17 : C) où la posidonie est prospère et relativement bien préservée.

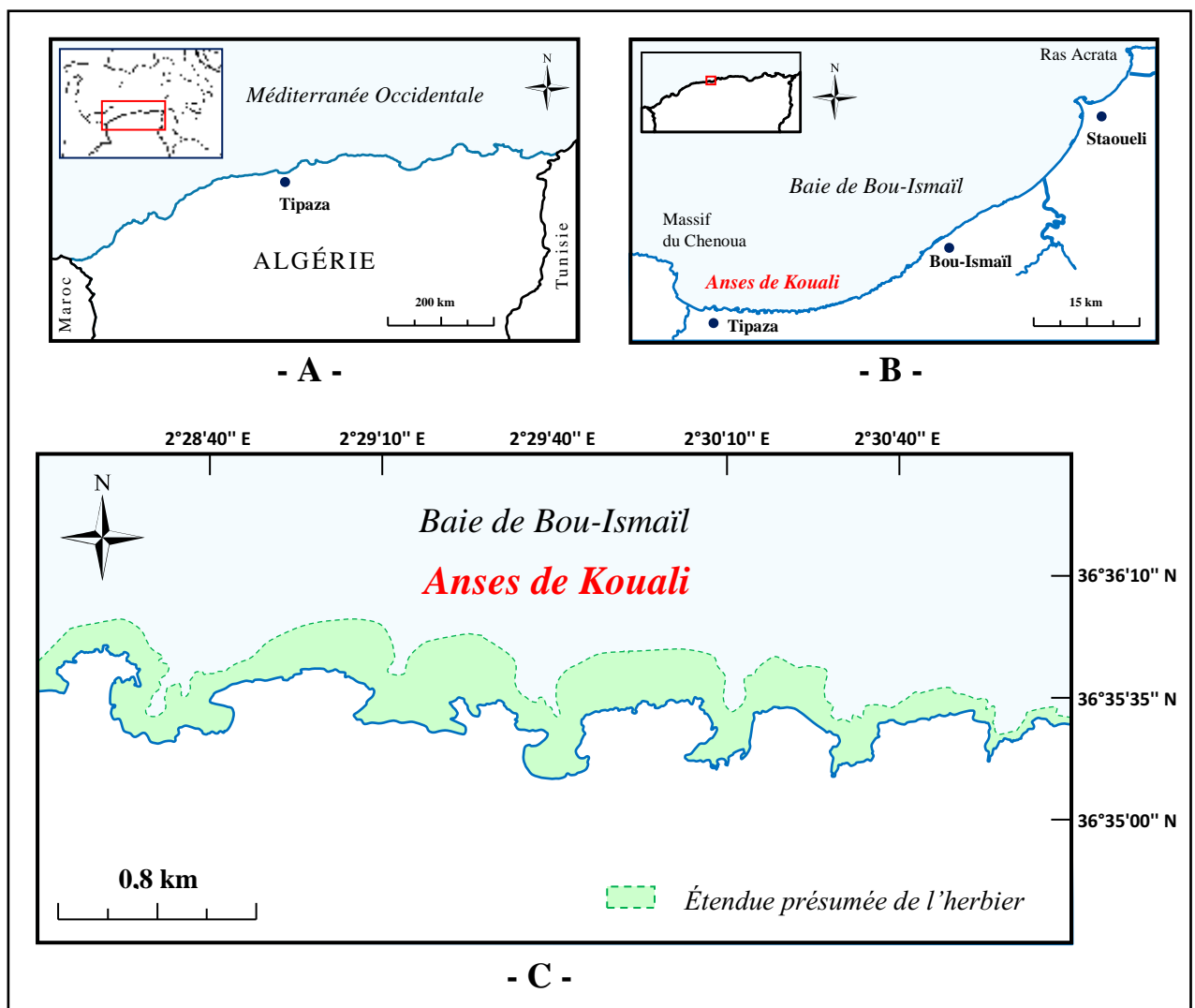


Figure 17 : Situation géographique de la zone d'étude dans la baie de Bou-Ismaïl.

2.1.2. Morphologie côtière

Le littoral de la baie de Bou-Ismaïl s'étend du Mont Chenoua jusqu'au cap Caxine (Ain Benian) sur un linéaire côtier d'environ 60 km, il est caractérisé par une morphologie côtière diversifiée composée des côtes rocheuses, de falaises, de plages et de dunes (P.A.C., 2004).

2.1.3. Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique débouchant dans la baie est essentiellement constitué des oueds, perpendiculaires à la côte, Mazafran et Nador (Figure 20), et qui malgré leur régime irrégulier, jouent un rôle important dans la sédimentologie de la baie (LE GALL, 1969 ; AIT-KACI, PAUC, 1981).

2.1.4. Sédimentologie

L'analyse des sédiments de la baie de Bou-Ismaïl a permis de mettre en évidence la grande diversité sur le plan sédimentaire des fonds de cette baie, neuf faciès identifiés : les sables fins, les sables fins envasés, les vases sableuses, les sables graveleux, les graviers envasés, les sables grossiers et fins graviers, les vases pures, le faciès rocheux (L.E.M, 1998) (Figure 18).

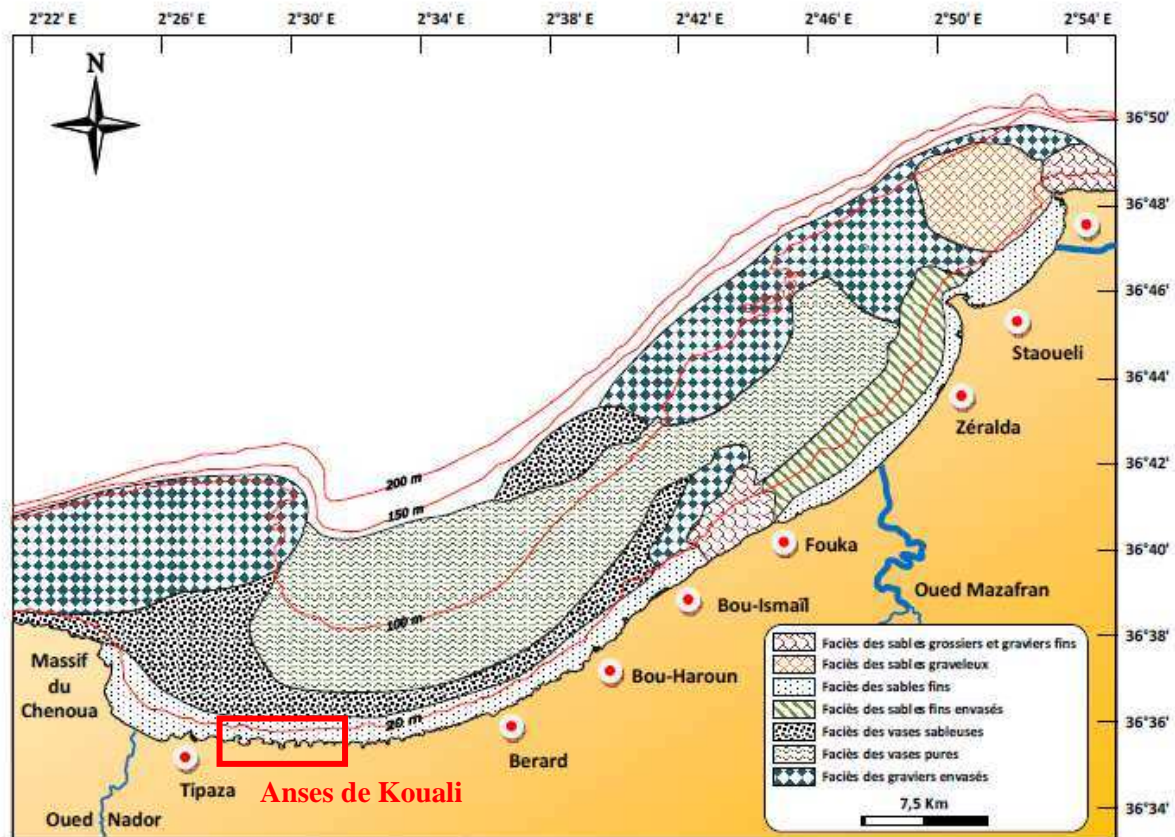


Figure 18 : Sédimentologie générale de la baie de Bou-Ismaïl (d'après LECLAIRE, 1972)

La répartition de ces faciès n'est pas identique, ainsi deux régions apparaissent : la région est ou orientale et la région ouest ou occidentale. Chaque région présente des caractéristiques sédimentologique propres, fut déjà signalée par DAGORNE (1973). Les vases pures sont très développées dans la région Ouest et forment ainsi une importante vase littorale, tandis que les graviers envasés sont dans la région est. Le faciès des sables grossiers et des fins graviers, le faciès des sables graveleux n'est présent que dans la région orientale ; les sables graveleux se limitent au secteur oriental (L.E.M, 1998).

Notre zone d'étude s'étale sur un faciès sédimentaire caractérisé par des sables fins.

2.1.5. Climatologie

La climatologie de la zone d'étude fait partie de la climatologie de la baie de Bou-Ismaïl, dont les principales caractéristiques climatiques sont :

2.1.5.1. Température et précipitation

La température constitue un facteur prépondérant dans la vie des organismes marins, elle contribue de façon importante à la distribution géographique des espèces marines.

La période hivernale se caractérise par une baisse de la température à environ 16°C et une précipitation moyenne de 89,49 mm, alors que la période estivale se caractérise d'une température moyenne de 29 °C avec des précipitations très faibles et pourcentage d'humidité toujours à 60 %.

Les précipitations sur l'ensemble du territoire se présentent d'une manière assez diverse, d'une part par leurs causes et d'autre part par les quantités recueillies. Elles diminuent d'Est en Ouest et du Nord au Sud (ONM, 2010, *in* INAL, 2011)

2.1.5.2. Salinité

Facteur important qui indique la teneur en sels dissout. La salinité moyenne annuelle au niveau de la baie de Bousmail fluctue entre 36,5 et 38,85 P.S.U (KADARI-MEZIANE, 1994 *in* ZITOUNI, 2006), même si elle décroît à l'embouchure des oueds Mazafran et Nador, Cependant, depuis ce temps, la baie connaît l'installation d'usines de dessalement qui a perturbent sans doute cette homogénéité.

2.1.5.3. Les vents

La baie de Bou-Ismaïl est caractérisée par une périodicité des vents qui se traduit par une prédominance des vents d’Ouest en hiver et au printemps induisant des houles de grandes amplitudes et des vents d’Est en été et au début de l’automne avec de faibles amplitudes (Asso, 1982).

Au large de la baie de Bou-Ismaïl les vents soufflent environ 90 % du temps, considérés comme facteur déterminant affectant de manière significative le nombre et la durée des sorties en mer, de même que l’écologie des espèces (O.N.M., 2007, in INAL, 2011).

2.1.6. L’hydrodynamisme

L’hydrodynamisme joue un rôle très important dans le transport sédimentaire, il participe dans l’évolution de la morphologie côtière en conduisant à des ensablements, des envasements et des érosions, comme il influe sur le maintien en place des espèces sessiles.

Les courants dominants sont de direction Est-Ouest et se retrouvent en face d’un courant opposé diffracté par la côte de Chenoua, créant ainsi un courant de retour à l’Est de l’oued Nador. Des contres courants locaux, en liaison avec les vents dominants, induisent un courant de direction moyenne NE-SW (KADARI-MEZIANE, 1994).

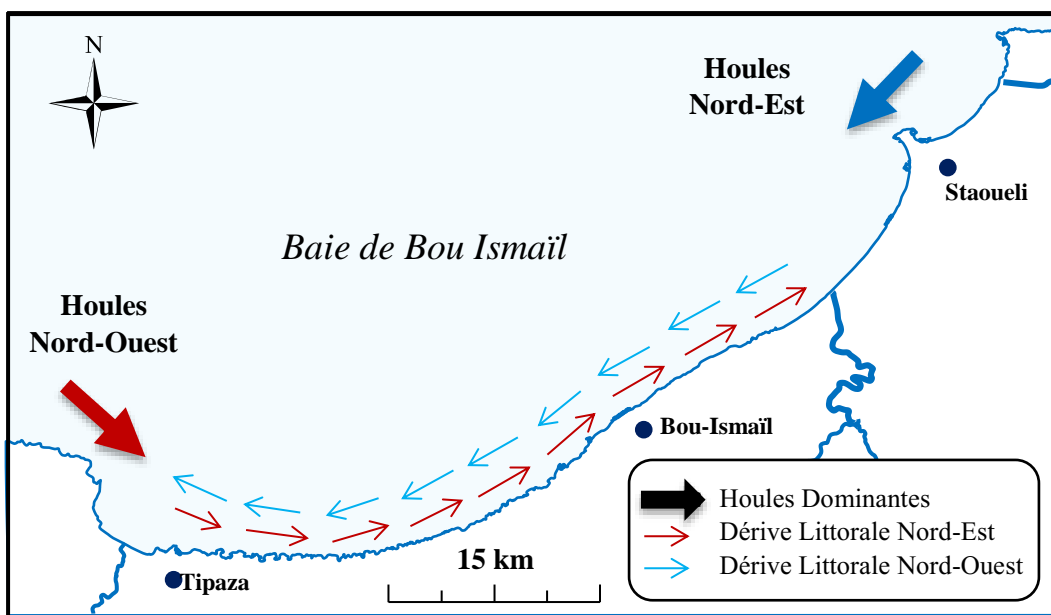


Figure 19 : Transit sédimentaire dans la baie de Bou-Ismaïl (d’après le L.E.M., 2005, modifiée).

2.1.7. Pressions anthropiques sur la baie

Avec ses richesses agricoles, son développement touristiques et industriel ; la baie de Bou-Ismaïl connaît une accentuation notable et exponentielle de la pollution sous diverses formes. L'Oued Mazafran est un vecteur important de la pollution de cette zone car il draine vers la mer tous les rejets issus des zones urbaines ; industrielles et agricoles se trouvant dans la plaine de la Mitidja. A ces sources de pollutions potentielles, il convient d'ajouter les rejets de l'ensemble des unités industrielles de la zone côtière de la baie de Bou-Ismaïl. La région de Bou-Ismaïl est une zone à vocation touristique et agricole, sa frange côtière est soumise principalement aux rejets domestiques des villes et des complexes touristiques qui se déversent directement dans le milieu naturel sans aucun traitement au préalable dans la plupart des cas s'accroissant en période estivale (ZITOUNI, 2006).

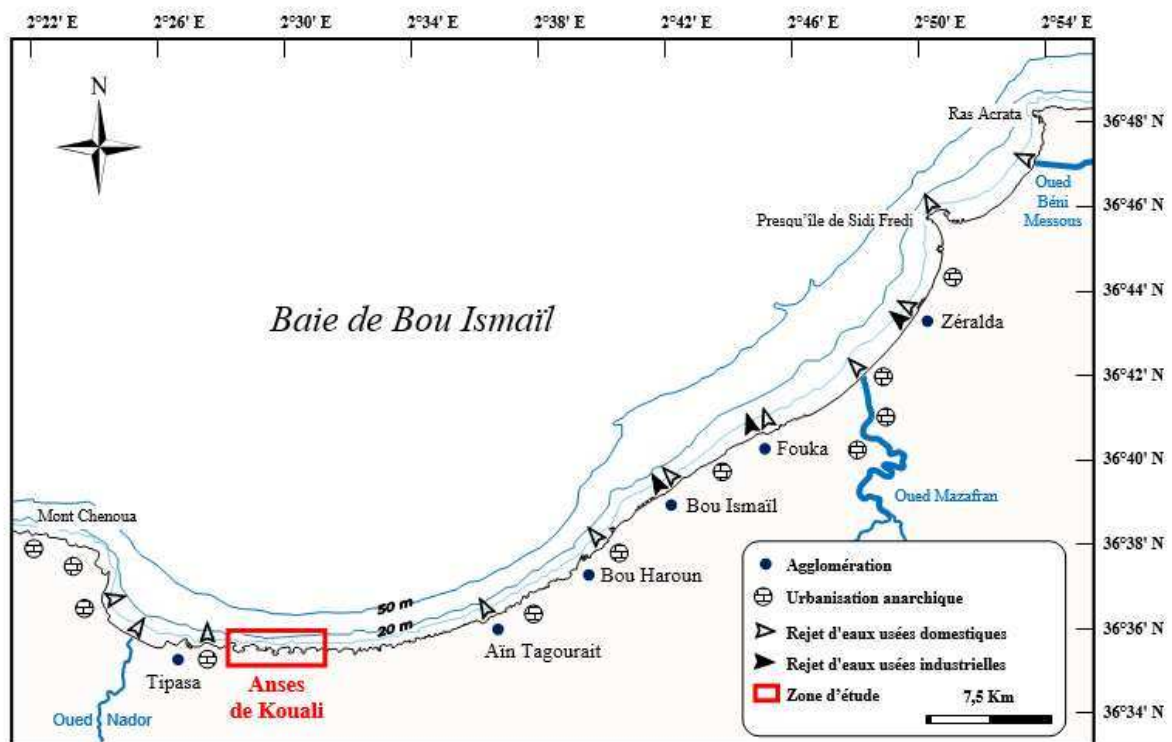


Figure 20 : Principaux points de rejet d’eaux usées dans la baie de Bou-Ismaïl (BACHARI, 2010, Modifiée)

2.2. Matériel utilisé

Pour réaliser nos cartes nous avons utilisé le matériel suivant :

2.2.1. Seau de Calfat

Il s'agit d'une lunette qui permet l'observation du fond marin à partir de la surface mais à des profondeurs faibles (15m au maximum) et à condition que la visibilité soit bonne, les deux mains sont utilisées pour maintenir le seau dans l'eau, il conviendra de lester la lunette de calfat pour qu'elle s'enfonce toute seule dans l'eau pour pouvoir opérer.



Figure 21 : Seau de Calfat utilisé

2.2.2. Global Positioning System (GPS)

Il s'agit d'un système de géolocalisation par satellite, composé d'un réseau de 24 satellites (plus 4 satellites en réserve), développé par l'armée américaine, est mis à disposition des civils. Il permet de déterminer les coordonnées géographiques de n'importe quel point situé à la surface du globe.



Figure 22 : GPS *Garmin* utilisé pour la géolocalisation (précision de l'ordre de 5m)

2.2.3. Eco-sondeur portatif

Instrument indiquant la profondeur, il fonctionne de manière rapide.



Figure 23 : Eco-sondeur portatif

2.3. Présentation des logiciels utilisés

2.3.1. ENVI

ENVI est un logiciel de traitement d'image, il réalise plusieurs opérations : l'amélioration, la classification et la filtration des images, l'affichage des histogrammes, la création d'une composition colorée, la réalisation d'une Analyse en Composantes Principales (ACP)...

La version du logiciel utilisé dans ce travail est ENVI 4.7.

2.3.2. ArcGIS

Le logiciel ArcGIS est un SIG (Système d'Information Géographique) développé par la société ESRI (Environmental Systems Research Institute). C'est un outil pour gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatiale.

ArcGIS se décline en trois licences aux fonctionnalités croissantes : ArcEditor, ArcInfo et ArcView.

ArcGIS comprend une suite d'applications intégrées :

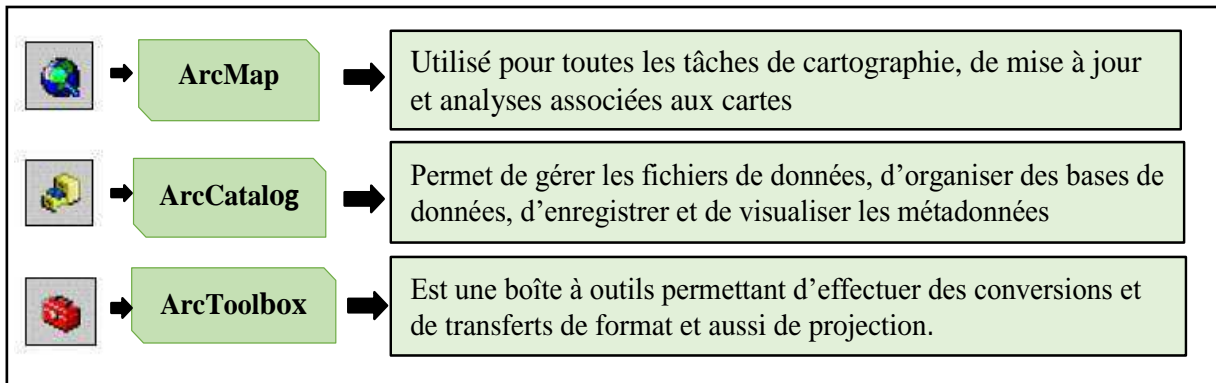


Figure 24 : Modules intégrés du logiciel ArcGIS et leur utilisation

La version du logiciel utilisé dans ce travail est **ArcGIS 10.2**.

2.4. Méthode de cartographie utilisée

Pour la réalisation de nos cartes nous avons appliqué la méthode de cartographie décrite par PASQUALINI et *al.* (1998) qui est une méthode indirecte (utilisation des photographies aériennes, images satellites), qui permet de couvrir d'assez larges surfaces avec une bonne précision.

2.4.1. Acquisition des images satellitaires

La cartographie de la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* entre 0 et -15m de profondeur et du trottoir à Vermets est réalisée à partir des images satellitaires GeoEye® de 2015 issues du logiciel Google Earth Pro®, en effet, les images de 2016 ne peuvent pas être utilisées en raison de la présence d'effets de surface (réflexion spéculaire, plan de vagues, ombre portée) et d'une forte turbidité des eaux.

2.4.2. Acquisition des données terrain

Afin de déceler les différentes textures et natures des fonds de la zone étudiée, une validation par observation *in-situ* est nécessaire. De manière à d'identifier de manière plus fiable et précise les peuplements et types de fonds présents.

Appelées « vérités-terrain », les observations *in-situ* sont faites en surface à l'aide d'un seau de Calfat (Figure 25) et au niveau de points repérés par GPS et où la profondeur est également enregistrée. Cette technique s'applique à des profondeurs ne dépassant généralement pas la limite des 15m.

131 au total vérités-terrain ont été effectuées dans le cadre de cette étude et ont nécessité deux sorties en mer, le 12 et 18 Juin 2016. Pour une optimisation du travail, la localisation des points d'observation a été faite d'une manière à suivre la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la zone d'étude.

L'ensemble des informations de terrain ainsi récoltées servira à l'élaboration de cartes reflétant de manière fidèle la réalité. En effet, si une zone claire correspond généralement à une tache de sable, une zone foncée peut traduire la présence d'un herbier à *Posidonia oceanica*, de mattes mortes, de peuplements photophiles sur roche ou des accumulations de feuilles mortes de *Posidonia oceanica*, susceptibles de se déplacer en fonction des tempêtes et des courants (BOUDOURESQUE *et al.* 1985).

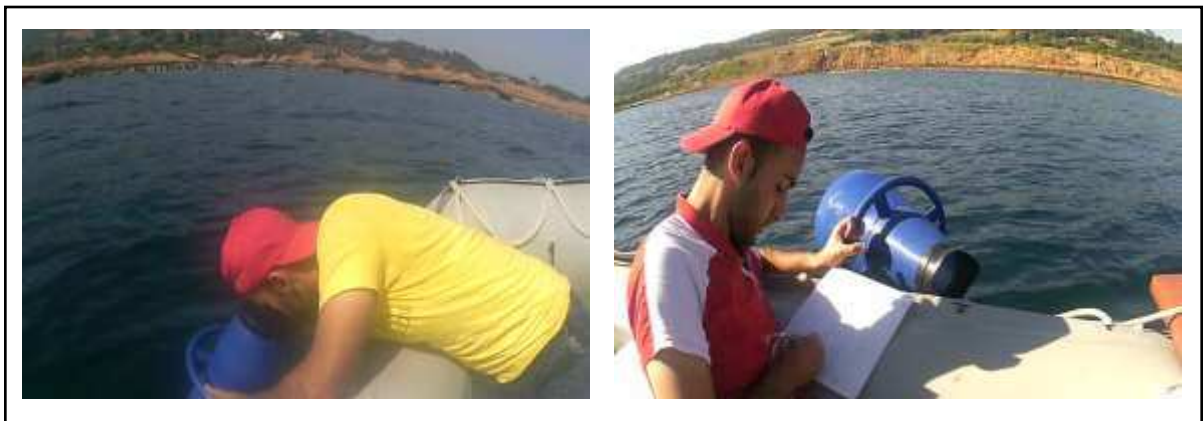


Figure 25 : Acquisition des données sur le terrain

En raison de l'étendue importante de la zone à étudier, celle-ci a été découpée en trois secteurs (Sud-Ouest, Centre et Est) dont le zoom sur chacun est donné ci-après.

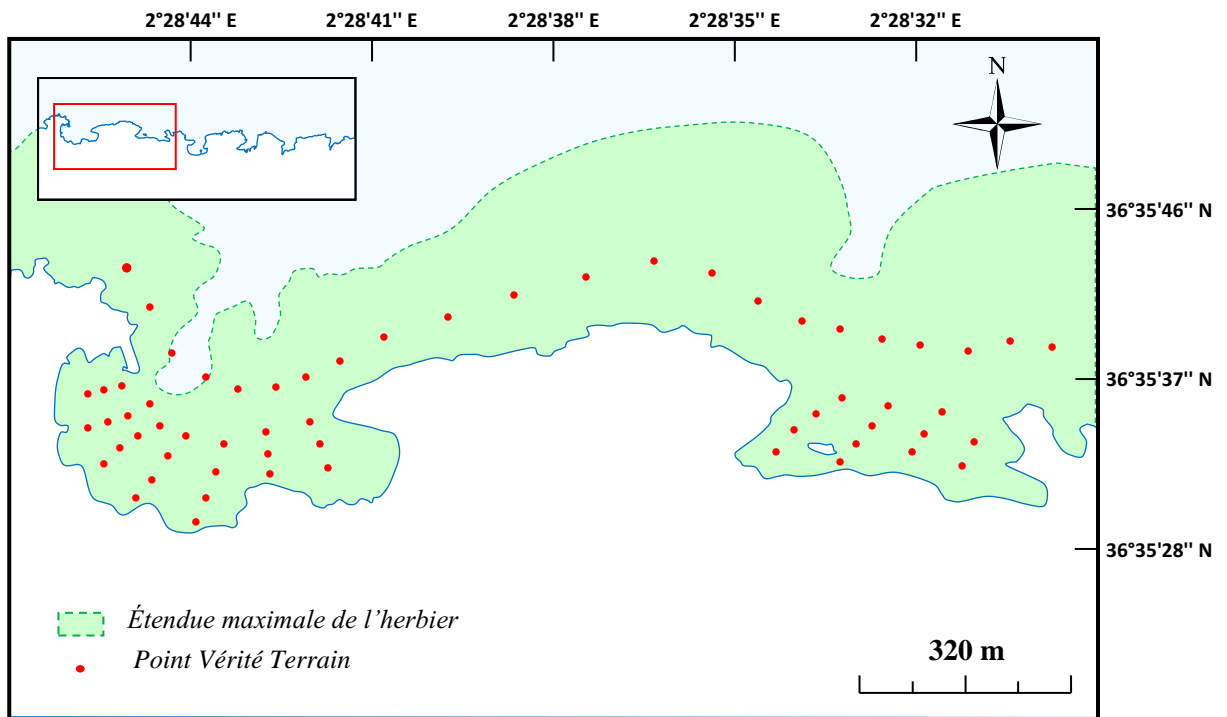


Figure 26 : Localisation des points d'observations (vérités terrain) au niveau du secteur Ouest de la zone d'étude.

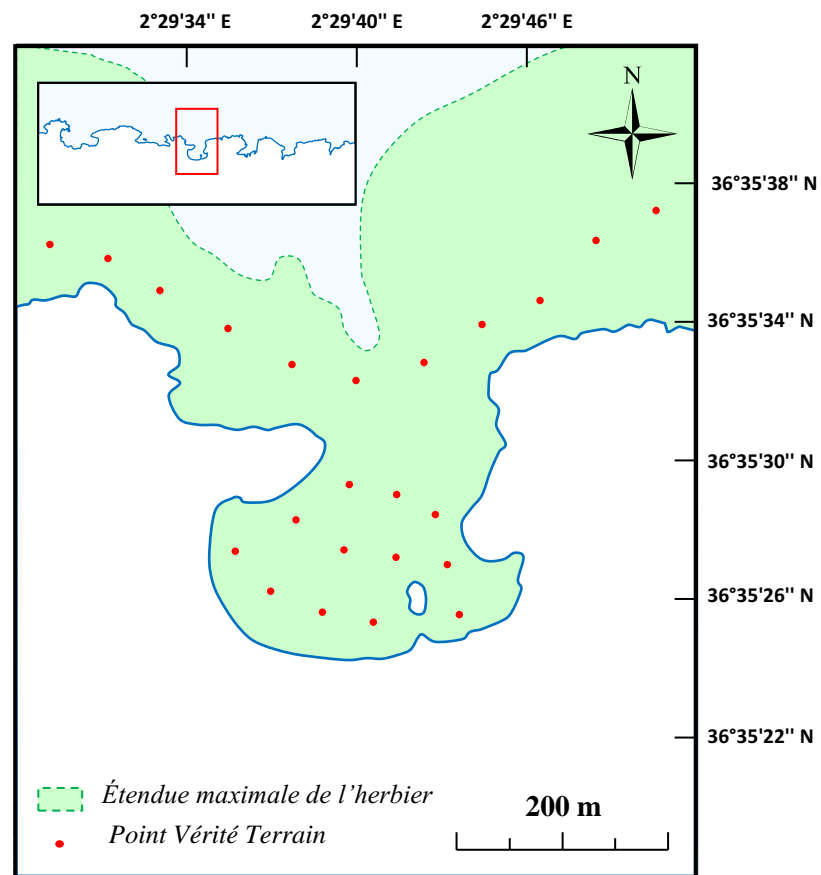


Figure 27 : Localisation des points d'observations (vérités terrain) au niveau du secteur Centre de la zone d'étude

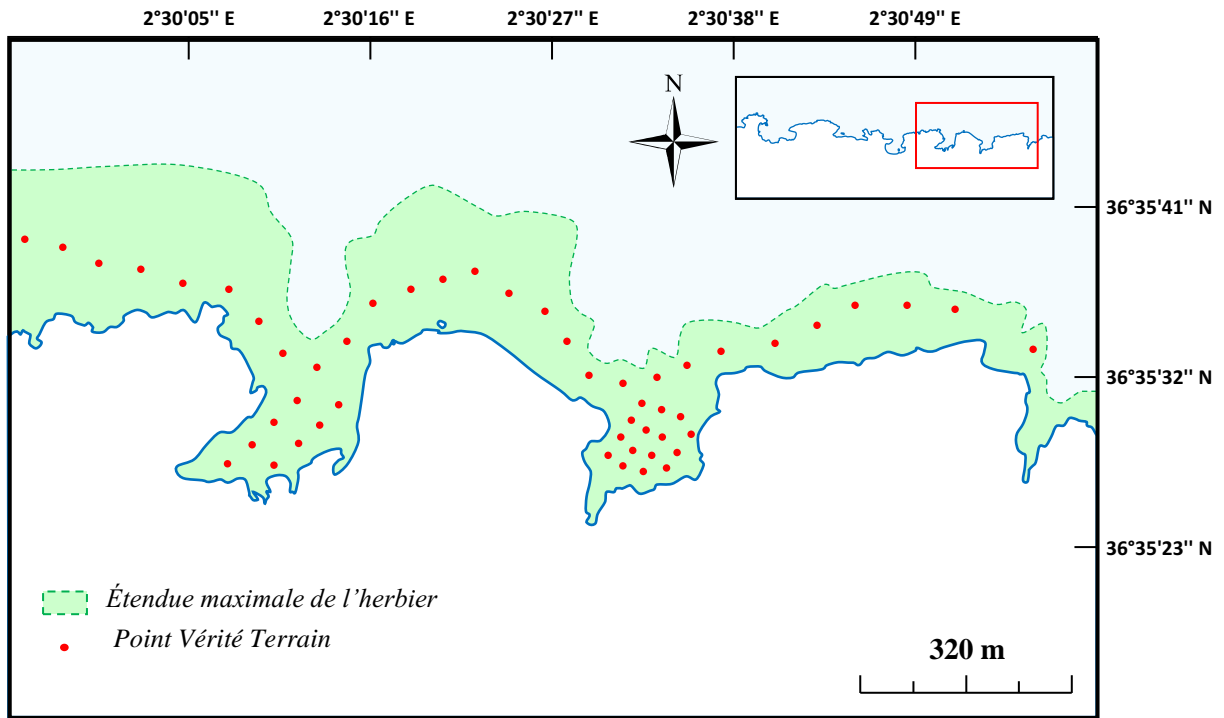


Figure 28 : Localisation des points d'observations (vérités terrain) au niveau du secteur Est de la zone d'étude

2.4.3. Géoréférencement des images

Le géoréférencement est un processus permettant d'établir une relation entre les entités affichées dans un système d'information géographique et leur position dans le monde réel. Il permet de transformer les données spatiales en données géographiques. Il pourra alors servir de référence pour se positionner et créer d'autres données ou la croiser avec d'autres informations.

Pour bien exploiter les données sur un SIG on utilise généralement, un système de coordonnées projetées (UTM) ou géographiques (WGS 84). Nous avons opté dans notre étude à l'utilisation du système WGS84.

Pour le géoréférencement de nos cartes, nous avons utilisé comme logiciels : Google Earth, Excel et ArcGIS.

A- Google Earth Pro : utilisé pour repérer les points de calage ou calibrage (une vingtaine), il est nécessaire de choisir des points fixes, remarquables, facilement repérables et identifiables et qui correspondaient à des positions particuliers (par exemple extrémité d'une digue, intersection des routes, sommets, maison.....), Ces points doivent être bien répartis sur toute la zone d'étude et non colinéaires (ne se trouvant pas dans la même ligne), prisent directement sur terrain par un GPS ou relevés à partir de Google Earth Pro (Figure 29).



Figure 29 : Image satellite du secteur de la Corne d’Or avec des points de repère issus de Google Earth Pro (2015)

B- Microsoft Excel : utilisé pour l’importation vers ArcGIS des coordonnées en longitude et latitude :

- Longitude (x) : Est
- Latitude (y) : Nord

C- ArcGIS : Utilisé pour l’intégration de l’image et création d’une nouvelle couche et géoréférencement de l’image.

Pour les étapes de géoréférencement, voir Annexe 6.

2.4.4. Traitement d’images

Un traitement d’images est appliqué à l’aide du logiciel Envi 4.7® suivant la méthode de PASQUALINI et *al.* (Figure 30). Les étapes de traitement sont :

2.4.4.1. Masquage de la terre (et/ou d’une partie de l’image)

Dans un premier temps le domaine terrestre est masqué en construisant et en appliquant un masque afin de travailler que sur la partie marine.

2.4.4.2. Amélioration de l’image

Une adaptation à la dynamique est appliquée à la partie marine de l’image, pour en rehausser (améliorer) le contraste.

2.4.4.3. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Cette étape est facultative, elle permet la décorrélation et la réorganisation de l'information, l'image apparaisse en fausses couleurs mais elle donne plus de contraste à l'image, pour le traitement de nos images nous avons appliqué cette analyse en composantes principales.

2.4.4.4. Définition de parcelles d'entraînement

Cette étape consiste à la localisation des différents peuplements et types de fonds (sable, Posidonie, roche...etc.).

2.4.4.5. Classification de l'image

Le traitement permet d'effectuer une classification et d'identifier des familles de pixels proches en termes de couleur (rassembler les pixels similaires). Cette classification donne la possibilité, par positionnement de parcelles d'entraînement, à partir des observations *in situ*, d'extrapoler le traitement à la totalité de l'image. Le type de classification utilisé est la classification supervisée par le maximum de vraie semblance (maximum likelihood) c'est sans doute la plus utilisée, elle découle d'une méthode probabiliste : elle détermine la probabilité de chaque pixel d'appartenir à une classe plutôt qu'à une autre. Cette technique de classification est tout à fait satisfaisante d'un point de vue mathématique car les pixels sont classés en fonction d'une probabilité ce qui est souhaitable en traitement d'image.

2.4.4.6. Filtration de l'image

Un filtre est ensuite appliqué à l'image finale afin d'éliminer les pixels isolés ou mal classés. Une post classification (Majority Minority) est aussi appliquée pour éliminer les pixels isolés ou mal classés qui restent.

2.4.4.7. Vectorisation

Afin de transformer l'image classifiée à une image vectorisée (passer d'une classification à une vectorisation) et le Changement du format d'image en format Shape file (pour la lecture dans ArcGIS).

À l'issue du traitement, on obtient une carte thématique des principaux peuplements et types de fonds.

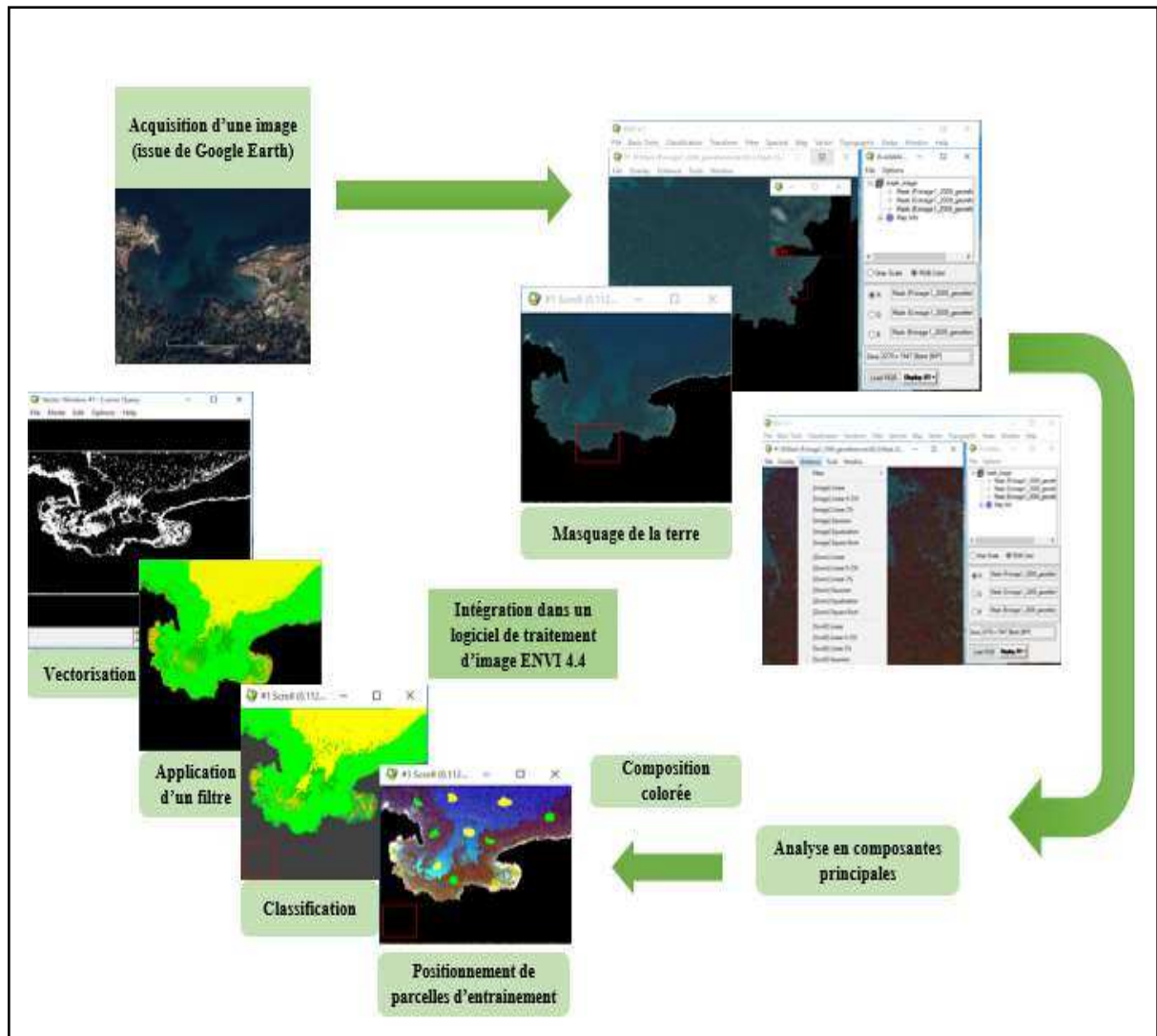


Figure 30 : Schéma montrant les étapes de traitement d'image

2.4.5. Intégration dans un système d'information géographique (SIG)

L'ensemble des données acquises à l'issue des traitements précédents et au cours des missions de terrain sont intégrées dans un **Système d'Informations Géographiques (SIG)**, afin de les organiser sous forme de couches d'informations superposables géoréférencées et de pouvoir les associer entre elles.

Cette intégration est effectuée à l'aide du logiciel Arc GIS 10®, le référentiel utilisé étant la projection Mercator (basée sur le WGS84).

Afin d'affiner le traitement dans Arc GIS en classant les pixels mal classés (élimination de polygones correspondant à des effets de surface ou à la présence d'embarcation), il faut dans un premier temps superposer l'image issue du traitement précédent et l'image réelle, ensuite, mettre à jour la symbologie et exporter chaque classe dans une nouvelle couche, et enfin corriger les classes exportées deux à deux par rapport aux erreurs observées (pour la Visualisation des erreurs il faut afficher les couches et la transparence) (PASQUALINI, 1998).

Les figures 31 et 32 montrent les erreurs qu'on peut observer :



Figure 31 : Moutons de vagues classés en roche au sein de l'herbier



Figure 32 : Erreurs inter-classes (sable profond classé en herbier)

Tableau 2 : Erreurs observées et solutions

Erreurs	Solutions
Polygones mal classés appartenant à un polygone englobant	Reclassement des pixels après sélection
Polygones mal découpés	Redécoupage des polygones

Remarques pertinentes

Si un reclassement de l'herbier en sable n'est pas possible dans le cas d'un banc de sable dans l'herbier par exemple, L'herbier n'est pas englobé dans le sable (c'est l'inverse).

Il faut donc redécouper un polygone de sable, le fusionner avec les petits polygones existants, et supprimer l'herbier.

À la fin il faut fusionner toutes les couches et leurs attributs après les retouches et donner les noms finals des attributs et fusionner les entités qui portent le même nom.

- À l'issue du traitement, on obtient une carte représentant au mieux l'ensemble des structures présentes et identifiées par rapport aux données terrain.



**Résultats
&
Discussions**

3.1. Cartographie des habitats étudiés

Les données satellitaires et de terrain (Annexe 7) ont permis de cartographier les principaux habitats marins dans la zone étudiée notamment les herbiers à *Posidonia oceanica* et les trottoirs à vermetes qui nous intéressent le plus.

Afin d'obtenir des cartes uniformes, nous avons choisi de découper notre zone d'étude en cinq tronçons. La figure 34 illustre le découpage ainsi défini.

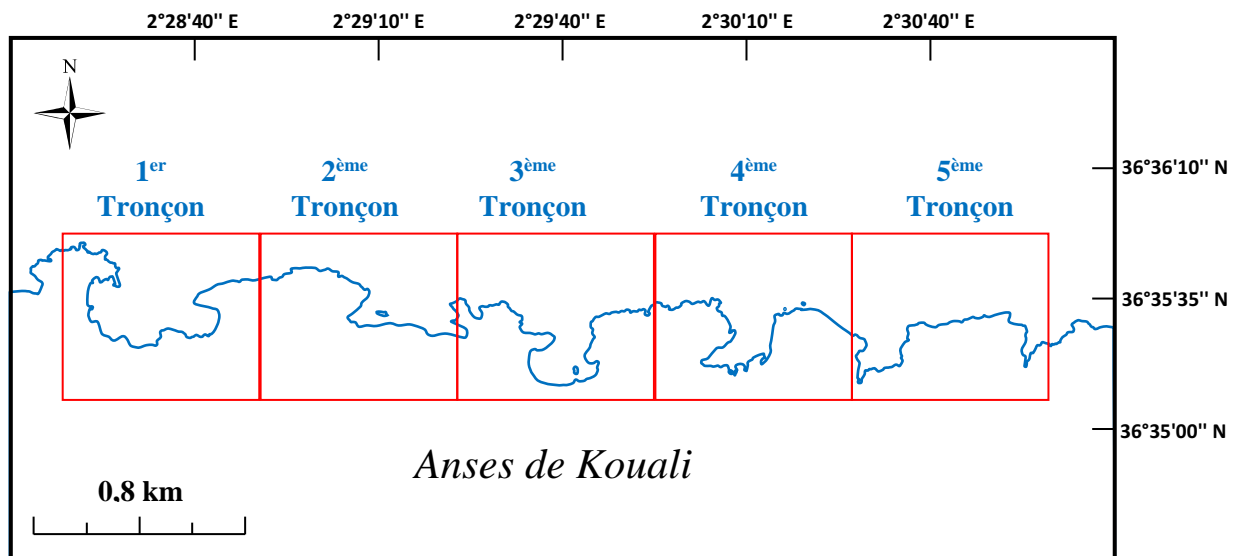


Figure 34 : Découpage de la zone d'étude en cinq tronçons

Dans chaque tronçon, nous allons mettre en valeur les habitats et matrices suivantes :

- L'herbier à *Posidonia oceanica* ;
- Le trottoir à vermet ;
- Les algues photophiles ;
- Le substrat meuble.

Les différentes cartes vont ainsi permettre de délimiter et d'estimer l'étendue de chaque habitat de manière à simplifier leur identification.

3.1.1. Cartographie des principaux peuplements du premier tronçon

3.1.1.1. Description des herbiers de Posidonie du premier tronçon (la Corne d'Or)

La cartographie de la limite supérieure du site de la Corne d'Or permet de distinguer un herbier à *Posidonia oceanica* qui présente des invaginations, la présence de ces ondulations au niveau de l'herbier peut s'expliquer par le fait que ce site se situe sur une bande littorale soumise à des aménagements (La digue située en Ouest du site).

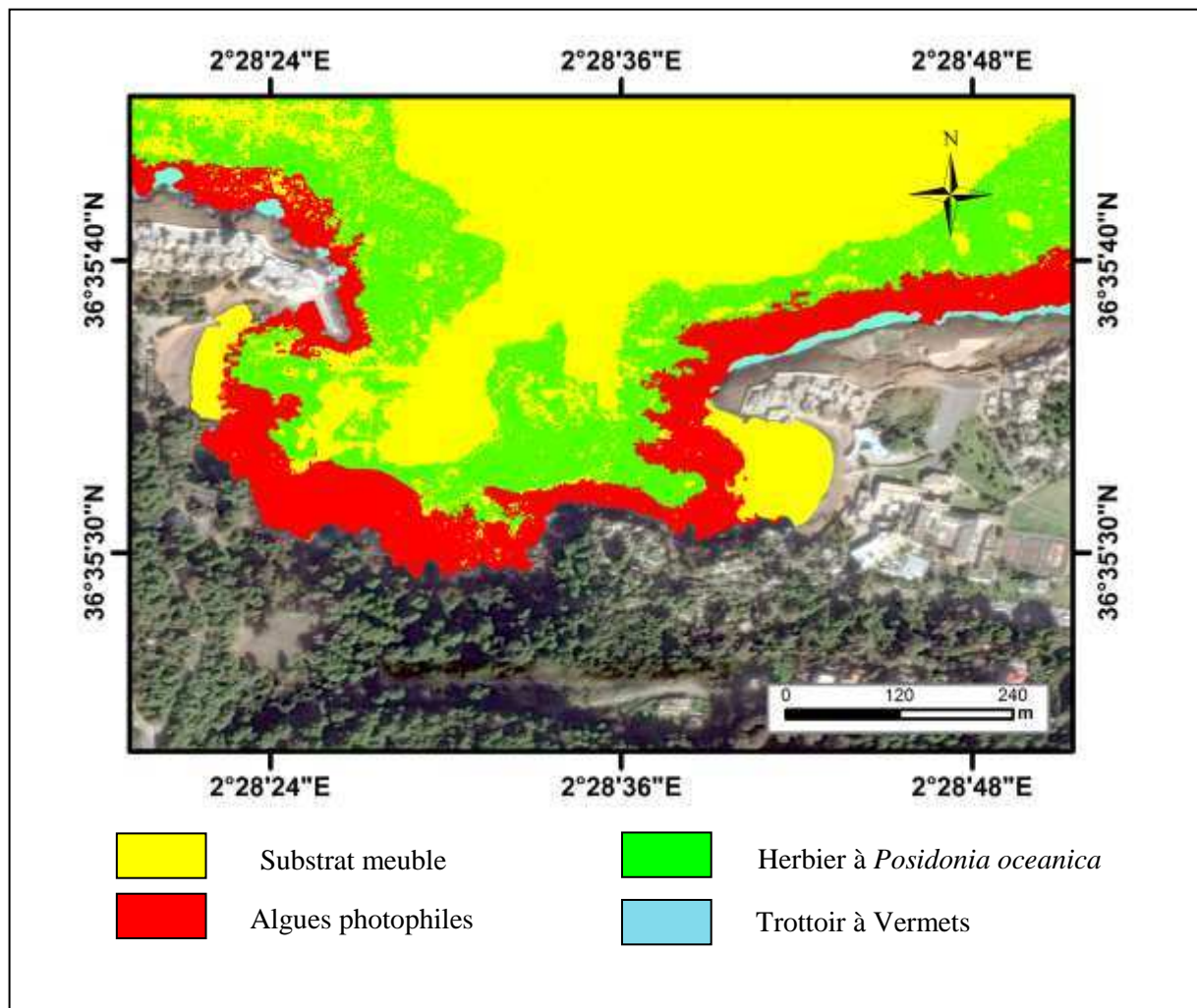


Figure 35 : Cartographie des principaux peuplements de la Corne d'Or

La partie centrale du site est occupée par une large étendue de sable, la présence de cette structure peut s'expliquer aussi par la présence de la digue qui a modifiée l'hydrodynamisme local et par conséquent les apports sédimentaires ou par la mise en place d'une intermatte caractérisée par une « rivière de retour ».

La limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* est située à une distance d'environ 32 m de la côte et à une profondeur d'environ 5.5m.

3.1.1.2. Description du trottoir à Vermets du premier tronçon (la Corne d'Or)

Cette zone présente des plates-formes très réduites au niveau des secteurs Est et Ouest et elles disparaissent complètement au centre, cela peut être expliqué par le fait que le secteur centre de cette zone est forestier et se caractérise par des falaises abruptes. Au pied de ces falaises existent des plates-formes étroites ou très étroites selon la configuration côtière (Figure 35).

Les falaises du secteur centre de la zone présentent des zones d'effondrements dont la conséquence est la disparition des plates-formes à Vermets.

Les plates-formes du secteur ouest de la zone sont très rares et isolées, cela peut être dû aux travaux d'aménagement effectués au niveau de cette zone (implantation de la digue).

La présence du complexe touristique de la Corne d'Or a généré des quantités importantes d'eaux usées directement déversées au milieu littoral qui est peut-être l'origine de la dégradation des plates-formes à Vermets en cette zone.

3.1.2. Cartographie des principaux peuplements du deuxième tronçon

3.1.2.1. Description de l'herbier à *Posidonia oceanica* du deuxième tronçon (l'Anse de Kouali située à l'Ouest)

La cartographie de la limite supérieure du site de l'Anse de Kouali située à l'Ouest permet de distinguer un herbier à *Posidonia oceanica* bien développé qui occupe une superficie très importante et continue interrompue par des plages de sable, l'herbier de ce site se développe sur un substrat dur.

La limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* est située à une distance d'environ 19 m de la côte et à une profondeur de l'ordre de 4.5m.

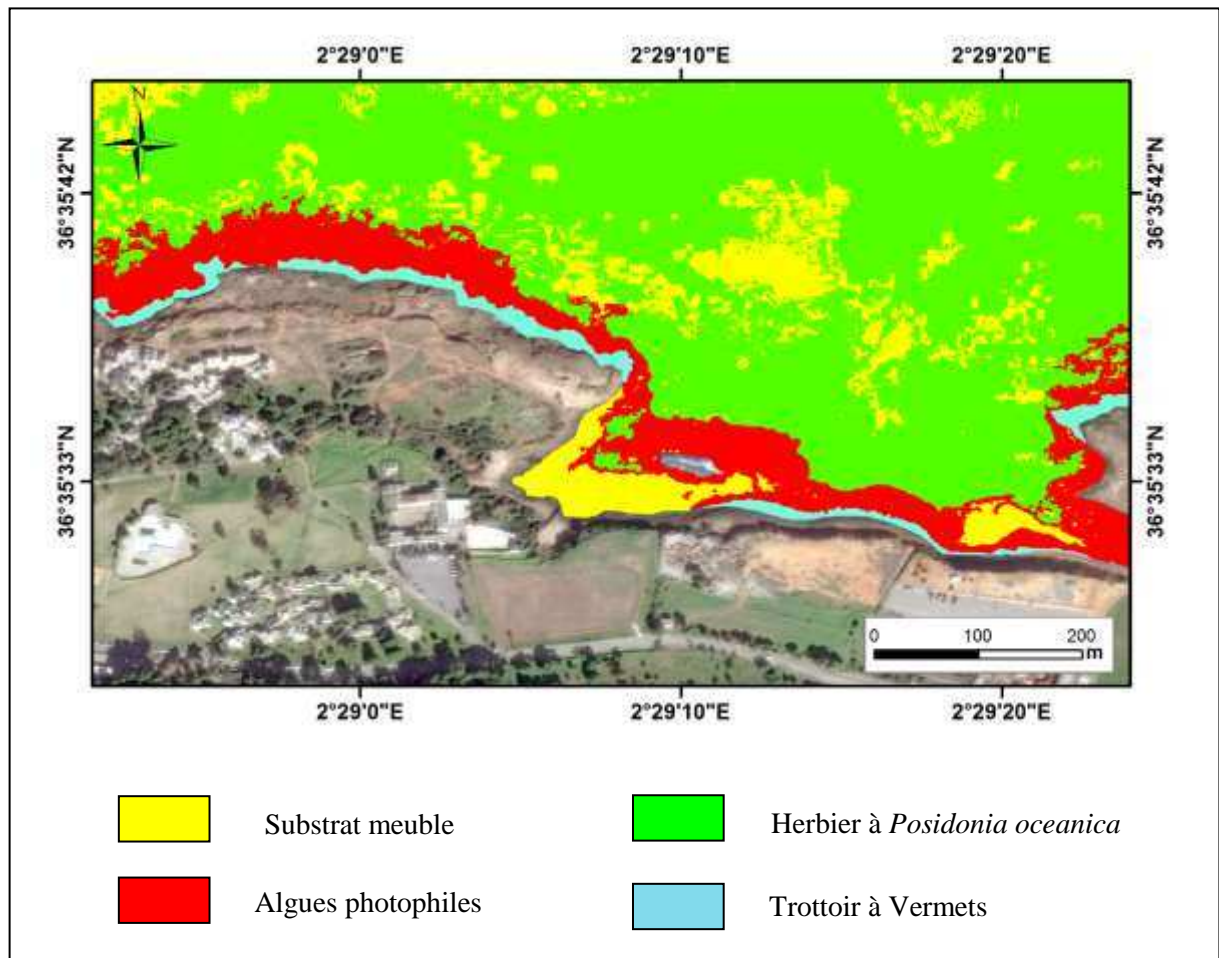


Figure 36 : Cartographie des principaux peuplements de l'anse de Kouali située à l'Ouest

L'absence des sources de pollution et des travaux d'aménagement au niveau de ce site peut expliquer les vastes étendues occupées par l'herbier de Posidonie et la proximité de sa limite supérieure de la côte.

3.1.3. Cartographie des principaux peuplements du troisième tronçon

3.1.3.1. Description de l'herbier à *Posidonia oceanica* du troisième tronçon (l'Anse centrale de Kouali)

La cartographie de la limite supérieure du site de l'anse centrale de Kouali permet de distinguer un herbier à *Posidonia oceanica* bien développé qui occupe une superficie très importante et continue interrompue régulièrement par des plages de sable, avec une étendue de sable au centre, la présence de cette structure peut être due à l'hydrodynamisme local du site et/ou à sa morphologie, l'herbier de ce site se développe aussi sur un substrat dur.

La limite supérieure de l’herbier à *Posidonia oceanica* est située à une distance d’environ 39 m de la côte et à une profondeur de l’ordre de 5.5m.

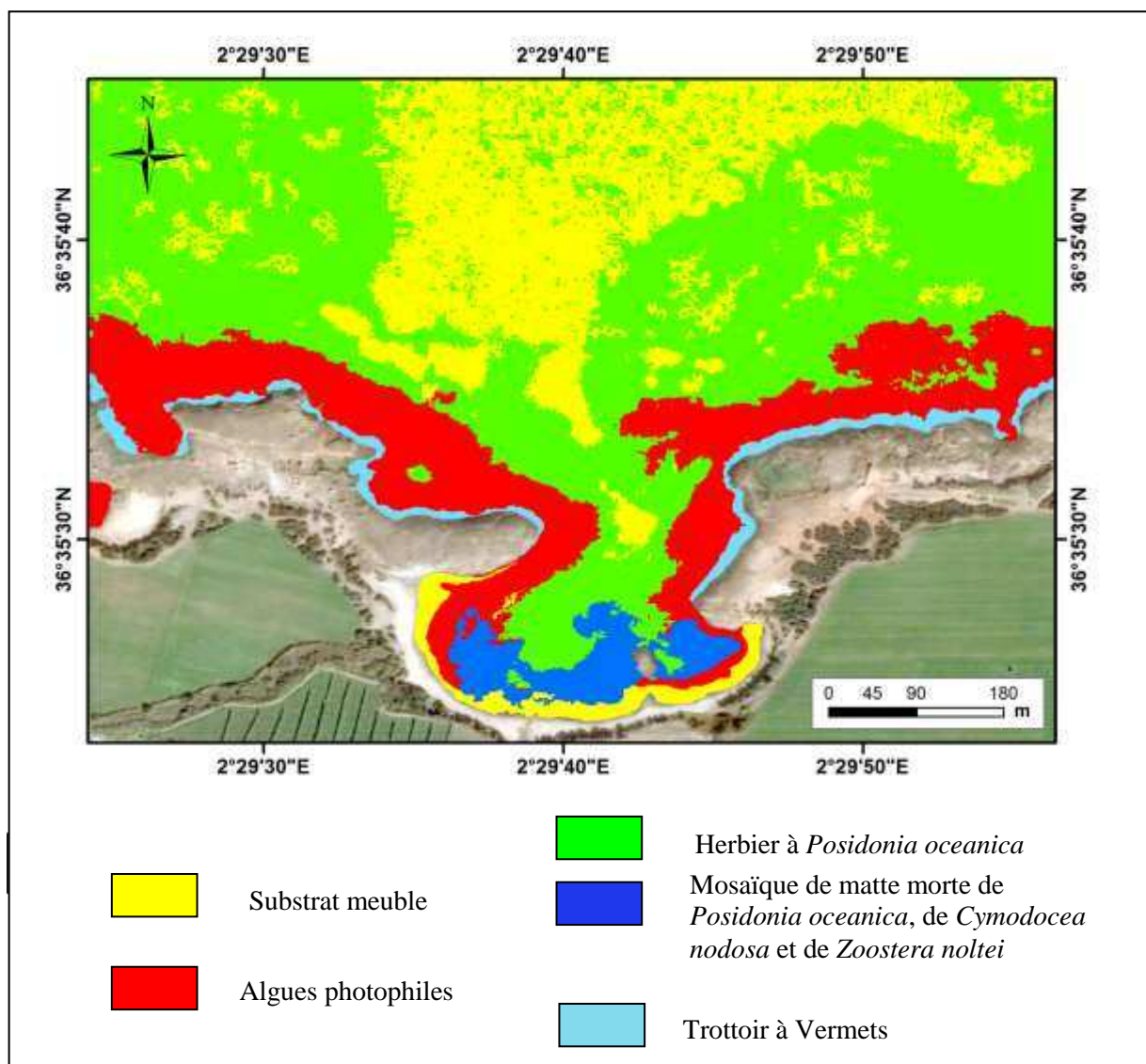


Figure 37 : Cartographie des principaux peuplements de l’Anse centrale de Kouali.

On remarque aussi dans ce site la présence d’une mosaïque constituée de l’herbier à *Posidonia oceanica* de sa matte morte et aussi d’un autre herbier qui est celui de *Cymodocea nodosa*, ce dernier présente de fortes similitudes avec l’herbier à *Posidonia oceanica*. Il faut souligner que l’herbier à *Cymodocea nodosa* est très difficile à détecter par imagerie satellitaire c’est pour ça on a fait recours aux travaux antérieurs effectués au niveau de ce site pour pouvoir les cartographier (LE GALL, 1969 ; BOUMAZA, 1995, SEGUINI, NACER, 1996).

3.1.4. Cartographie des principaux peuplements du quatrième tronçon

3.1.4.1. Description de l'herbier à *Posidonia oceanica* du quatrième tronçon

(l'Anse de Kouali située à l'Est)

La cartographie de la limite supérieure du site de l'Anse de Kouali située à l'Est permet de distinguer un herbier à *Posidonia oceanica* bien développé qui occupe une superficie très importante et continue dans la partie Ouest de ce site, tandis que la partie Est est occupée par un herbier de Posidonie moins développé et qui occupe une superficie moins importante que la partie Ouest.

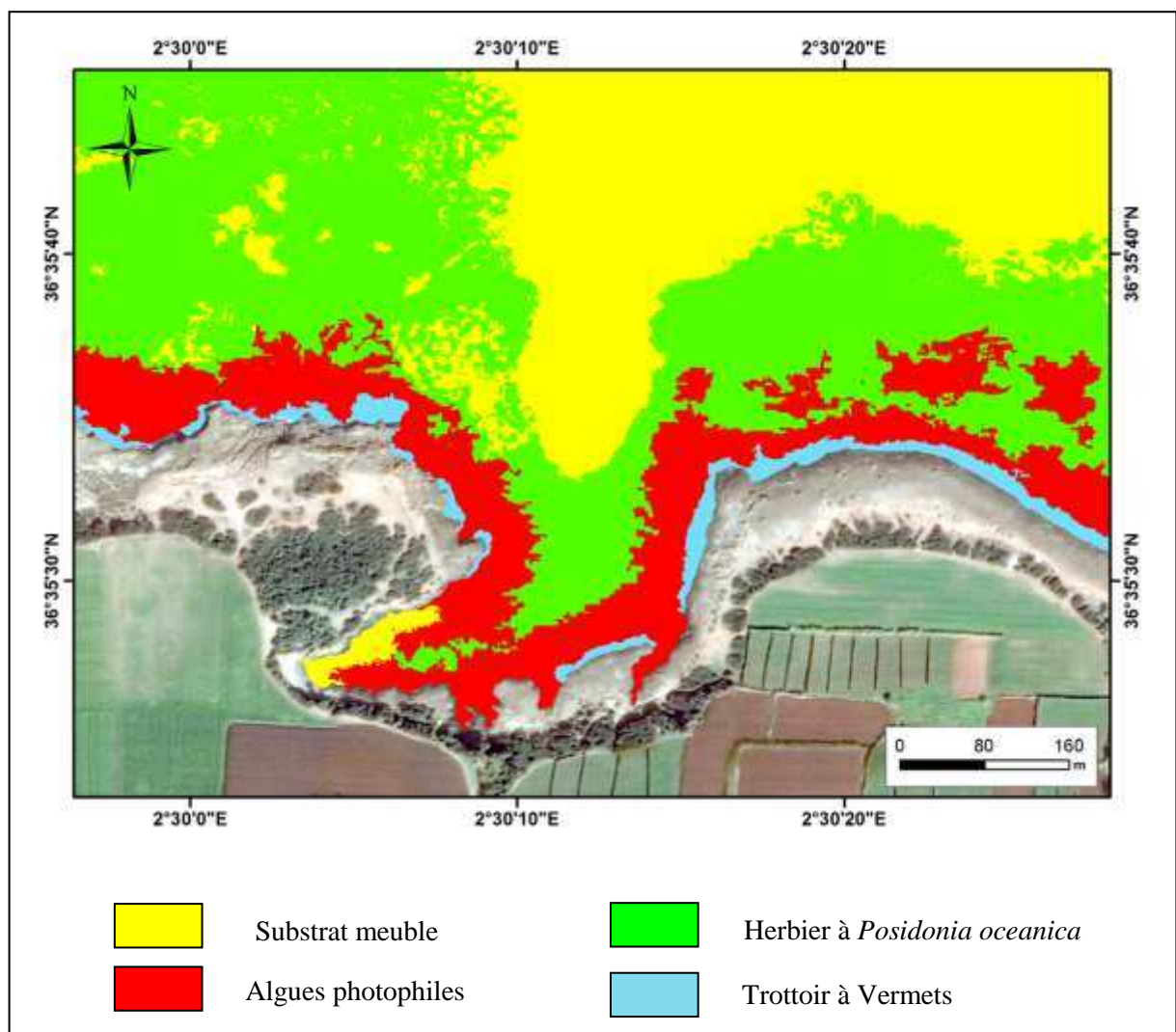


Figure 38 : Cartographie des principaux peuplements de l'Anse de Kouali située à l'Est

La différence enregistrée en terme de superficie entre les deux parties du site pourrait résulter d'une réponse adaptative de *Posidonia oceanica* aux conditions du milieu (quantité de lumière, l'hydrodynamisme...) qui favoriserait le développement des surfaces réduites d'herbier.

La limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de ce site est située à une distance d'environ 21 m et à une profondeur d'environ 7m.

3.1.5. Description des Plates-formes à Vermets des trois anses de Kouali

Les Plates-formes à Vermets de cette anse ont été les premières à être signalées et décrites en baie de Bou-Ismaïl. Les Plates-formes se sont développées sur les parties rocheuses légèrement surélevées qui délimitent l'entrée de cette Anse à l'Est et à l'Ouest (**Bakalem, 2004**)

Les Plates-formes à Vermets de cette zone présentent un développement maximal et exceptionnel.

L'ensemble de la zone d'étude présente des Plates-formes à Vermets très développées, c'est dans cette zone de Bou-Ismaïl que les plates formes connaissent un développement maximal et exceptionnel, et ces Plates-formes sont les plus belles de la baie.

Les Plates-formes à Vermets disparaissent au centre des Anses, cela peut être dû à la nature du substrat (meuble) qui ne permet pas l'installation de ces plates-formes et/ou au piétinement au niveau de cette zone suite à la fréquentation par les touristes qui dégradent ces formations, dès qu'on s'éloigne des Anses les plates-formes à Vermets reprennent un aspect normal.

3.1.6. Cartographie des principaux peuplements du cinquième tronçon

3.1.6.1. Description des herbiers à *Posidonia oceanica* du cinquième tronçon

La cartographie de la limite supérieure du dernier tronçon de la zone d'étude permet de distinguer un herbier à *Posidonia oceanica* moins développé par rapport aux autres secteurs de la zone d'étude, la superficie occupée par cet herbier est aussi moins importante, cela peut être due aussi aux exigences de *Posidonia oceanica* en terme de lumière, hydrodynamisme, taux de sédimentation et type de substrat.

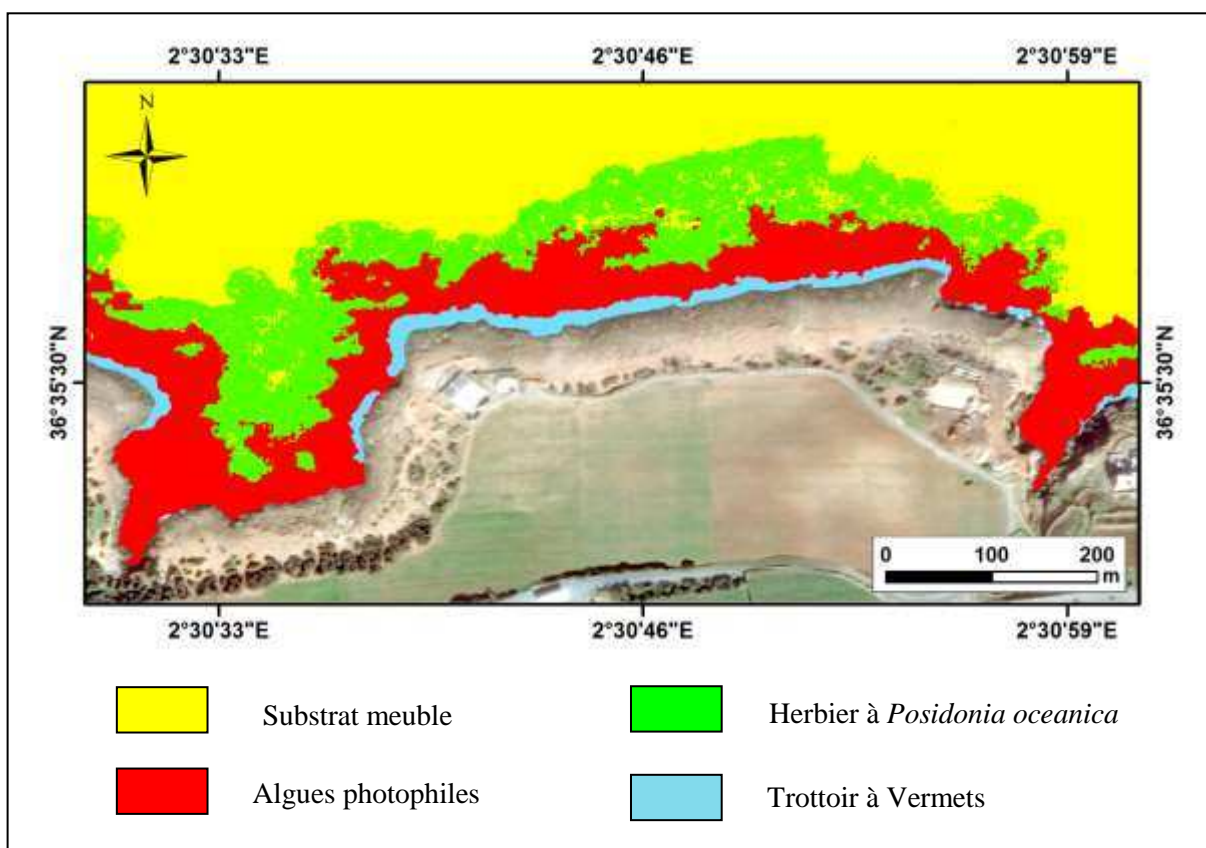


Figure 39 : Cartographie des principaux peuplements du cinquième tronçon

Il pourrait être due aussi à la morphologie du liseré côtier par ce que à l'intérieur de l'anse de ce site l'herbier est très bien développé puis quand on s'éloigne de cette anse la morphologie du linéaire côtier devient rectiligne ce qui ne permet à l'herbier de s'installer sur un substrat meuble à faible profondeur (hydrodynamisme réduit et par conséquent, réduction des transferts sédimentaires).

La limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* de ce site est située à une distance d'environ 21 m de la côte et à une profondeur d'environ 7m.

3.1.6.2. Description du Trottoir à Vermets du cinquième tronçon

Cette zone présente un développement important des Trottoirs à Vermets, c'est seulement au niveau des petites criques qu'on remarque la présence d'un aspect érodé de ces Plates-formes, voir leur disparition.

La difficulté d'identification et la sous-évaluation de certains peuplements ou types de fonds comme : les herbiers à *Cymodocea nodosa*, qui ne sont détectés que lorsqu'ils présentent une densité importante et uniquement à certaines saisons et les mattes mortes d'herbier, qui peuvent être confondues avec des herbiers à faible recouvrement.

3.1.7. Cartographie générale des principaux peuplements dans la zone d'étude

La figure ci-après représente la cartographie générale des principaux peuplements dans les cinq traçons étudiés et le résultat escompté de notre travail.

**Cartographie
Générale
des Principaux
Habitats Marins
des Anses de Kouali
(Tipaza)**

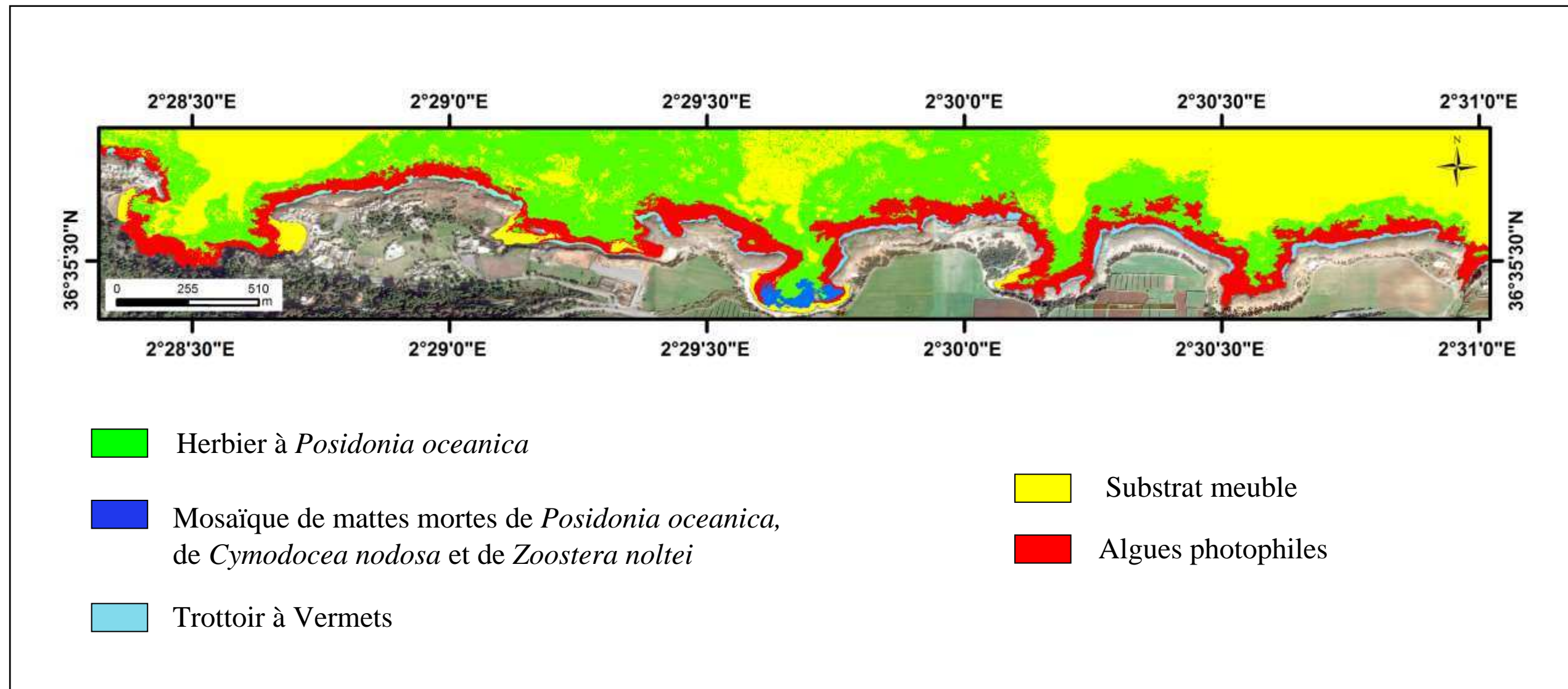


Figure 40 : Cartographie générale des principaux habitats marins des Anses de Kouali (Tipaza)



Conclusion

Conclusion

Après avoir achevé ce modeste travail, on a pu tirer un ensemble de conclusions qui servent comme une contribution à la cartographie sous-marine des habitats benthiques de la zone d'étude, mais plus globalement à la localisation de la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* et à la distribution du Trottoir à Vermets.

Cette étude revêt par ailleurs un important aspect méthodologique. En effet, pour la première fois, cette technique de cartographie a été mise en œuvre sur des sites d'Algérie, et que malgré l'absence des photographies aériennes de haute définition, le travail a été effectué par l'utilisation des images satellitaires issues de Google Earth.

Il apparaît au vu des résultats obtenus que :

- Le travail de cartographie effectué a révélé l'importance des herbiers de Posidonie et des Trottoirs à Vermets sur la majeure partie de la zone d'étude. Ces deux formations sont en général dans un état quasiment naturel car situées pour une grande majorité dans une zone littorale peu dégradée ;
- Les trois Anses de Kouali abritent les herbiers de Posidonie les plus vastes de la zone d'étude, alors que le secteur de la Corne d'Or et le dernier secteur situé à l'Est abritent des herbiers de Posidonie moins vastes ;
- Nous soulignons que l'observation à partir de la surface à l'aide d'un seau de Calfat constitue un excellent outil de la vérité terrain lorsqu'il s'agit d'étudier des habitats situés à faible profondeur.

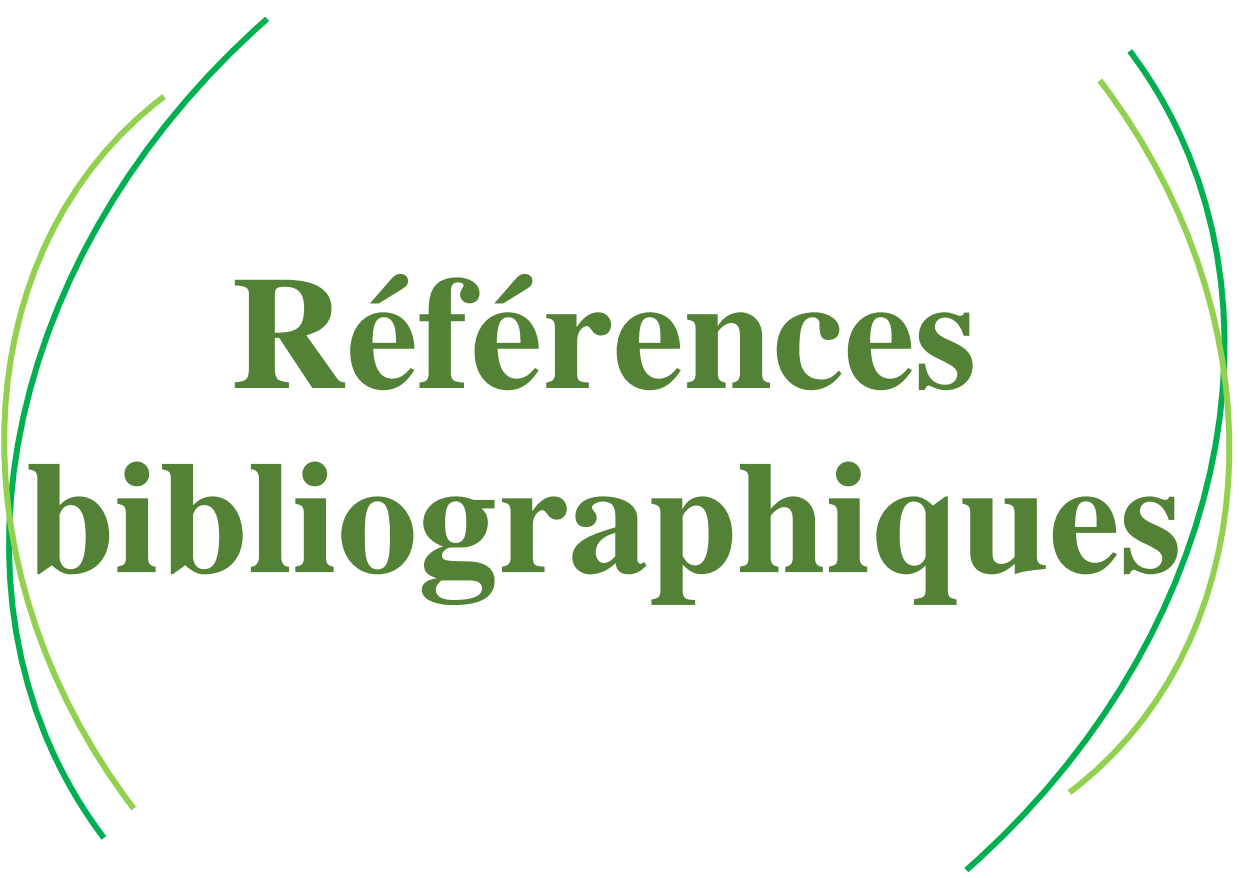
Ce travail apporte les éléments pour une gestion locale du patrimoine naturel marin, notamment les herbiers à *Posidonia oceanica* et les Trottoirs à Vermets, et fournit les fondements méthodologiques pour la mise en œuvre d'opérations analogues en Algérie. Nous espérons que ce modeste travail deviendra non seulement un outil mais également un modèle pour de nombreux utilisateurs du milieu marin : décideurs, aménageurs, chercheurs et enseignants. Par ailleurs si on avait disposé de photographies aériennes couvrant la zone d'étude, nous aurions pu obtenir des cartes de répartitions de la totalité des habitats benthiques et types de fond. Ces derniers n'ont pas pu être visualisés par l'imagerie satellitaire, par exemple les herbiers à *Cymodocea nodosa* détectables aussi bien sur la photographie aérienne que sur les images de Google Earth.

Vu l'absence des cartes représentant les principales biocénoses rencontrées au niveau de notre zone d'étude, on n'a pas pu faire une comparaison pour voir l'évolution de ces biocénoses au cours du temps. L'incompatibilité des logiciels utilisés pour la réalisation des cartes antérieures au niveau des trois Anses de Kouali avec les logiciels qu'on a utilisé a rendu impossible la superposition de nos cartes avec les précédentes pour faire l'objet d'une comparaison.

La méthode que nous avons adoptée s'est avérée concluante pour la cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* ou d'autres biocénoses marines se trouvant à faible profondeur. Le travail aurait certainement pu être moins contraignant et plus étendu sans les diverses contraintes rencontrées (mauvaises conditions météorologique, manque d'embarcation ...).

En perspectives, il serait intéressant de :

- Définir les limites inférieures et supérieures des herbiers ;
- Appliquer la même méthode de cartographier les limites supérieures d'autres sites du littoral algérien ;
- Il est primordial de cartographier les herbiers à posidonies de la côte algérienne. Ainsi il faudrait combiner plusieurs méthodes complémentaires afin de récolter un maximum d'informations ;
- Élargir les réseaux de surveillances ;
- Mettre en place de mesures adéquates en baie de Bou-Ismaïl pour la sauvegarde des Trottoirs à Vermets qui sont en péril, vu que ces dernières années et actuellement, le littoral de cette baie fait l'objet d'une urbanisation, industrialisation, d'un développement de l'agriculture intensive et des activités de tourisme ;
- Enfin, Il est indispensable de mettre en garde les citoyens de l'importance de ces formations à ne plus négliger, par la mise en place de panneaux interdisant toute baignade, arrachage des feuilles de Posidonie et piétinement au-dessus des plates-formes à Vermets.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ABADIE, A. (2012).** *Évolution des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile dans la baie de Calvi (Corse, France) et influence de l'ancrage dans la baie de l'Alga.* Master professionnel : Environnement Marin : France : Université d'Aix Marseille, 44 p.
- AIT KACI, D., PAUC, H. (1981).** *Le rôle de l'oued Mazafran dans la sédimentation fine en baie de Bou-Ismaïl.* *Pelagos*. Vol. 6, n° 1, 14 p.
- AIT KACI, D., PAUC, H. (1983).** *La couverture sédimentaire récente en baie de Bou-Ismaïl : Nature et structure.* *CIESM*. Vol. 28, n° 4, 204 p.
- ANDRÉ, F., PEAN M. (2014).** *Données d'observations pour la reconnaissance et l'identification de la faune et la flore subaquatiques (DORIS).* France : le moniteur. [Consulté le 27/03/2016]. Disponible sur le web : < <http://doris.ffessm.fr/ref/specie/365>>.
- ASSO, A. (1982).** *Contribution à l'étude de polluants métalliques chez la moule *Perna perna* (L.) dans la région d'Alger.* Thèse de doctorat. Montpellier : univ.sc.tech, 316 p.
- AUGIER, H., BOUDOURESQUE C.F. (1979).** Premières observations sur l'herbier de Posidonies et le détritique côtier de l'île du Levant : Rapport d'orientation. Document non publié. France : La marine nationale.
- AUGIER, H., ROBERT, P., MAFFRE R. (1980).** Étude du régime thermique annuel des eaux au niveau des peuplements de Phanérogames marines de la baie de Port-Cros : Rapport d'évaluation. Document non publié. France : Parc nation Port-Cros.
- BACHARI, H. F. (2009).** *Modélisation et cartographie de la pollution marine et de la bathymétrie à partir de l'imagerie satellitaire.* Thèse de doctorat. Sciences de l'Univers et Environnement. Paris : Université du Val de Marne Paris XII, 32 p.
- BAKALEM, A. (2003).** Vermetid terraces of the Algerian coasts -Les plates-formes à Vermets des côtes algériennes : Rapport de synthèse. Document non publié. Alger : ENSSMAL.
- BELLAN-SANTINI, D., LACAZE, J.C., POIZAT, C. (1994).** *Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives.* N° 4. Paris : muséum national d'histoire naturelle. 246 p.
- BEN ALAYA, H. (1972).** Répartition et conditions d'installation de *Posidonia oceanica* Delile et *Cymodocea nodosa* Ascherson dans le golfe de Tunis. *Bull. Inst. Océanogr. Pêche Salammbô*. Vol. 2, n° 3, 416 p.
- BIANCHI, C., PARRAVICINI, V., MONTEFALCONE, M. et al. (2012).** The challenge of managing marine biodiversity : Rapport orientation. Document non publié. France : Territorial approach.

Références bibliographiques

- BONACORSI, M. (2012).** *Caractérisation des peuplements benthiques du Cap Corse. Thèse de doctorat. Biologie des populations et écologie.* Corse : Université de Corse-Pascal Paoli, 158 p.
- BONACORSI, M., PERGENT-MARTINI, C., BRÉAND, N., et al. (2013).** *Is Posidonia oceanica regression a general feature in the Mediterranean Sea ?* : Rapport d'orientation. Document non publié. Corse : Le moniteur.
- BOUDOURESQUE, C.F., BALLESTEROS, E., BEN MAIZ, N. et al. (1990).** *Livre Rouge "Gérard Vuignier" des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée.* N° 43. Athènes : Unep. 250 p.
- BOUDOURESQUE, C.F., BERNARD, G., BONHOMME, P. et al. (2006).** *Préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica.* N° 1-202. France : GIS de Posidonie. 200 p.
- BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ, A. (1982).** Découverte de l'herbier de Posidonie. Rapport de suivi. Document non publié. France : GIS de Posidonie.
- BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ, A., LEFEVRE, J., (1985).** Cartographie des peuplements benthiques marins de Corse : La formation récifale à *Posidonia oceanica* de Saint-Florent. N°2. Corse : Annales Institut océanographique. 98 p.
- BOUKORT, R. (2015).** *Contribution à la cartographie des habitats marins dans le cadre d'une étude d'impact.* Mémoire de magister. Gestion et surveillance du milieu marin et littoral. Alger : ENSSMAL, 67 p.
- BOUMAZA, S. (1995).** *Phénologie, biomasse, lépidochronologie et production primaire de l'herbier à Posidonia oceanica (L.) Delile de l'anse de Kouali (Algérie).* Thèse de magister. Écologie marine. Alger : ENSSMAL, 125 p.
- BOUMAZA, S. (2003).** Biodiversité des habitats à phanérogames marines des côtes algériennes. In Biodiversité marine et littorale algériennes : Rapport de synthèse. Document non publié. Alger : Diwan.
- BRAIK, N. (1989).** *Étude de la dynamique sédimentaire devant Bou-Ismaïl : sédimentologie morphologie problème d'érosion du littoral.* Mémoire de magister. Géosciences marines. Alger : USTHB, 151 p.
- CHARBONNEL, E., BOUDOURESQUE, C.F., MEINESZ, A. et al. (2000).** Le Réseau de Surveillance Posidonies de la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur : Présentation et Guide Méthodologique 1999. Région PACA/GIS Posidonie/CQEL 13/CQEL 83/Conseil Général 06/CQEL 06. Marseille : GIS Posidonie.

Références bibliographiques

- CLABAUT, P., AUGRIS, C. (2014).** *Les fonds marins côtiers de Corse : Cartographie biomorphosédimentaire*. N° 7. France : Courtay. 79 p.
- CLABAUT, P. (2013).** Compagne océanographique CoralCorse / : Rapport de mission. Document non publié. Corse : Université de Corse Pascal Paoli.
- ELKALAY, K., FRANGOULIS, C., SKLIRIS, N. et al. (2003).** A model of seasonal dynamics of biomass and production of the seagrass *Posidonia oceanica* in the Bay of Calvi (Northwestern Mediterranean) : Rapport de suivi en ligne. Document non publié. Calvi: Ecol. Model.
- ENCYCLOPÉDIE LAROUSSE.** France, [consulté le 31/08/2016]. Disponible sur le web : <<http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/Spot/145091>>.
- GHEHIOUECHE, A., ZELMAT, Y. (1996).** *Cartographie biomorphosédimentologique de la plage de la thalassothérapie (Sidi Fredj)*. Mémoire d'ingénieur. Aménagement du littoral. Alger : ISMAL, 66 p.
- GIAKOUMI, S., SINI, M., GEROVASILEIOU, V. et al. (2013).** Ecoregion-Based Conservation Planning in The Mediterranean : Dealing with Large-Scale Heterogeneity. *Journal pone*. [En ligne]. Vol. 8, n° 10, 87 p.
- GOUJARD, A. (2013).** *Les trottoirs à Vermets*. France, [consulté le 22/03/2016]. Disponible sur le web : < <http://mio.pytheas.univ-amu.fr/gisposidonie/?p=946>>.
- INAL, M. (2011).** *Les métaux traces dans les sédiments de la baie de Bou-Ismaïl : Surveillance de la pollution et étude des processus géochimiques*. Mémoire de Magister : Gestion et Surveillance de l'Environnement Marin et Littoral. Alger : ENSSMAL, 94 p.
- KUO, J., DEN HARTOG, C. (2001).** Seagrass taxonomy and identification key. In : **Short, C.** *Global seagrass research methods*. N° 44. Amsterdam : Elsevier, 58 p.
- LAMOUTI, S. (2006).** *Essaie de cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* dans la zone du PAC (plage de la thalassothérapie Sidi Fredj)*. Mémoire d'ingénieur : Environnement marin. Alger : ENSSMAL, 49 p.
- LECLAIRE, L. (1972).** *La sédimentation holocène sur le versant méridional du bassin Algéro-Baléares (Pré-continent Algérien)*. N° 3. Paris : muséum histoire naturelle. 391 p.
- Le GALL, J. Y. (1969).** Étude de l'endofaune des pelouses de Zostéracées superficielles de la baie de Castiglione (côte d'Algérie). *Téthys*. Vol. 1, n° 2, 420 p.
- L.E.M. (2005).** Étude morpho sédimentaire de la baie de Bou-Imail. Document publié en 2005. Alger : LEM.

Références bibliographiques

- LEONARDINI, R., PERGENT, G., BOUDOURESQUE, C.F. (2008).** État des connaissances sur la répartition géographique des herbiers de magnoliophytes marines en Méditerranée : Contrat GIS Posidonie. Document non publié. France : Car.
- LERICHE, A. (2004).** *La structure à méga-, méso- et micro-échelles des herbiers à Posidonia oceanica (L.) Delile fournit-elle des outils pour leur gestion.* Thèse de doctorat, Gestion des écosystèmes littoraux. France : Univ. Aix-Marseille II, 232 p.
- MICHEZ, N., DIRBERG, G., BELLAN-SANTINI, D. et al. (2011).** Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée, Liste de référence française et correspondances : Rapport d'orientation. Document non publié. Paris : Rapport SPN 2011 - 13, MNHN.
- MICHEZ N., FORT M., AISH A. et al. (2014).** Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée Version 2 : Rapport d'orientation. Document non publié. Paris : Rapport SPN 2014 - 33, MNHN.
- MOLONIER, R., PICARD, J. (1952).** Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Ann. Inst. Océanogr.* Vol. 27, n° 3, p. 157-234.
- MOLINIER R., PICARD J. (1952).** Études biologiques sur les herbiers de phanérogames marines à l'ouest d'Alger. *bull. stat. Pêche. Aq. Castiglione.* Vol. 4, n° 2, p. 335-362.
- NOEL, C., BOISSERY, P., QUELIN, N. et al. (2012).** *Cahier technique du gestionnaire : analyse comparée des méthodes de surveillance des herbiers de posidonies.* N° 6. France : Dreal PACA, 96 p.
- PAC., (2004).** PNUE, Plan bleu, Indicateurs pour le développement durable dans les régions côtières : Rapport de suivi. Document publié en 2004. Alger : PAC.
- PAILLARD, M., GRAVEZ, V., CLABAUT, P. et al. (1993).** *Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var-France) : reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne.* N° 908-13720. Belcodène, France. : [S. éd.]. 3 cartes + 36 p.
- PASQUALINI, V., PERGENT, G., FINIDORI, S. et al. (2001).** Cartographie des herbiers à *Posidonia oceanica* et leur utilisation en tant qu'indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Corse : Rapport d'orientation. Document non publié. Contrat équipe Écosystèmes littoraux-université de Corse & Agence de l'Eau : [S. éd.].
- PASQUALINI, V., PERGENT-MARTINI, C., CLABAUT, P. et al. (1998).** Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side-scan sonar: application of the island of Corsica: Rapport de mission. Document non publié. France : *estuarine coastal and shelf Science.*

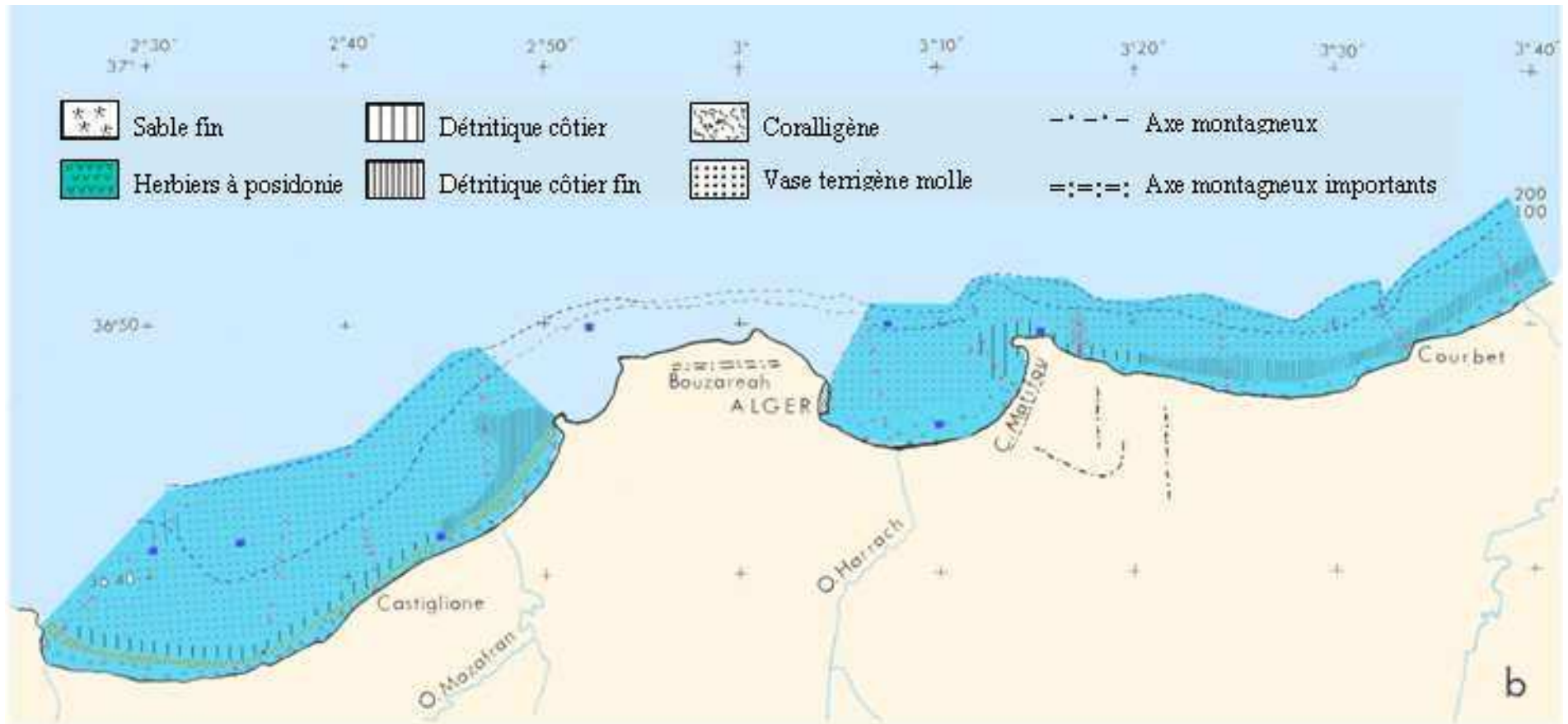
Références bibliographiques

- PERGENT, G.** (2006). *Le rôle des herbiers à Posidonia oceanica*. N° 4. France : Ramoge. 250 p.
- PERGENT, G., BAZAIRI, H., BIANCHI, C.N. et al.** (2012). *Les herbiers de Magnoliophytes marines de Méditerranée : résilience et contribution à l'atténuation des changements climatiques*. N° 5. Espagne : IUCN. P. 48-78.
- PERGENT, G., LEONARDINI, R., LOPEZ Y. et al.** (2008). Mise en œuvre d'un réseau de surveillance Posidonies le long du littoral de la Corse : Rapport de synthèse. Document non publié. Corte : GIS Posidonie.
- PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C. et al.** (2015). Cartographie du grand herbier de la plaine orientale : Projet POSIDCORSE : Rapport de mission. Document publié. Corse : université de Corse, équipe EqEL.
- PERGENT-MARTINI, C., ALMI, S., BONACORSI, M. et al** (2014). Cartographie des peuplements benthiques du littoral de la Corse : Rapport de mission. Document non publié. Corse : université de Corse & GIS Posidonie, Equipe EqEL.
- PERGENT-MARTINI, C.** (2011). Projet de lignes directrices pour la standardisation des méthodes de cartographie et de surveillance des magnoliophytes marines en méditerranée. Programme des nations unies pour l'environnement. Plan d'action pour la Méditerranée. Deuxième réunion des points focaux pour les ASP : Rapport de mission. Document non publié. Marseille : [S. éd.].
- RELINI, G.** (2009). Marine bioconstructions, nature's architectural seascapes. Italian ministry of the environnement : rapport d'orientation. Document non publié. France: land and sea protection & friuli museum of natural history udine.
- SEMROUD, R. ET BELBACHA, S.** (2014). Signalisation de paysages marins remarquables dans les aires marines protégées d'Algérie : *les bioconcrétionnements littoraux*. Poster affiché au Symposiums sur la conservation des habitats marins clés méditerranéens. Alger-Algérie : [S. éd.]. 1 p.
- TARMOUL, F.** (2010). *Contribution à l'étude de l'impact de la pollution chimique sur l'herbier à Posidonie dans la baie de Bousmail*. Mémoire d'ingénieur. Environnement marin : Alger : ENSSMAL, 77 p.
- VAISSIERE, M., FREDJ, G.** (1963). Contribution à la connaissance du plateau continental de l'Algérie. *Bull. Inst. Oceano*. Vol. 60, n° 1272, 5 cartes + 83 p.
- ZITOUNI, R.Z.** (2006). *Inventaire de la faune et de la flore de la zone intertidale de l'anse de Kouali (W. Tipaza)*. Mémoire d'ingénieur. Environnement marin. Alger : ENSSMAL, 69 p.



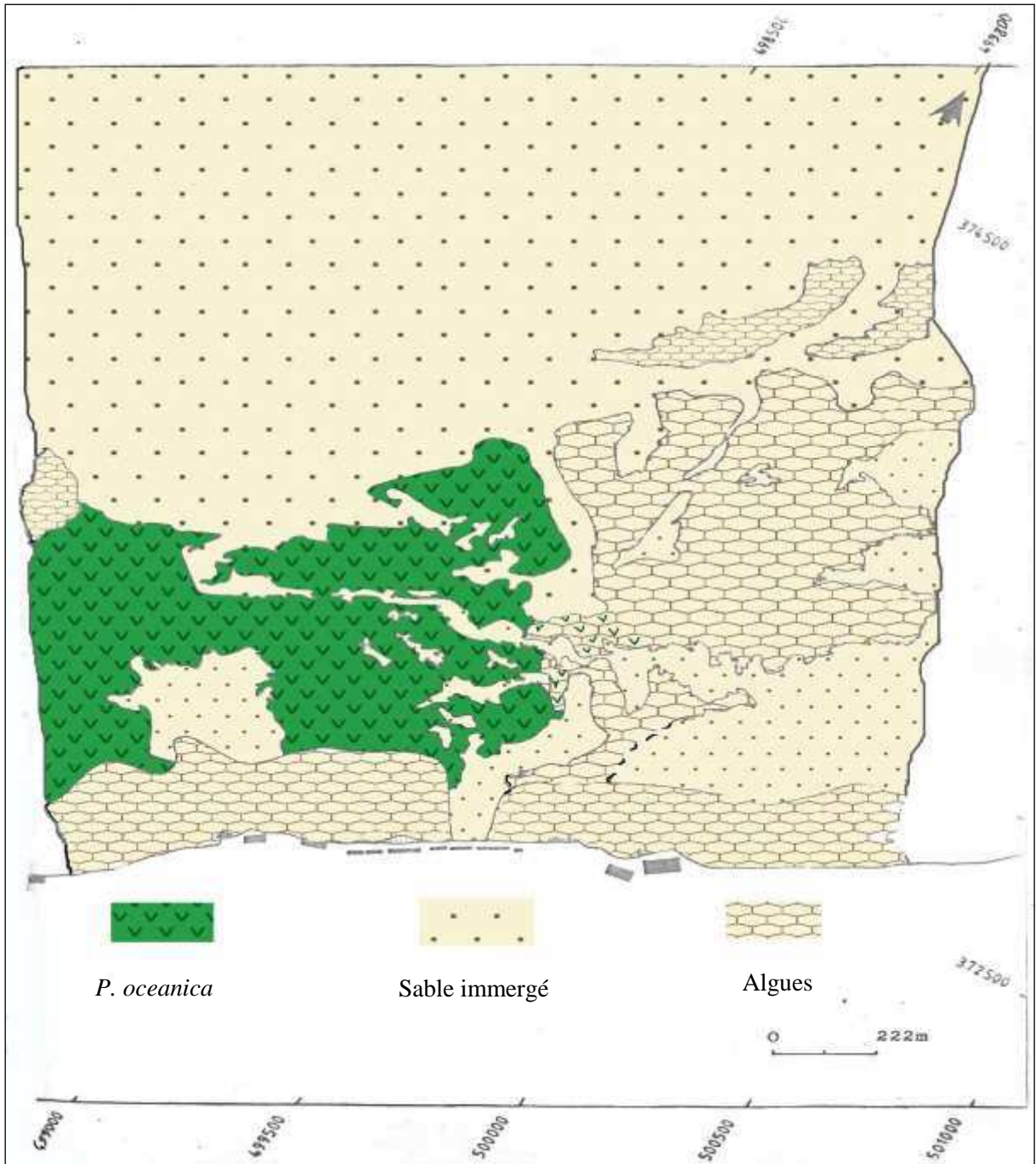
Annexes

Annexe 1



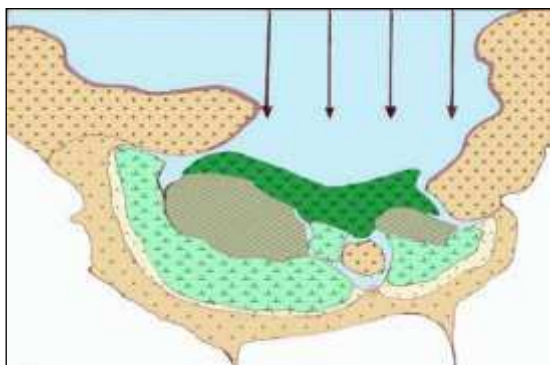
Cartographie des fonds marins dans la zone du PAC selon Vaissiere et Fredj (1936)

Annexe 2

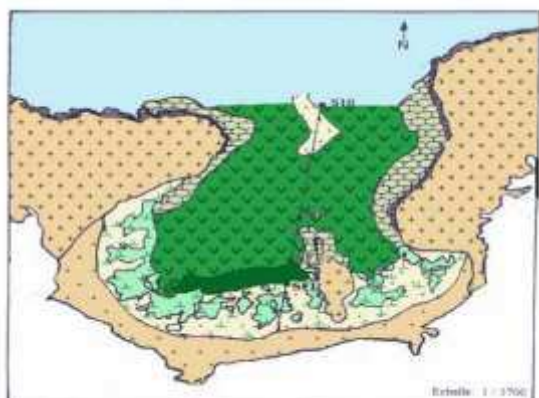


Carte physiographique établie au sonar latéral au niveau de Front de mer de Bou-Ismaïl, Braïk (1989)

Annexe 3



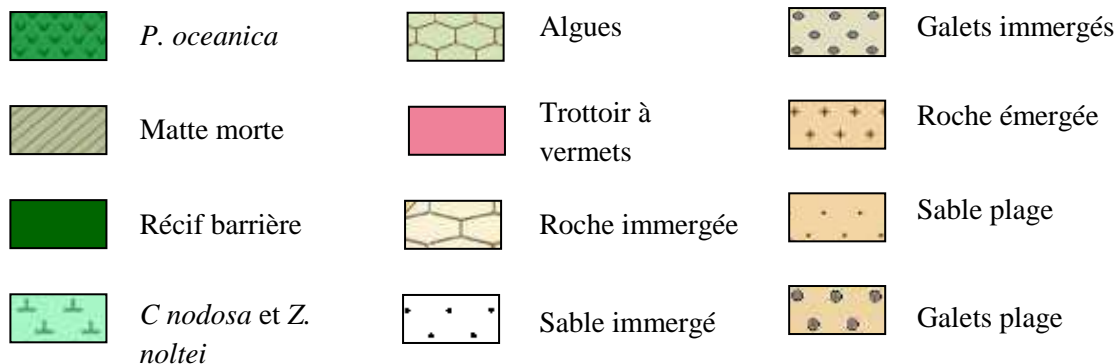
Le Gall (1969)



Boumaza (1995)

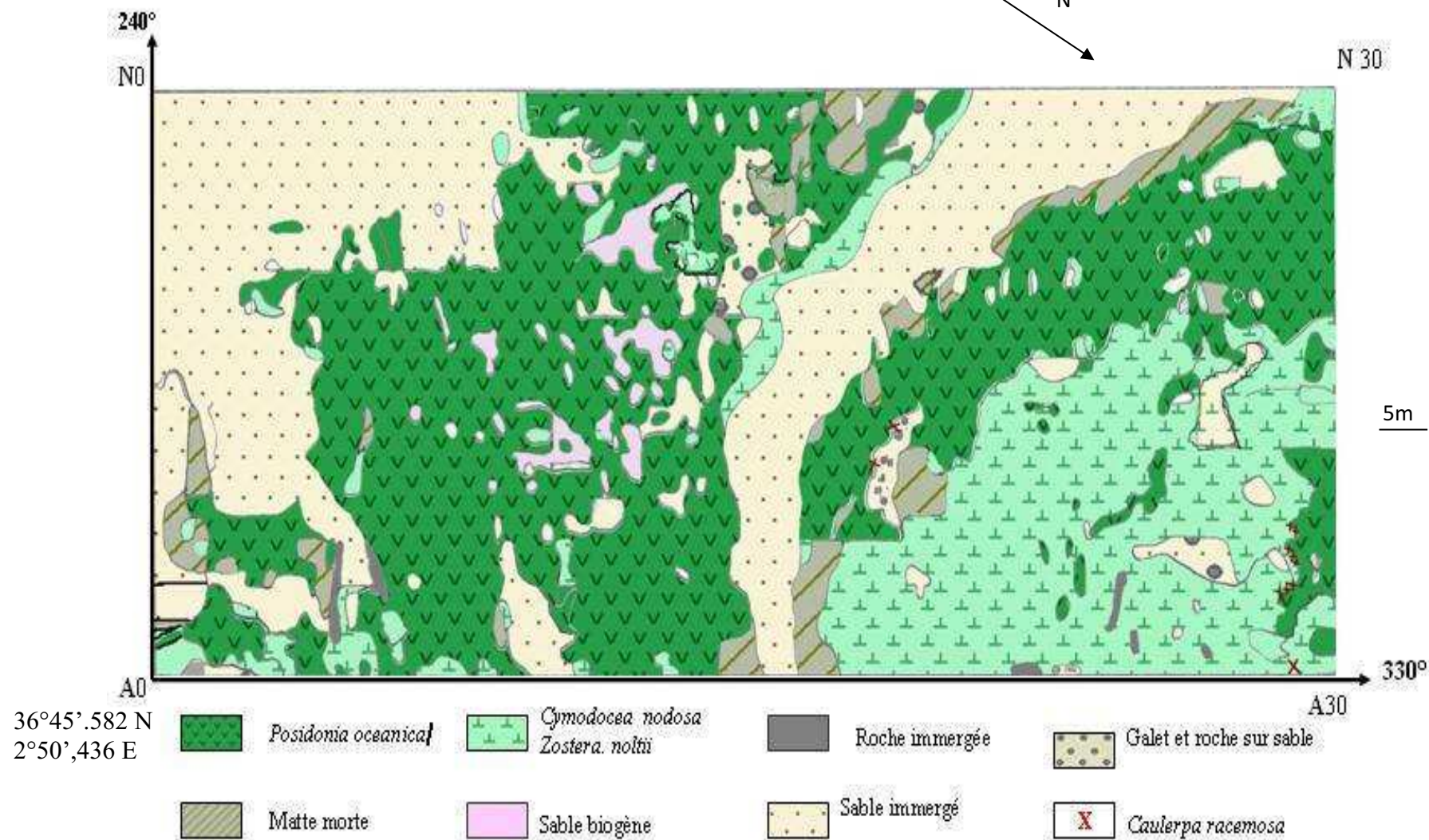
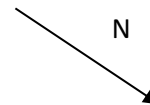


Seguini et Nacer (1996)



Cartographies à l'Anse Centrale de Kouali

Annexe 5



Cartographie de l'herbier à *Posidonia oceanica* de la plage de la thalassothérapie 1/6750 (Lamouti 2006)

Annexe 6

Étapes de géoréférencement d'une image satellitaire


Types d'images : Photographie aérienne « papier », Photographie aérienne « fichier » (tif, jpg, png,...), Image Google Earth (jpg), Carte « papier », Carte « fichier » (tif, jpg, png,...).

Logiciels utilisés : Excel, Google Earth et ArcGIS.

1. Relevé des points remarquables

Utiliser **Google Earth** pour repérer des points remarquables (une dizaine), fixes et faciles à identifier, bien répartis sur l'image et non colinéaires, puis importer les coordonnées de ces points dans un fichier Excel.

points	long (x)	lat (y)
1	2,47291	36,5935
2	2,47318	36,5935
3	2,47347	36,5936
4	2,474	36,5933
5	2,47357	36,5932
6	2,47318	36,5931
7	2,47286	36,593
8	2,47311	36,5925
9	2,47344	36,5927
10	2,47379	36,5929
11	2,47414	36,5931
12	2,47464	36,5929
13	2,47431	36,5926
14	2,47401	36,5922
15	2,47372	36,592
16	2,4748	36,5916
17	2,47498	36,592
18	2,4752	36,5923
19	2,47539	36,5928
20	2,47612	36,5929
21	2,47613	36,5926
22	2,47611	36,5922
23	2,47718	36,5924
24	2,47705	36,5927
25	2,47686	36,5931



2. Lancer ArcMap

La fenêtre principale d'**ArcMap** représente un document ArcMap. Un document est un fichier d'extension (**.mxd**) contenant une carte et sa mise en page. Il stocke les références aux emplacements des sources de données (les couches) et toutes les personnalisations d'interface, de couches, de mise en page, etc.

Annexe 6 (Suite 1)



3. Création d'une nouvelle couche (File – New) et définition de système de projection

Intégration image – Système de projection

Onglet « Coordinate System »
Choisir « Predefined »
Choisir « Geographic Coord... »
Choisir « World »
Choisir « WGS 1984 »
Appliquer - Valider

Intégration image – Système de projection

Clic droit sur « Layer »
Aller à « Properties »
Onglet « General »
Choisir « Decimal Degrees »
Valider

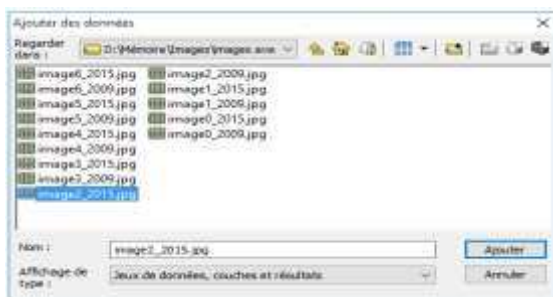
Annexe 6 (Suite 2)

4. Ajouter les données

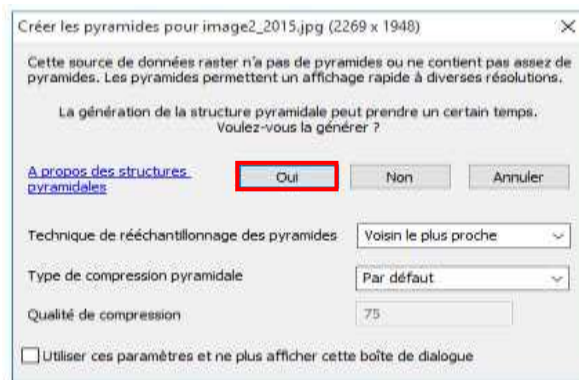
Pour ajouter les données au document, utiliser cette commande :



Les données sont automatiquement ajoutées à un bloc de données :

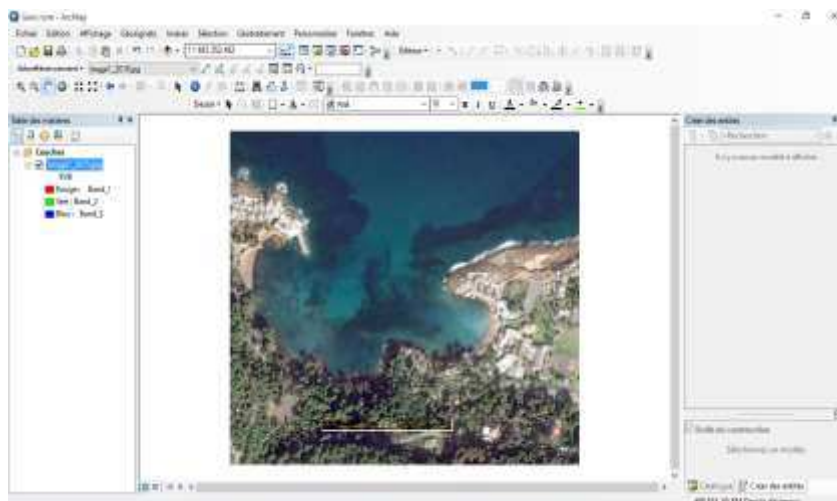


Après ouverture de l'image une fenêtre s'affiche pour créer des pyramides , il faut générer cette création en appuyant sur ok, cela facilite l'affichage de l'image.



Après avoir validé l'option la structure pyramidale (Oui), la fenêtre suivante s'affiche :

Annexe 6 (Suite 3)



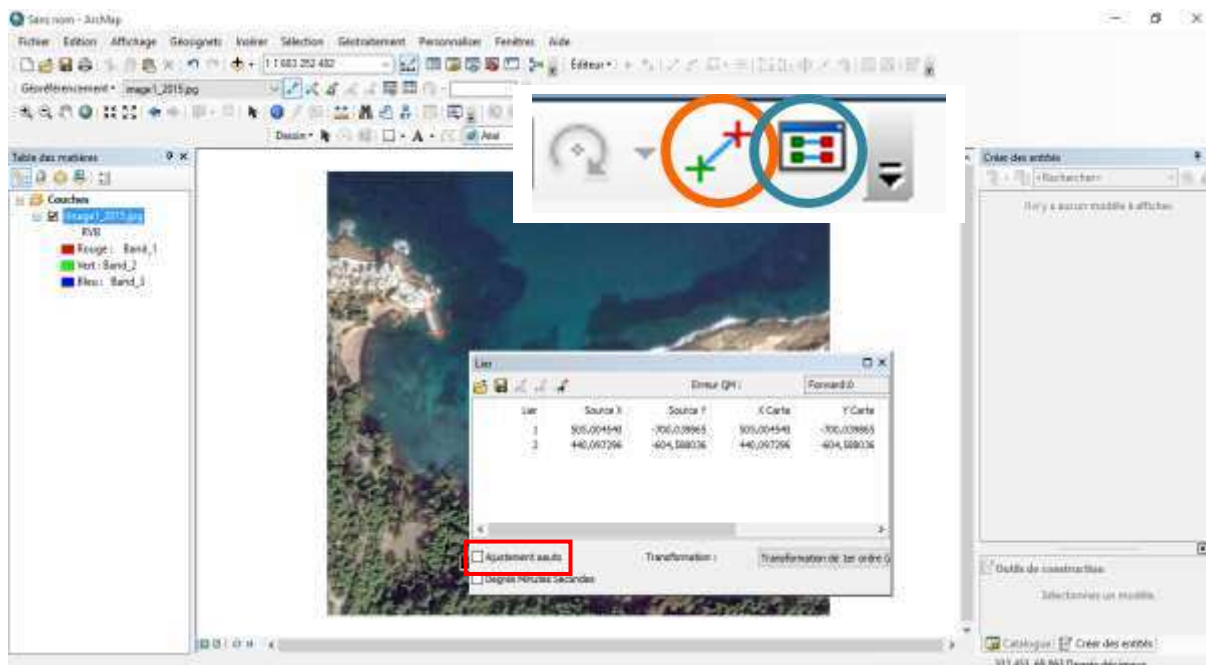
5. Saisie de points de calage

Choisir l'outil « Croix » et cliquer deux fois sur le point de calage.

Choisir l'outil « Tableau » et rentrer les coordonnées : Colonne 4 (Est) et 5 (Nord)

Remarques :

- Le séparateur décimal dans ArcGIS est la virgule (,).
- Décocher « Auto ajust » avant de saisir les coordonnées des points de calage.



Une fois tous les points de calage sont repérés, cocher l'ajustement automatique, sauvegarder les coordonnées des points de calage et mettre à jour le géoréférencement.

➤ **L'image est géoréférencée.**

Annexe 7

Les observations obtenues sur le terrain

Les observations obtenues au niveau de la Corne d'Or

Point	Longitude (X)	Latitude (Y)	Profondeur (m)	Observation
C1	2,47291	36,593458	3,3	Sable fin
C2	2,473176	36,593524	3,4	Posidonie
C3	2,473474	36,59358	3,8	Sable fin + Posidonie
C4	2,473995	36,593283	3,3	Sable fin + Posidonie
C5	2,473568	36,593165	3,5	Sable fin
C6	2,473183	36,593072	3,3	Algues
C7	2,472864	36,592979	3,2	Sable fin
C8	2,473106	36,592454	3,1	Algues
C9	2,473444	36,592682	3,3	Posidonie
C10	2,473793	36,592859	4	Sable fin
C11	2,474137	36,593072	4,2	Sable fin
C12	2,474644	36,592883	4,8	Sable fin
C13	2,474309	36,59256	3,7	Sable fin+ Posidonie
C14	2,474013	36,592241	3,4	Algues
C15	2,473717	36,591967	3,5	Algues
C16	2,474799	36,59162	2,9	Algues
C17	2,474981	36,591962	3,9	Algues
C18	2,475203	36,592335	3,8	Posidonie
C19	2,475393	36,59275	4,4	Sable fin
C20	2,476122	36,592945	4,5	Posidonie
C21	2,476128	36,592619	4,5	Posidonie
C22	2,476105	36,592223	3,1	Algues
C23	2,477183	36,592374	2,7	Posidonie
C24	2,477049	36,59274	3,7	Algues
C25	2,47686	36,59306	3,8	Posidonie

Annexe 7 (Suite 1)

Les observations obtenues au niveau de l'Anse de Kouali située à l'Ouest

Point	Longitude (X)	Latitude (Y)	Profondeur (m)	observation
K1-1	2,485402	36,592613	2,4	Algues
K1-2	2,485807	36,592842	2,7	Algues
K1-3	2,486205	36,593089	3,2	Posidonie
K1-4	2,486682	36,593349	4,1	Posidonie
K1-5	2,487549	36,593231	4,9	Posidonie
K1-6	2,487224	36,592978	4,3	Posidonie
K1-7	2,48693	36,59271	3,2	Algues
K1-8	2,486626	36,592462	2,1	Sable fin
K1-9	2,487731	36,592384	2,2	Algues
K1-10	2,48799	36,592629	3,4	Posidonie
K1-11	2,488233	36,592889	3	Posidonie
K1-12	2,488522	36,59317	3,5	Posidonie
K1-13	2,489211	36,592747	2	Posidonie
K1-14	2,488917	36,592438	2,8	Posidonie

Les observations obtenues au niveau de l'Anse centrale de Kouali

Point	Longitude (X)	Latitude (Y)	Profondeur (m)	observation
K2-1	2,493572	36,590969	1,5	Cymodocée
K2-2	2,494129	36,591239	2,9	Algues
K2-3	2,494597	36,591529	5,7	Algues
K2-4	2,495012	36,591451	3,9	Posidonie
K2-5	2,495356	36,591288	2,8	Posidonie + Algues
K2-6	2,495454	36,590856	1,9	Cymodocée
K2-7	2,49556	36,590437	1,5	Cymodocée
K2-8	2,494111	36,590522	1	Posidonie
K2-9	2,494544	36,590983	2,9	Posidonie

Annexe 7 (Suite2)

Les observations obtenues au niveau de l'Anse de Kouali située à l'Est

Point	Longitude (X)	Latitude (Y)	Profondeur (m)	observation
K3-1	2,502809	36,591631	4	Algues
K3-2	2,502374	36,591304	3	Algues
K3-3	2,501954	36,591028	2,7	Posidonie
K3-4	2,502823	36,590972	4,1	Algues
K3-5	2,503124	36,591349	5	Posidonie
K3-6	2,503503	36,591721	6,6	Posidonie
K3-7	2,50379	36,592069	5	Posidonie

Les observations obtenues au niveau de la dernière Anse du secteur d'étude

Point	Longitude (X)	Latitude (Y)	Profondeur (m)	Observation
X1	2,508595	36,591024	3,2	Algues
X2	2,508822	36,591242	3,5	Algues
X3	2,509085	36,59145	3,8	Posidonie
X4	2,509308	36,591671	8,4	Posidonie
X5	2,509611	36,591585	9,5	Sable fin
X6	2,509936	36,5915	7,8	Posidonie
X7	2,510132	36,591249	1,8	Algues
X8	2,509887	36,590995	3,8	Posidonie
X9	2,50966	36,591239	3,9	Posidonie
X10	2,509344	36,591303	3,7	Posidonie
X11	2,509041	36,591045	5	Algues
X12	2,509393	36,591002	5,5	Posidonie
X13	2,509664	36,590777	4	Algues
X14	2,509139	36,590759	2,8	Algues
X15	2,508751	36,590799	2,7	Algues

Annexe 7 (Suite 3)

Les observations obtenues le long de la zone d'étude (à l'extérieur des Anses)

Points	Longitude	Latitude	profondeur (m)	observation
T1	2,515994	36,592999	9	Sable fin
T2	2,514958	36,593101	5	Posidonie sur Roche
T3	2,513942	36,593186	6	Posidonie sur Roche
T4	2,513015	36,593121	5,6	Roche + Algues
T5	2,512228	36,593034	5,8	Posidonie sur Roche
T6	2,511155	36,592813	7,2	Posidonie
T7	2,510746	36,592745	5,8	Posidonie sur Roche + Algues
T8	2,509985	36,592575	6,4	Algues
T9	2,509413	36,59232	12	Roche
T10	2,508905	36,592168	7,9	Roche
T11	2,50827	36,59227	4,8	Posidonie sur Roche
T12	2,507805	36,592609	4,9	Posidonie sur Roche
T13	2,507382	36,593	4,9	Posidonie sur Roche
T14	2,506874	36,593204	4,2	Posidonie
T15	2,506282	36,593442	5,6	Posidonie sur Roche + Algues
T16	2,505837	36,593306	5,1	Posidonie sur Roche + Algues
T17	2,505266	36,593153	5,7	Algues
T18	2,504462	36,593051	7,7	Posidonie sur Roche
T19	2,503954	36,592882	8,2	Posidonie
T20	2,503531	36,592508	7,2	Posidonie sur Roche
T21	2,502938	36,592627	6,3	Posidonie sur Roche + Algues
T22	2,502451	36,593051	6,8	Posidonie sur Roche
T23	2,501965	36,593442	4,9	Posidonie sur Roche
T24	2,501263	36,593548	6,9	Posidonie sur Roche
T25	2,500484	36,593714	9,6	Posidonie sur Roche
T26	2,499743	36,593561	7,8	Algues
T27	2,498981	36,593663	7,8	Posidonie sur Roche
T28	2,49824	36,593697	7,5	Algues
T29	2,497373	36,593697	6,4	Algues
T30	2,496759	36,593391	8,1	Posidonie sur Roche
T31	2,496294	36,593052	6	Posidonie sur Roche

Annexe 7 (Suite 4)

Les observations obtenues le long de la zone d'étude (à l'extérieur des Anses)

T32	2,495765	36,592967	6,6	Posidonie sur Roche
T33	2,495243	36,592734	6,6	Posidonie sur Roche
T34	2,494591	36,592562	9,2	Posidonie + Sable fin
T35	2,494058	36,592587	9,6	Posidonie + Sable fin
T36	2,493522	36,592814	9,2	Posidonie sur roche
T37	2,492802	36,593102	8,1	Sable fin
T38	2,492062	36,593408	8	Sable fin
T39	2,491152	36,593476	7	Sable fin + Algues
T40	2,490411	36,593714	8,3	Posidonie + Sable fin
T41	2,489649	36,593714	9,4	Sable fin
T42	2,488902	36,593648	8	Posidonie
T43	2,488006	36,593784	9,7	Sable fin
T44	2,487265	36,593846	8,7	Sable fin + touffes de Posidonie
T45	2,486475	36,594104	6,7	Sable fin + Algues+ touffes de Posidonie
T46	2,485756	36,594461	7,7	Sable fin + Algues
T47	2,484888	36,594614	8,3	Sable fin + touffes de Posidonie
T48	2,483957	36,594801	8,7	Sable + Posidonie
T49	2,483132	36,594937	8,6	Algues + Posidonie
T50	2,482074	36,594767	9,3	Roche + Algues
T51	2,480889	36,594563	6,6	Algues
T52	2,479831	36,594342	8,2	Algues
T53	2,478731	36,594205	8,9	Algues + Algues
T54	2,477736	36,59395	6,9	Algues
T55	2,476823	36,593803	6,4	Sable fin + touffes de Posidonie
T56	2,476236	36,593746	7,2	Sable fin
T57	2,475643	36,593702	8,8	Sable fin
T58	2,475139	36,59379	8,7	Sable fin
T59	2,474749	36,594128	7,6	Posidonie
T60	2,474374	36,594481	6,1	Sable fin
T61	2,474118	36,594833	7,6	Cymodocée

Cartographie de la limite supérieure de l'herbier à *Posidonia oceanica* et du Trottoir à Vermets dans la région de Tipaza

Résumé

Le présent travail concerne la cartographie de l'herbier à *Posidonia oceanica* et les trottoirs à Vermets dans la région de Tipaza, par une méthode moderne appliquée pour la première fois en Algérie, basée sur le traitement d'images et leurs intégration dans un système d'informations géographiques.

Il s'agit dans ce travail de présenter ces deux formations, de synthétiser les différents travaux de leur cartographie en Méditerranée et en Algérie mais surtout de présenter et d'appliquer une méthode moderne pour leur cartographie basée sur le traitement d'images géoréférencées, nécessitant ainsi un minimum de moyens humains et matériels et permettant l'obtention de cartes de répartition à grande échelle avec une haute précision faciles à exploiter et intégrer dans un Système d'Informations Géographiques.

Mots clés : *Posidonia oceanica* ; Trottoirs à Vermets ; Cartographie ; traitement d'images ; Système d'informations géographiques

Abstract

This work involves mapping the *Posidonia oceanica* meadow and sidewalks Vermetid in the region of Tipaza, by a modern method used for the first time in Algeria, based on image processing and their integration into a geographic information system.

The aim of this work is to present these two formations, synthesize the different works of their mapping in the Mediterranean and Algeria but specially to present and apply a modern method for their mapping based on treatment of georeferenced images, thus requiring a minimum of human and material resources and for obtaining large-scale distribution maps with high accuracy, easy to use and integrate into a Geographical Information System.

Keywords: *Posidonia oceanica*; sidewalks Vermetid ; mapping ; image processing ; Geographical Information System

ملخص

تتناول هذه الدراسة رسم خرائط مرج البوزيدونيا المحيطية و ارصفة الفرمتيد في منطقة تيبازة، بواسطة طريقة حديثة تستخدم لأول مرة في الجزائر، على أساس معالجة الصور ودمجها في نظام المعلومات الجغرافية.

يهدف هذا العمل الى تقديم النظامين الايكولوجيين الاثنين، توليف اعمال مختلفة لرسم الخرائط في منطقة البحر الأبيض المتوسط وفي الجزائر لكن بصفة خاصة الى تقديم وتطبيق طريقة حديثة لرسم خرائط لهما استنادا الى معالجة صور لها احداثيات جغرافية، مما يتطلب الحد الأدنى من الموارد البشرية والمادية والحصول على خرائط التوزيع على نطاق واسع بدقة عالية، سهولة الاستخدام والاندماج في نظام المعلومات الجغرافي.

الكلمات الدالة: البوزيدونيا المحيطية؛ ارصفة الفرمتيد؛ رسم الخرائط؛ معالجة الصور؛ نظام المعلومات الجغرافية.