

DOP.LER

Laboratoire Environnement Ressources Languedoc-Roussillon LER/LR-Sète

Jocelyne OHEIX

ifremer

Février 2006 - R.INT.DOP-LER/LER-LR 2006-01

---

# Enregistrement d'images vidéo géoréférencées par caméra remorquée dans les lagunes de Méditerranée

Expérimentations pilotes dans les étangs de Leucate (juin 2004), de Thau et d'Ingril (avril 2005)

**Avec la participation de :**

Eric EMERY (LER /PAC, IFREMER TOULON)  
Gilles HERVE (LER /PAC, IFREMER TOULON)  
Jocelyne OHEIX (LER/LR,IFREMER SETE)  
Valérie DEROLEZ (LER/LR, IFREMER SETE)  
Thierry LAUGIER (LER/LR, IFREMER SETE)  
Frank LAGARDE (LER/LR, IFREMER SETE)  
Clément GARGANI (stagiaire, LER/LR, IFREMER SETE)  
Michel LAURET (Université Montpellier II)

<b>Type de rapport :</b> RST	
<b>Numéro d'identification du rapport :</b> RST.DOP.LER/LERLR/06.01  <b>Diffusion :</b> libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> interdite <input type="checkbox"/> <b>Validé par :</b> L. Loubersac	<b>date de publication</b> Février 2006 <b>nombre de pages</b> 42 <b>bibliographie</b> (Oui / Non)  <b>illustration(s)</b> (Oui/ <del>Non</del> )  <b>langue du rapport</b> français
<b>Titre et sous-titre du rapport :</b> Enregistrement d'images vidéo géoréférencées par caméra remorquée dans les lagunes de Méditerranée. Expérimentations pilotes dans les étangs de Leucate (juin 2004), de Thau et d'Ingril (avril 2005).  <b>Titre traduit :</b> recording video geo-referenced pictures by towed camera in the mediterranean lagoons. First experiments in the lagoons of Leucate (June 2004), Thau and Ingril (April 2005).	
<b>Auteur(s) principal(aux) :</b> Oheix Jocelyne	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>  Ifremer/DOP.LER/LER-LR
<b>Collaborateur(s) :</b>  Eric Emery Gilles Hervé Valérie Derolez Thierry Laugier Frank Lagarde Clément Gargani (stagiaire) Michel Lauret	<b>Organisme / Direction / Service, laboratoire</b>  Ifremer/DOP.LER/LER-PAC Ifremer/DOP.LER/LER-PAC Ifremer/DOP.LER/LER-LR Ifremer/DOP.LER/LER-LR Ifremer/DOP.LER/LER-LR Ifremer/DOP.LER/LER-LR Ifremer/DOP.LER/LER-LR Université Montpellier II
<b>Organisme commanditaire :</b>	
<b>Organisme(s) réalisateur(s) :</b> Institut Français de Recherche pour l'Exploitation durable de la Mer (Ifremer) Bd Jean Monnet – BP 171 – 34200 Sète.	
<b>Responsables scientifiques:</b> T Laugier , V Derolez	Ifremer/DOP.LER/LER-LR

Thème : 2 - Surveillance, usage et mise en valeur des zones côtières

Programme : 3- Surveillance et évaluation de l'état des eaux littorales

Projet : Actions régionales (PJB0311)

ACTION : B031109 – Réseau de Suivi Lagunaire

---

**Résumé :**

Dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire, des images vidéo géoréférencées par caméra tractée ont été réalisées dans trois lagunes de méditerranée : Thau, Leucate et Ingril avec la collaboration de l'équipe d'Ifremer/Toulon qui assure le développement technique de l'outil d'acquisition d'images dans le cadre du projet « Prisme ».

L'objectif est de déterminer la faisabilité technique en lagune puis d'optimiser l'exploitation des données.

Ce rapport présente les résultats de la mise en œuvre de la caméra tractée, du rejeu des images et de la représentation cartographique des données sous SIG.

Ces expérimentations ont permis de définir une typologie d'utilisation de la vidéo tractée en lagune :

- Recouvrement végétal
- Cartographie d'herbier
- Grand type de peuplement

Des propositions d'améliorations pour l'acquisition des images et l'exploitation des données sont élaborées à l'issue de ce travail.

---

**Mots-clés :**

Lagunes littorales, Méditerranée, vidéo sous-marine remorquée, diagnostic, macrophytes .

---

**Keywords :**

Coastal lagoon, Mediterranean, towed submarine video, diagnostic, macrophytes.

Enregistrement d'images vidéo géoréférencées par caméra  
remorquée dans les lagunes de Méditerranée

Expérimentations pilotes dans les étangs de Leucate  
(juin 2004), de Thau et d'Ingril (avril 2005)



<b>1. Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Matériel et méthodes.....</b>	<b>5</b>
2.1. Préparation des campagnes .....	5
2.1.1. Etang de Leucate .....	5
2.1.2. Etang de Thau.....	5
2.1.3. Etang d'Ingril.....	7
2.2. Matériel et déroulement des opérations .....	8
2.2.1. Les moyens nautiques .....	8
2.2.2. L'engin remorqué .....	10
2.2.3. Déroulement des opérations .....	11
2.3. Rejeu, analyse des vidéos enregistrées.....	12
2.4. Représentation cartographique des résultats sous SIG.....	13
<b>3. Résultats .....</b>	<b>14</b>
3.1. Mise en œuvre des enregistrements vidéo géoréférencés .....	14
3.1.1. Etang de Leucate (juin 2004).....	14
3.1.2. Etang de Thau (avril 2005).....	15
3.1.3. Etang d'Ingril.....	17
3.1.4. Essais et améliorations apportées en cours d'opération.....	19
3.2. Rejeu, analyse des vidéos enregistrées.....	20
3.3. Représentation cartographique des résultats sous SIG.....	21
3.3.1. Etang de Leucate .....	21
3.3.2. Etang de Thau .....	23
3.3.3. Etang d'Ingril.....	31
3.4. Comparaison avec les informations des diagnostics RSL .....	32
3.4.1. Etang de Leucate .....	32
3.4.2. Etang de Thau .....	35
<b>4. Discussion .....</b>	<b>37</b>
4.1. Acquisition de l'image.....	37
4.2. Rejeu, analyse des vidéos enregistrées.....	38
4.3. Représentation cartographique des résultats sous SIG.....	39
<b>5. Conclusion.....</b>	<b>41</b>
<b>6. Annexe .....</b>	<b>42</b>

## 1. Introduction

Ce travail a été réalisé dans le cadre du Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc-Roussillon (**RSL**, Ifremer/Sète, LER/LR) avec la collaboration d'une équipe d'Ifremer/Toulon, LER/PAC (Eric Emery et Gilles Hervé,) travaillant au développement du projet PRISME (Plate-forme Régionale d'Imagerie Sous-Marine pour l'Environnement ).

Le projet PRISME consiste à développer la technique d'enregistrement d'images sous-marines géoréférencées et à faire évoluer l'outil du point de vue technique. Un engin opérationnel est disponible pour des applications ponctuelles qui permettent de valider certains choix techniques et de mieux définir les contraintes de mise en œuvre des outils.

L'objectif de ces expérimentations est d'évaluer l'intérêt de l'enregistrement d'images sous-marines avec vidéo remorquée dans les lagunes. Ces expérimentations ont donc consisté à tester l'outil d'acquisition d'image, sa mise en œuvre dans les lagunes et à déterminer les améliorations utiles pour la reconnaissance des biocénoses végétales. L'analyse des résultats d'enregistrement permettra de déterminer comment optimiser le niveau d'information obtenu en vidéo afin de compléter au mieux les autres techniques de diagnostic et de suivi des lagunes, notamment en vue de la caractérisation des peuplements macrophytobenthiques.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Préparation des campagnes

#### 2.1.1. Etang de Leucate

Les premiers enregistrements de vidéo par caméra tractée ont été réalisés en 2004 dans l'étang de Leucate à la fin de la campagne RSL de diagnostic complet.

Un trajet dans la partie sud de l'étang et deux trajets dans la partie nord ont été effectués.

#### 2.1.2. Etang de Thau

Six transects (ou trajets) ont été prédéterminés dans l'étang de Thau. Pour établir ce choix, deux éléments ont été pris en considération :

- L'orientation des trajets pour couvrir des zones allant des berges vers l'intérieur de l'étang afin de couvrir un gradient de profondeur et d'habitat.
- La couverture et la diversité algale :  
Les cartes réalisées dans le cadre du diagnostic RSL\* permettent d'avoir une bonne vision de la répartition et de la biomasse des différentes classes de macroalgues (Atlas de Gregory Messian sous Arcview3.2). Les transects sont choisis de façon à couvrir les zones où les différents groupes de macroalgues et les phanérogames sont présents (figure 1) :

- Partie Ouest de l'Etang

Transect 1 : Zones à forte densité de rhodophycées et de phanérogames

Transect 2 : Zone à densité variable de rhodophycées et de phanérogames

Transect 3 : Zone à densité variable de rhodophycées et de phanérogames

- Partie Est de l'Etang

Transect 4 : Zone à densité variable de rhodophycées et de phanérogames

Transect 5 : Zone à faible recouvrement algal

Transect 6 : Zone à forte densité de chlorophycées

\*RSL 2003 de l'étang de Thau (Ifremer, 2004 (a) Réseau de Suivi Lagunaire du Languedoc Roussillon : Bilan des résultats 2003, Rapport RSL-04/2004, 424 p.

\*Mrs Lauret et Verlaque, spécialistes des biocénoses algales en méditerranée, trouvent pertinent, de suivre l'évolution de la couverture algale à partir des berges en allant vers le large et d'en observer l'évolution dans le temps.



Les transects sont déterminés par un point de départ et un point d'arrivée enregistrés au GPS. En fonction des conditions (de vent et de soleil pour les ombres projetées), le trajet est suivi dans un sens ou dans l'autre.

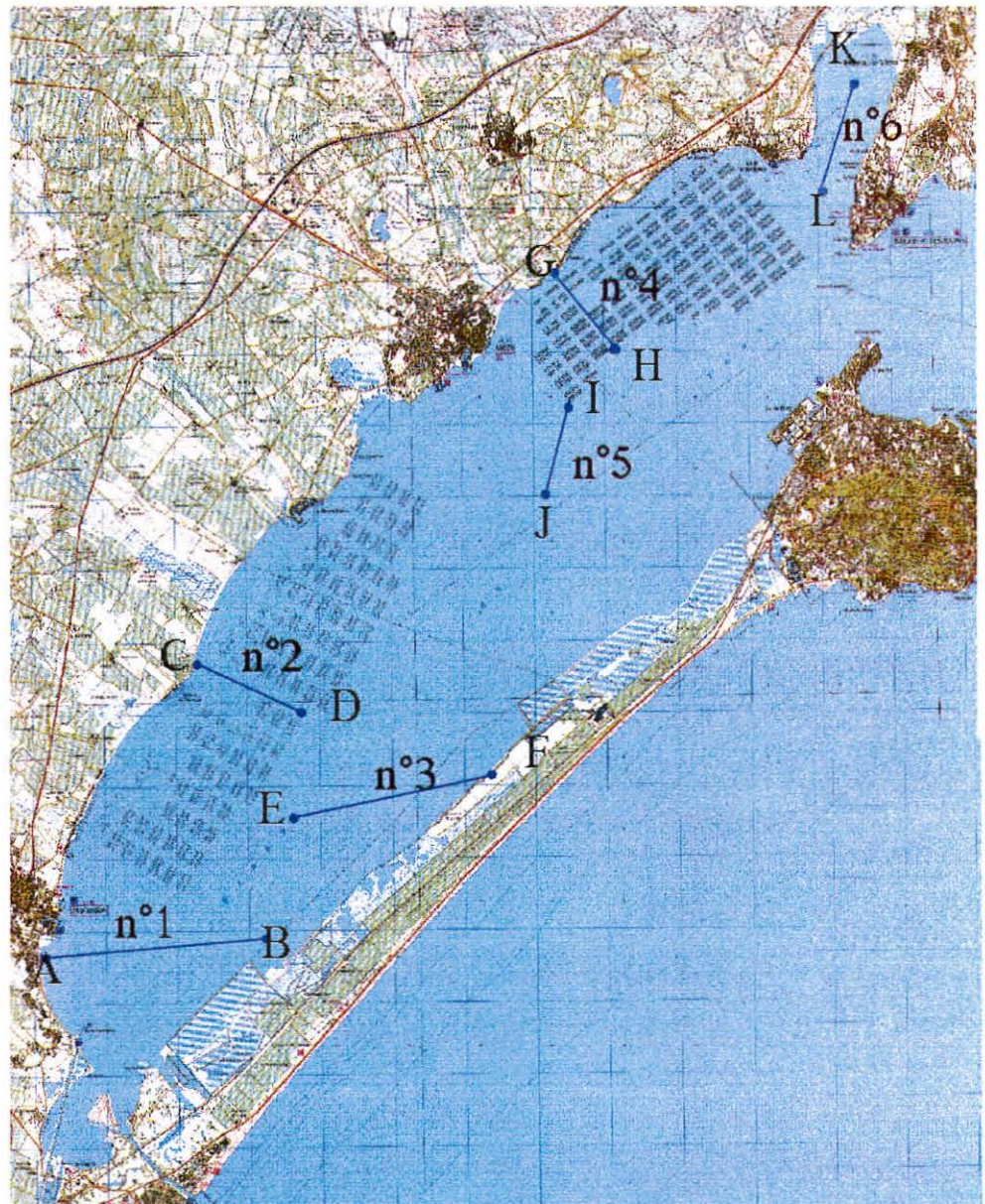


Figure 1 : transects prévus pour l'acquisition d'image.



### 2.1.3. Etang d'Ingril

Les étangs d'Ingril Nord et Sud sont séparés par le canal du Rhône à Sète. La partie Est de ces deux étangs, peu profonde, n'est pas navigable. Un transect est prévu, du Nord au Sud dans la partie Ouest d'Ingril Sud et d'Est en Ouest dans Ingril Nord jusqu'à la limite navigable (figure 2).

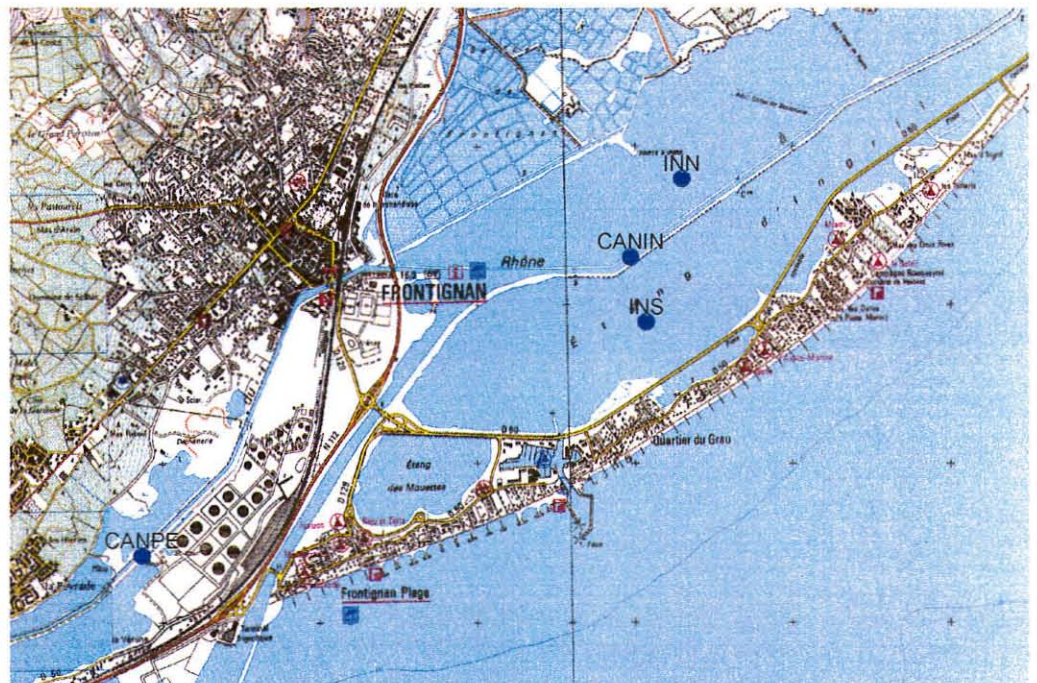


Figure 2 : étang d'Ingril et localisation des points RSL.

## 2.2. Matériel et déroulement des opérations

### 2.2.1. Les moyens nautiques

Deux embarcations sont utilisées, le "Chlamys" (figure 3) dans l'étang de Thau et l'étang de Leucate et le "Gryphea" (figures 4 et 5) dans l'étang d'Ingril.

Le "Chlamys" est une embarcation de 9,50 mètres basée sur la station de Sète, avec un espace de travail assez important sur le pont et une cabine permettant d'abriter le matériel sensible (ordinateur, magnétoscope, etc.). Un convertisseur (12 /220 Volts) de 750 W permet d'alimenter le système d'acquisition d'images. Un sondeur (Navman fish 450) peut être couplé à un système de positionnement GPS.



Figure 3 : embarcation côtière d'Ifremer Sète le "Chlamys"



Le "Gryphea" est une embarcation de 7 mètres basée sur la station de Sète, équipée d'un convertisseur qui permet d'alimenter le système d'enregistrement d'images géoréférencées.

Tout le matériel est installé à l'extérieur, ce qui impose d'avoir de bonnes conditions météorologiques (figure 5).



Figure 4 : embarcation côtière d'Ifremer Sète, le "Gryphea II"



Figure 5 : matériel en place à l'extérieur



### 2.2.2. L'engin remorqué

En 2004, la caméra utilisée est de type Sony FCB-IX 47P (images tramées propres au mode d'enregistrement standard).

En 2005, la caméra utilisée est de type Sony PD150, capteur tri CCD avec fonction progressive scan. Elle est reliée à la surface par un câble vidéo coaxial de 60 mètres. La caméra est immergée dans un caisson plongeur de type "Subspace".

La plate-forme d'acquisition en surface est composée :

- D'un magnétoscope SONY DP45 pour l'enregistrement des images vidéo en surface ( les images sont enregistrées sur des cassettes de type "Dvcam"),
- D'un Moniteur JVC professionnel multi standard de 22 cm de diagonale et d'un écran mobile LCD pour la visualisation, pour le pilote,
- D'un GPS EMTAC WIFI pour le positionnement. L'antenne GPS est positionnée sur le toit du bateau près de la caméra (2 à 4 m),
- Le PC portable permet l'enregistrement de la navigation GPS, du timecode (temps de déroulement pour le repérage sur la bande vidéo) via un cordon RS232. L'enregistrement est effectué avec le logiciel de navigation VIDEONAV (version 0.12, pour lire les cartes raster).

L'engin remorqué est adapté aux lagunes : système léger protégé par une cage en inox avec aileron PVC pour le positionnement de l'engin dans l'eau (figure 6).

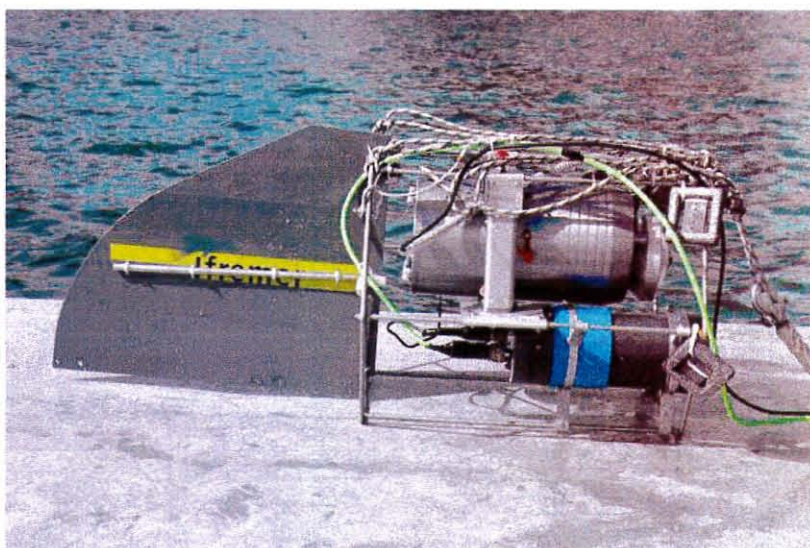


Figure 6 : engin remorqué utilisé à Thau.

La caméra tractée est positionnée sur le côté tribord, le sens de la marche du bateau est choisi de façon à éviter les ombres projetées sur l'image (Figure 7).



Figure 7 : mise en œuvre de la caméra remorquée.

Le réglage en immersion se fait par un opérateur, de façon manuelle, en observant directement l'un des moniteurs vidéo.

### 2.2.3. Déroulement des opérations

L'équipe minimale pour l'acquisition d'images géoréférencées en surface doit être composée de quatre personnes :

Un pilote suit la route prédéterminée, contrôle la profondeur au sondeur et règle la vitesse du bateau en fonction de l'image qu'il visionne sur le petit moniteur. Si le bateau ralentit trop, la caméra a tendance à descendre et à être trop près du fond.

Un opérateur plateforme surface s'occupe du démarrage de l'enregistrement vidéo et du PC pour l'enregistrement du positionnement et des images avec le logiciel Vidéonav. Il se charge également de noter manuellement tous les événements observés, en vis-à-vis du Time-code (repérage de la bande vidéo).



Figure 8 : opérateur plateforme



Un opérateur caméra, en relation avec le pilote et la personne à la plateforme surface, règle la profondeur de la caméra en observant directement le moniteur vidéo et les fonds.

Une quatrième personne s'occupe des prélèvements avec la mini-drague, de la surveillance de la navigation (bateaux alentours, etc.), de la coordination et de la logistique générale, les trois autres postes monopolisant la concentration.



Figure 9 : opérateur caméra

### 2.3. Rejeu, analyse des vidéos enregistrées

Le logiciel "vidéonav" crée un fichier dans lequel les coordonnées géographiques sont associées au time-code qui permet de se situer sur la bande vidéo.

Le rejeu consiste à visualiser les vidéos et à renseigner un fichier de données (de type tableur) avec les éléments observés (voir extraits de fichier en annexe). En vis-à-vis du time-code, plusieurs informations sont ajoutées :

- Le recouvrement végétal
- L'espèce dominante
- Les espèces présentes
- Le type de substrat
- Des commentaires
- La qualité de l'image, etc.

Le principe du rejeu consiste à arrêter le défilement du film lorsqu'on observe un changement de faciès (au regard des différentes informations). Les nouvelles données sont alors notées dans la ligne correspondant au time-code de la bande vidéo, puis copiées jusqu'au nouveau changement de faciès, des zones homogènes de végétation sont ainsi décrites.

La fréquence d'enregistrement des time-codes est déterminée par l'acquisition des positions GPS et varie de une à quatre secondes selon l'émission des signaux satellites de positionnement. Ce qui représente (vue la vitesse du bateau) une description des fonds à l'échelle du mètre.

Les espèces végétales présentes sont décrites de la façon la plus exhaustive possible. Le taux de recouvrement est réparti en cinq classes de valeur (en pourcentage) : inférieur à 5, de 0 à 25, de 25 à 50, de 50 à 75 et de 75 à 100. Ce qui correspond aux classes de recouvrement choisies pour le diagnostic des végétaux dans le cadre du RSL.

#### **2.4. Représentation cartographique des résultats sous SIG**

Les fichiers de rejeu sont transformés en tables attributaires pour être intégrés dans un projet SIG ( système d'information géographique) avec le logiciel "Arcview 3.2". Auparavant, les coordonnées géographiques (en degrés décimaux) sont transformées en Lambert II étendu avec le logiciel "Circé" et les informations sont codées avec un code numérique.

Deux types d'information sont représentées sous forme SIG :

- Le taux de recouvrement végétal , les cinq classes sont représentées avec un code couleur. Pour cela les taux de recouvrement sont recodés de 0 à 5 avec une couleur associée : code 0 et couleur bleu pour « non déterminé » puis codé de 1 à 5 et de blanc à rouge sombre pour les cinq taux de recouvrement.
- La présence d'herbier, codé en vert foncé lorsqu'il domine, en vert clair lorsqu'il est associé à d'autres espèces ou lorsqu'il est peu dense et en rouge lorsqu'il est absent.

### 3. Résultats

#### 3.1. Mise en œuvre des enregistrements vidéo géoréférencés

Les embarcations disponibles sur la station ifremer de Sète sont tout à fait adaptées à ce travail, surtout le "Chlamys" qui permet d'installer et d'abriter le matériel sensible dans la cabine.

##### 3.1.1. Etang de Leucate (juin 2004).

Le tableau 1 présente une synthèse des paramètres opératoires dans l'étang de Leucate.

Lors du premier trajet, dans le sud de l'étang de Leucate, l'enregistrement des positions GPS associé à l'image ne fonctionne pas. L'enregistrement des positions géographiques est réalisé indépendamment de l'enregistrement des images avec le GPS différentiel "Trimble". Au moment de juxtaposer les positions GPS aux enregistrements d'images, nous réalisons que les fréquences d'acquisition des données ne correspondent pas et que les images ne peuvent pas être géoréférencées.

Le lendemain, le problème de couplage du GPS est résolu et les trajets d'enregistrement au nord de l'étang sont géoréférencés (voir tableau 1).

Pour avoir une image de qualité correcte, avec la caméra Sony mode d'enregistrement standard utilisée à Leucate (sony FCB-IX 47P), la vitesse du bateau ne doit pas dépasser un nœud (1,8 km/h). Il est très difficile (voir impossible en fonction du vent) de suivre une route prédéfinie à cette vitesse, inférieure à la vitesse du ralenti du bateau. Le travail est réalisé ici en utilisant la dérive du bateau, la route suivie est donc subordonnée à la direction du vent.

Transect	Distance parcourue (en mètres)	Durée d'enregistrement d'image (en minutes)	Vitesse moyenne (en nœuds)	observations	Condition de mise en oeuvre
1	?	62	?	Problème de fonctionnement de vidéonav : pas de géoréférencement de l'image	Vent faible à modéré Eau turbide en fin de trajet
2	1630	95	0.6		Eau peu turbide
3	1660	91	0.6	+10 minutes d'images non géoréférencées	Vent faible Eau peu turbide

Tableau 1 : bilan des opérations dans la lagune de Leucate

### 3.1.2. Etang de Thau (avril 2005)

Le tableau 2 présente une synthèse des paramètres opératoires dans l'étang de Thau.

L'utilisation d'une caméra en mode progressiv scan (15 images complètes par seconde) permet de remorquer la caméra à une vitesse légèrement supérieure qu'avec une caméra standard. Ce qui permet un pilotage plus facile au ralenti et le suivi d'un tracé préétabli. Avec cette caméra, les images sont plus nettes lors des arrêts sur images.

Après une demi-journée d'installation, deux transects sont effectués la première journée. Le premier transect est effectué dans la partie Ouest de l'étang de Thau (figure 10).

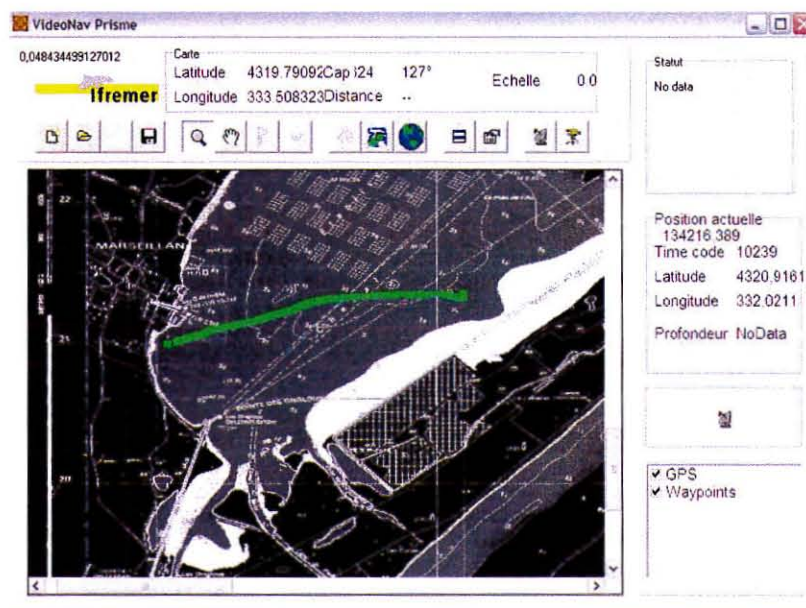


Figure 10 : transect 01 sur l'écran de travail vidéonav

Le Transect 02, plus à l'Est, débute près de la berge pour aller vers le large, il traverse la zone des tables de Marseillan à l'Est. Il est prolongé de 300 mètres en direction du Sud en remplacement du transect 03. Une panne de GPS nous prive de référencement GPS pendant 8 mn au début du transect, près de la balise de danger isolé (figure 11).

Nous avons enregistré 2 heures 16 minutes de vidéo lors de cette première journée.

Le lendemain, trois transects (transect 4, 7 et 8) sont réalisés. L'enregistrement des profondeurs associées aux coordonnées géographiques avec le logiciel "vidéonav" est testé mais ne fonctionne pas. La profondeur de la sonde est notée régulièrement de façon manuelle pour ces transects.



Nous avons pu mesurer toute l'utilité d'utiliser un sondeur en aide à la navigation pour le pilotage avec une vidéo tractée.

Le transect 04 part du large des tables ostréicoles en zone de Bouzigues (profondeur de 7 mètres) vers la berge (profondeur de 3.4 mètres) (figure 11).

Du fait d'un incident avec un ostréiculteur, survenu à la fin du transect 04, nous devons quitter la zone Est de l'Etang de Thau et abandonner les transects 05 et 06 prévus en zone Est. Nous établissons deux nouveaux transects dans la partie Ouest de l'étang, les transects 07 et 08.

Le transect 07 traverse l'étang de Thau à l'Est de la zone conchylicole de Mèze (figure 11).

Le transect 08 longe les tables au sud de la zone de Marseillan (figure 11). Des prélèvements de macroalgues sont effectués lors de ce dernier transect.

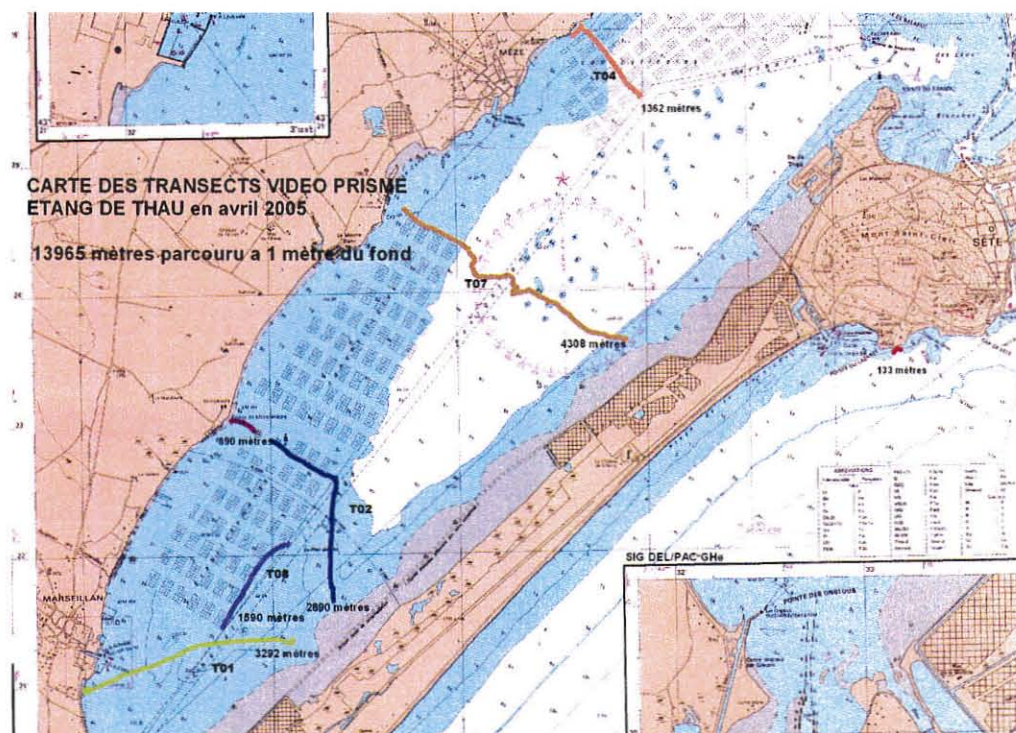


Figure 11, vue d'ensemble du tracé des routes d'enregistrements d'images dans l'étang de Thau

Transect	Distance Parcourue (en mètres)	Durée d'enre- gistrement d'image (en minutes)	Vitesse moyenne en noeuds	Améliorations techniques	Condition de mise en oeuvre
1	3292	68	1.6		Vent faible Eau peu turbide
2	2890	67	1.4	Comparaison avec GPS "trimble" sur une partie du trajet	Vent faible Eau peu turbide
4	1362	36	1.3	Mise en place du tangon Prise de notes systématique Relevé régulier des profondeurs	Vent faible Eau peu turbide
7	4308	113	1.3		Vent faible Eau peu turbide
8	1590	38	1.4	3 prélèvements effectués	Vent faible Eau peu turbide

Tableau 2 : Bilan des opérations dans la lagune de Thau

### 3.1.3. Etang d'Ingril

Le Gryphea (embarcation plus petite) est utilisé pour effectuer les enregistrements vidéo dans la lagune d'Ingril qui est moins profonde que les lagunes de Thau et de Leucate. La météo est bonne, l'eau n'est pas trop turbide (visibilité de 30 à 80 cm), bien qu'elle soit moins claire que dans l'étang de Thau.

L'enregistrement n'est pas interrompu lors du passage des passes entre la partie Sud et la partie Nord, un petit trajet d'enregistrement est réalisé dans le canal du Rhône à Sète (où l'eau est très turbide).

Les trajets prévus sont effectués dans l'étang d'Ingril, 2230 mètres d'enregistrement sont réalisés (figure 12) en deux heures .





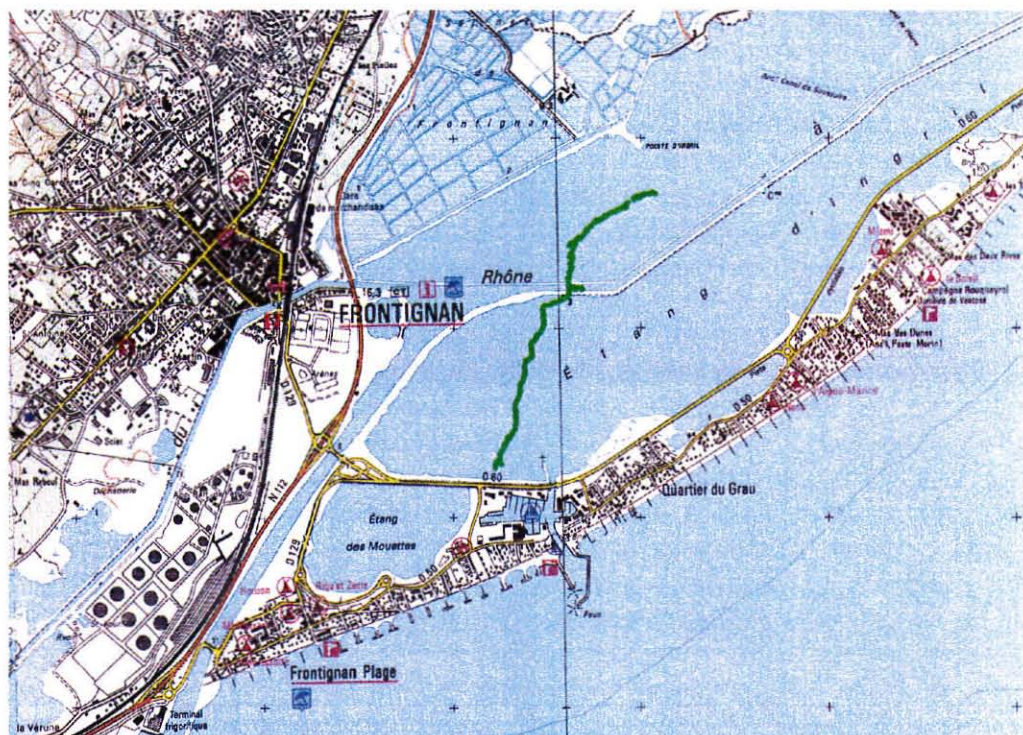


Figure 12 : vue d'ensemble du tracé des routes d'enregistrement d'images dans l'étang d'Ingril.

### 3.1.4. Essais et améliorations apportées en cours d'opération

- Sur un des transects de l'étang de Thau, le GPS différentiel Trimble est mis en œuvre en parallèle du GPS associé à vidéonav (GPS WIFI "EMTAC"), les enregistrements de position du Trimble sont comparés avec ceux du GPS EMTAC (Figure 13). L'écart entre les positions données par les deux GPS ne dépasse pas trois mètres.

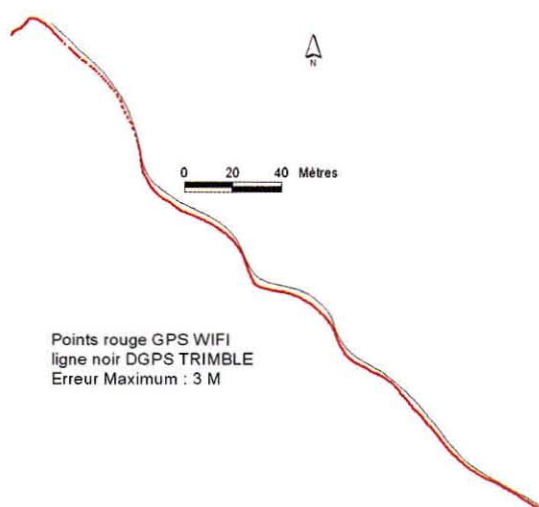


Figure 13: comparaison des routes enregistrées avec le GPS WIFI « EMTAC » associé à vidéonav et le GPS différentiel "TRIMBLE".

- Sur Thau, le deuxième jour, la caméra est déportée du bateau par l'utilisation d'un tangon de 2 mètres (figure 7), ce qui permet d'avoir une plus grande aisance dans les manœuvres du bateau (sans risquer de prendre les câbles dans l'hélice). Le tangon permet également de s'affranchir de l'ombre du bateau sur l'image enregistrée.

- Le deuxième jour d'expérimentation, les événements ainsi que les sondes de profondeur sont notés de façon plus systématique.
- Des prélèvements sont effectués lors du transect 08 à l'aide d'une petite drague improvisée avec le matériel du bord, (figure 14). Les algues prélevées sont ramenées au laboratoire pour détermination .



Figure 14 : "engin" de prélèvement improvisé

### 3.2. Rejeu, analyse des vidéos enregistrées

La qualité des images réalisées avec la vidéo tractée dépend beaucoup de la position de la caméra dans l'eau : sa hauteur par rapport au fond et son angle de prise de vue.

La caméra utilisée dans l'étang de Thau permet une meilleure reconnaissance lors des arrêts sur images. Par contre, lors du rejeu, on constate que l'image est sans relief : du fait de la vitesse plus importante du bateau, la caméra est souvent trop verticale.

Les images obtenues avec la caméra tractée permettent de définir le taux de recouvrement par les végétaux mais la reconnaissance des algues est très délicate. Une fois l'œil exercé, la reconnaissance de certains groupes d'algues est possible. Lorsque les images sont bonnes, on peut déterminer le genre taxonomique dans lequel l'algue est classée mais il est rare de pouvoir préciser de quelle espèce il s'agit. Dans les zones peu profondes, la lumière naturelle pénètre dans la tranche d'eau et permet de distinguer les couleurs, ce qui nous aide à différencier les algues rouges des algues vertes.

Les spécialistes en algologie émettent beaucoup de réserve sur la validité de la détermination des algues d'après les vidéos. La présence d'herbier de phanérogame, par contre peut être cartographiée sans difficulté.

Le renseignement de toutes ces informations est une opération très longue (15 jours environ pour faire le rejeu des cinq trajets dans l'étang de Thau).



### 3.3. Représentation cartographique des résultats sous SIG

Dans le cadre de ces essais, seuls les taux de recouvrement végétal et la présence d'herbier pourront être représentés pour tous les transects.

#### 3.3.1. Etang de Leucate

Transect 1 : d'Ouest en Est dans le sud de l'étang (Figure 15).

Les images du premier transect ne sont pas géoréférencées avec le logiciel Vidéonav, ce qui rend impossible l'exploitation des résultats. Toutefois, on note la présence d'herbier à l'Ouest puis de tapis d'algue rouge en allant vers l'Est (probablement l'algue *Alsidium corralinum*). On remarque des zones où des ulves se mélangent aux algues rouges.

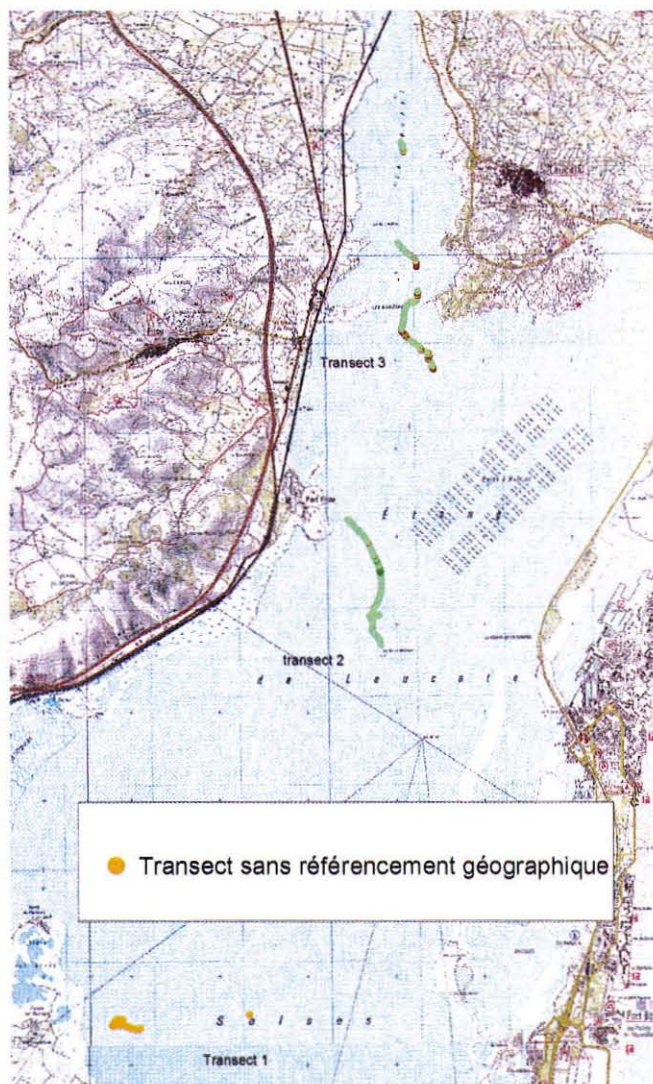


Figure 15 : vue d'ensemble des trois transects dans l'étang de Leucate.



Transect 2 : au Sud Ouest des parcs d'élevage (Figure 16).

L'herbier de zostère est présent tout le long du transect 2, souvent mélangé à d'autres espèces d'algues.

L'algue la plus présente avec l'herbier est *Valonia aegagropila*. Parfois, ce sont des algues rouges, des ulves ou du chaetomorpe qui sont associés à l'herbier.

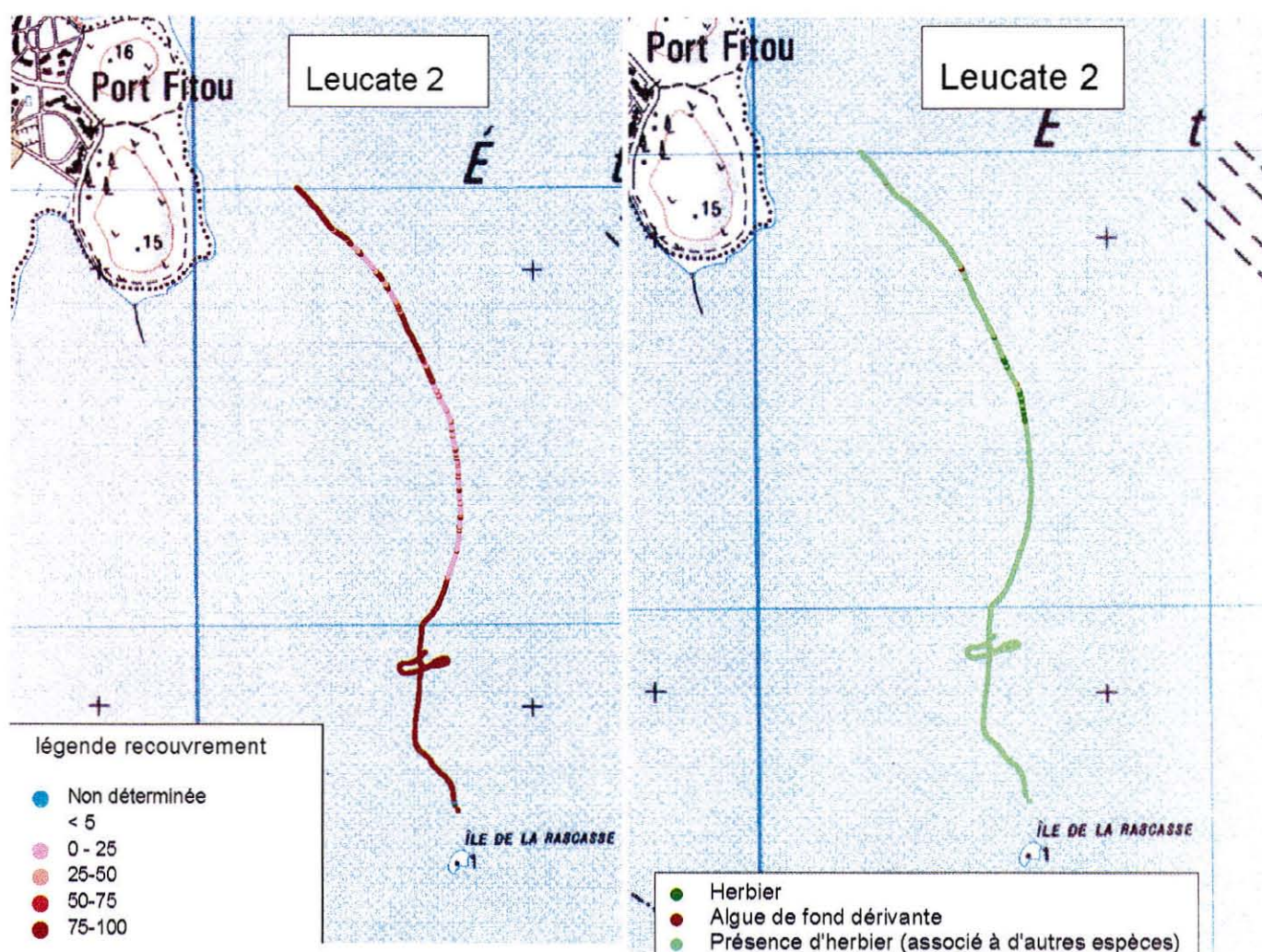


Figure 16 : Taux de recouvrement et présence d'herbier pour le transect 2.



Transect 3 : dans la partie nord de l'étang (Figure 17)

L'herbier est codé en présence (vert clair) sur l'ensemble du transect. Ici, l'herbier mélangé à l'algue *Valonia* prédomine. D'autres algues peuvent être associées à l'herbier, des algues rouges, des ulves ou des chaetomorphes. Par endroit, l'algue *Valonia* peut devenir prédominante par rapport à l'herbier.

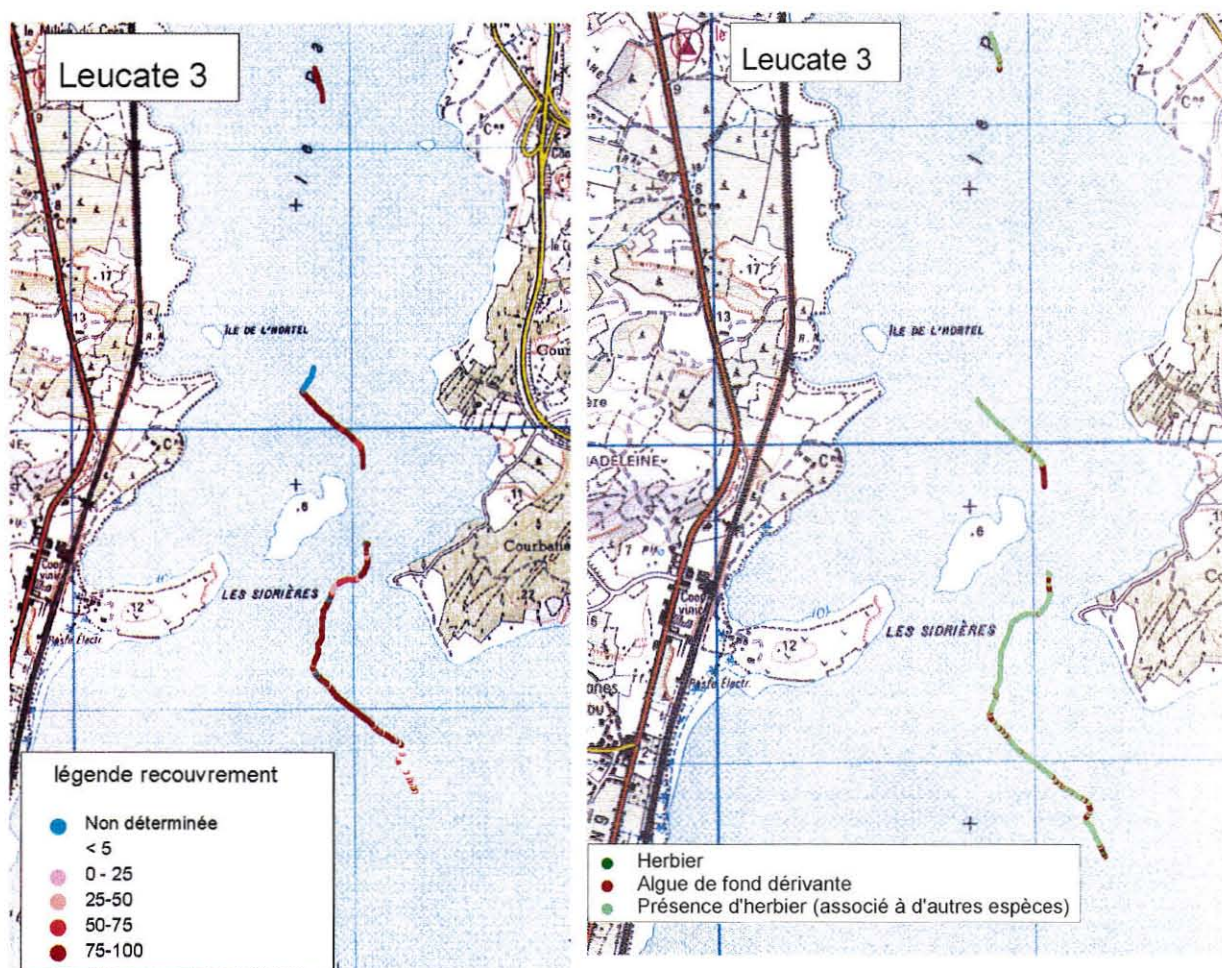


Figure 17 : Taux de recouvrement et présence d'herbier pour le transect 3

### 3.3.2. Etang de Thau

#### a) Recouvrement végétal

La carte, figure 18 restitue les taux de recouvrement déterminés pour les cinq transects. On voit l'importance du recouvrement des fonds dans l'étang de Thau. Seule une partie importante du transect 2 (au sud des tables de la zone de Marseillan) présente des fonds nus.





Figure 18 : recouvrement végétal pour les cinq transects réalisés dans l'étang de Thau.



## b) Présence d'herbier

Sur les transects effectués, on remarque que l'herbier est dominant seulement dans les petits fonds (moins de deux mètres en général) (figure 19). Il est présent de façon éparse ou associé à d'autres algues jusqu'à des profondeurs de cinq mètres. Sa présence est plus fréquente à proximité des tables ostréicoles où l'eau est rendue plus claire par la filtration des coquillages. Il peut être présent alors, jusqu'à six mètres de profondeur (visible sur le transect 4).

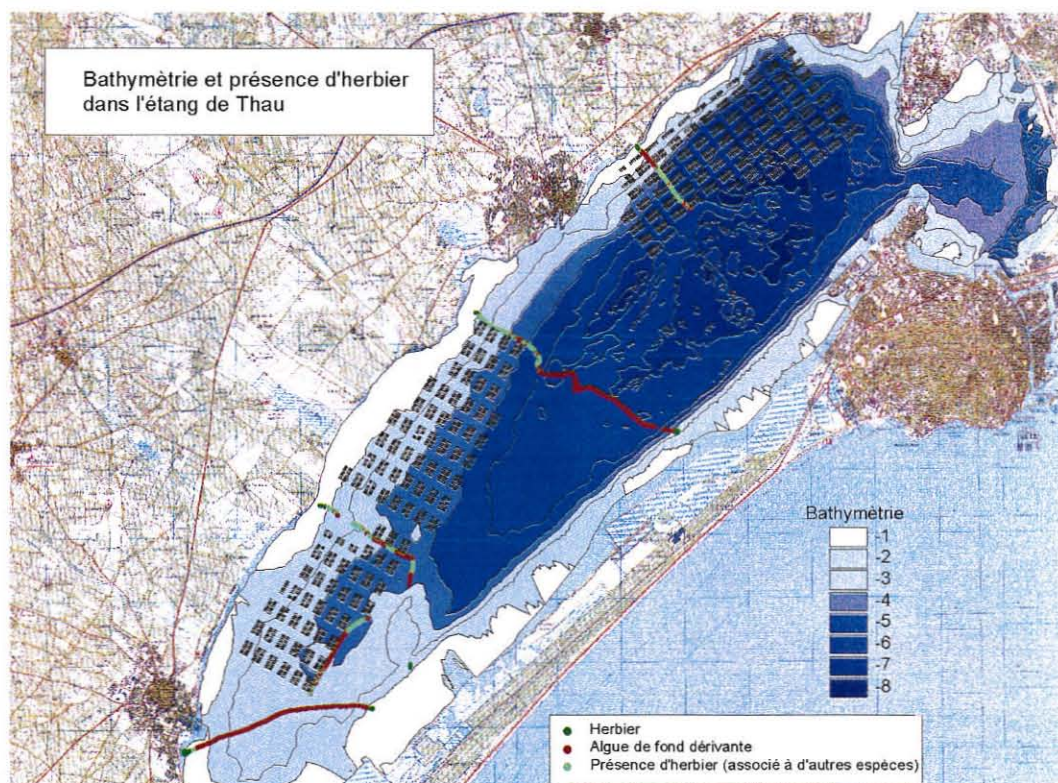


Figure 19: présence d'herbier et bathymétrie pour les cinq transects réalisés dans l'étang de Thau.



Transect 1 : Dans la partie Sud-Ouest de l'étang (Figure 20) de l'Est vers l'Ouest.

En début de transect, l'herbier de zostère domine, puis une algue rouge devient prédominante (probablement l'algue *Halopytis incurvus*). On remarque également la présence de cladophore (*Cladophora glomerata*) et de cystoseire. En fin de trajet une nouvelle algue devient prédominante (une algue verte filamenteuse) puis on retrouve l'herbier de zostère dans la partie Ouest du transect.

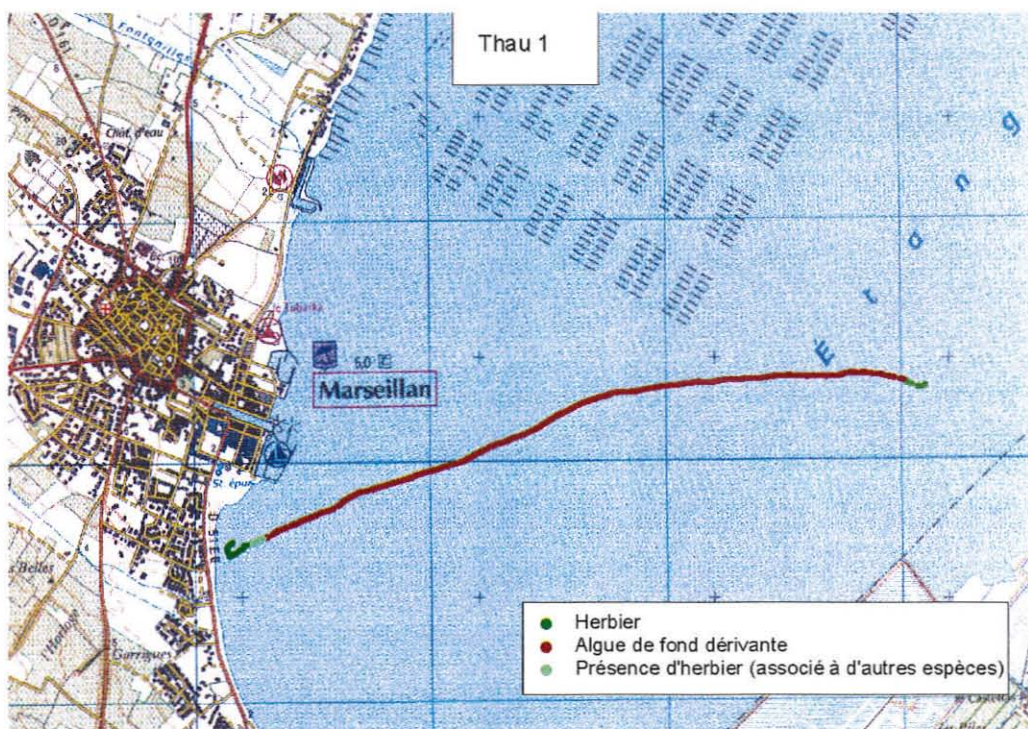


Figure 20 : Répartition de l'herbier et des algues au niveau du transect 1

Transect 2 : Il débute près des berges dans la partie Est de la zone des tables de Marseillan (figure 21) .

L'herbier de zostère, en début de transect, est envahi ensuite par des algues vertes (cladophore, chaetomorpe) et des algues rouges (*Halopytis* ?). On note la présence d'une grande variété d'espèces.

Au sud des tables, les fonds sont sableux-coquillier et dépourvus d'algues avec la présence d'oursins et de vers tubicoles (pas de tracé sur la carte figure 21, voir carte figure 18 recouvrement <5 %)

En fin de trajet, on retrouve de l'herbier épars (recouvrement inférieur à 5%).

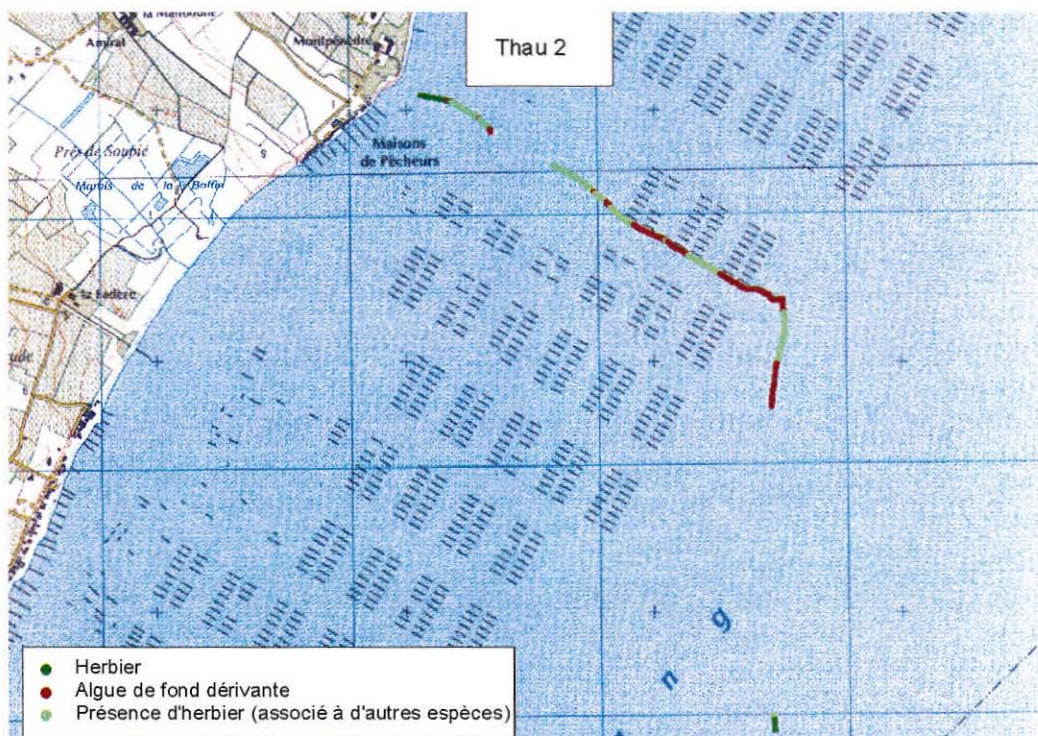


Figure 21 : Répartition de l'herbier et des algues au niveau du transect 2



Transect 4 : C'est le transect situé le plus à l'Est, il traverse la zone des tables de Bouzigues (figure 22).

En début de transect, au large des tables, on note la présence d'une algue rouge, plus loin, c'est une autre espèce d'algue rouge (*Gracilaria dura*) qui prédomine. Sur une partie importante du trajet cette algue rouge est mélangée à l'herbier de zostère en faisceaux isolés. A la limite des tables ostréicoles, les ulves apparaissent et deviennent de plus en plus présentes. Sur les berges, l'herbier de zostère, bien développé est envahi par les ulves.

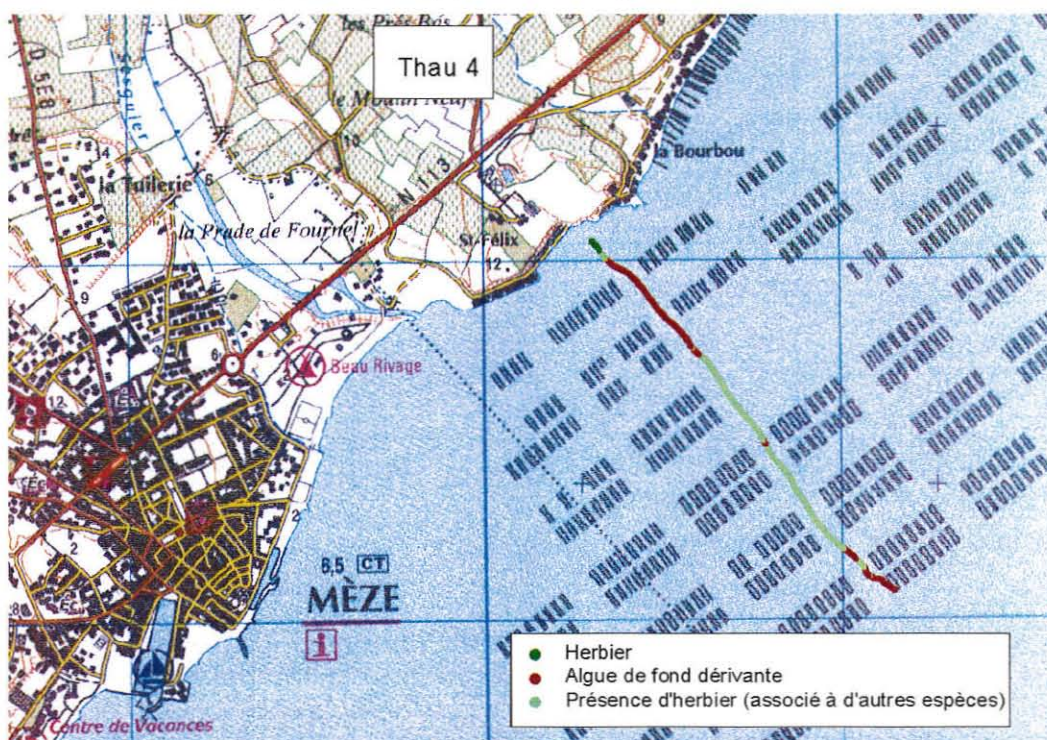


Figure 22 : Répartition de l'herbier et des algues au niveau du transect 4

Transect 7 : Il longe les tables à l'Est de la zone de Mèze (figure 23). Près des berges, l'herbier de zostère prédomine. Puis des algues de fond apparaissent et se mélangent à l'herbier. Une algue rouge (*Halopytis* ?) prédomine en formant un tapis et l'herbier devient alors éparse. On note également la présence d'ulves, de chaetomorpe, de cystoseire, de l'algue *Corda filum* etc. Les algues de fond qui forment un tapis sont difficiles à identifier, l'herbier disparaît, on le retrouve en « tâche » près de l'autre berge de l'étang.

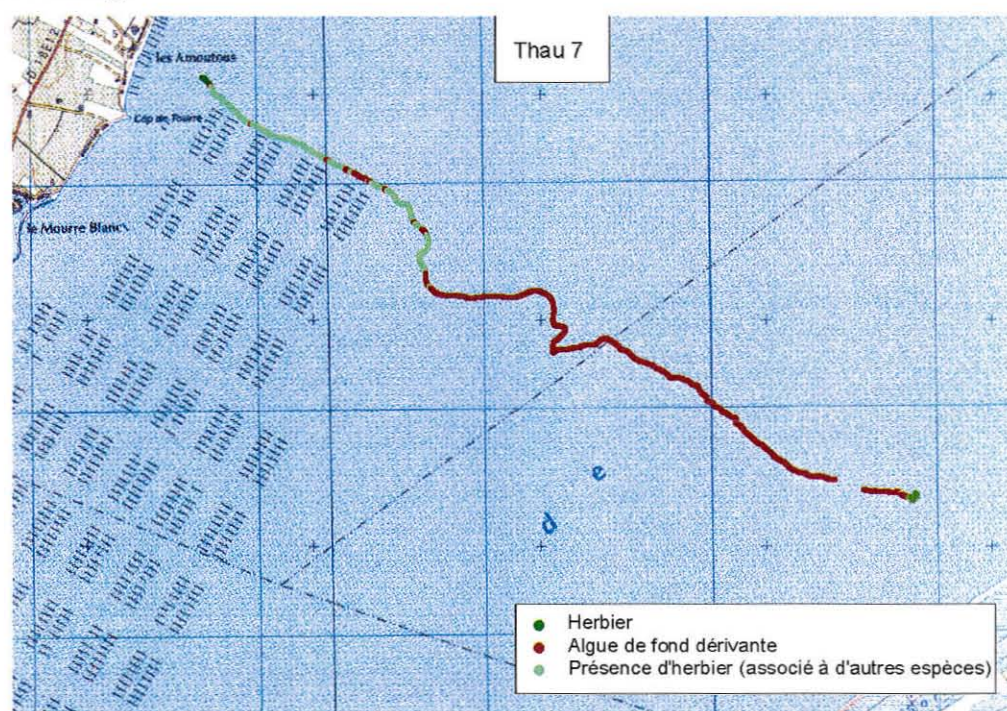


Figure 23 : Répartition de l'herbier et des algues au niveau du transect 7



Transect 8 : Il longe l'extrémité Sud des tables de Marseillan d'Est en Ouest (carte figure 24).

A l'ouest, une algue rouge domine (gracilaire ?), ensuite d'autres algues de fond peuvent abonder (*Halopytis sp*), une algue filamenteuse (cladophore ?). Un premier prélèvement est effectué, les espèces présentes sont *Gracilaria dura*, *Halopytis sp*, *Cystoseira sp*, *Laurentia obtusa*, *Chrysomenia wrighti*. Dans le 2<sup>ième</sup> prélèvement, on trouve de l'*halopytis* et des sargasses, et dans le 3<sup>ième</sup> prélèvement, *Halopytis sp*, *Chrysomenia sp*, *Cystoseira sp*, *Colpomenia sp*.

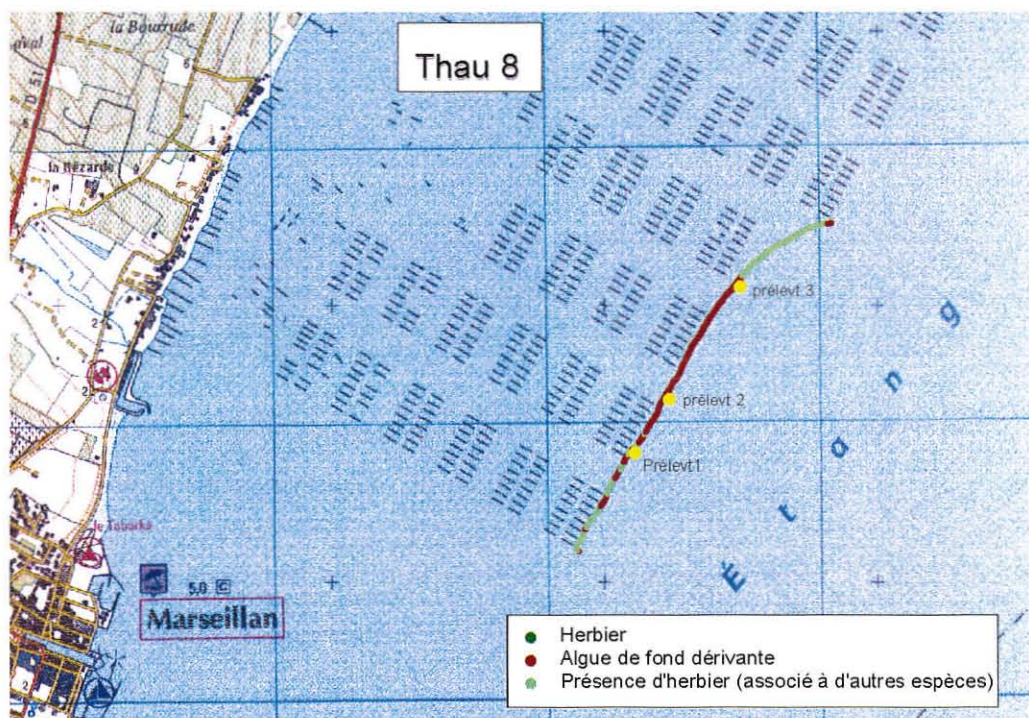


Figure 24 : Répartition de l'herbier et des algues au niveau du transect 8, situation des trois points de prélèvement.



### 3.3.3. Etang d'Ingril

#### a) Recouvrement végétal

La carte, figure 25, présente les taux de recouvrement dans l'étang d'Ingril (au Sud et au Nord du canal du Rhône à Sète).

Après une zone sans végétation, on a un recouvrement maximum dans la partie Sud de l'étang d'Ingril. Dans le canal du Rhône à Sète, la turbidité est trop importante, le recouvrement ne peut pas être déterminé.

Dans la partie Nord, le recouvrement est variable.

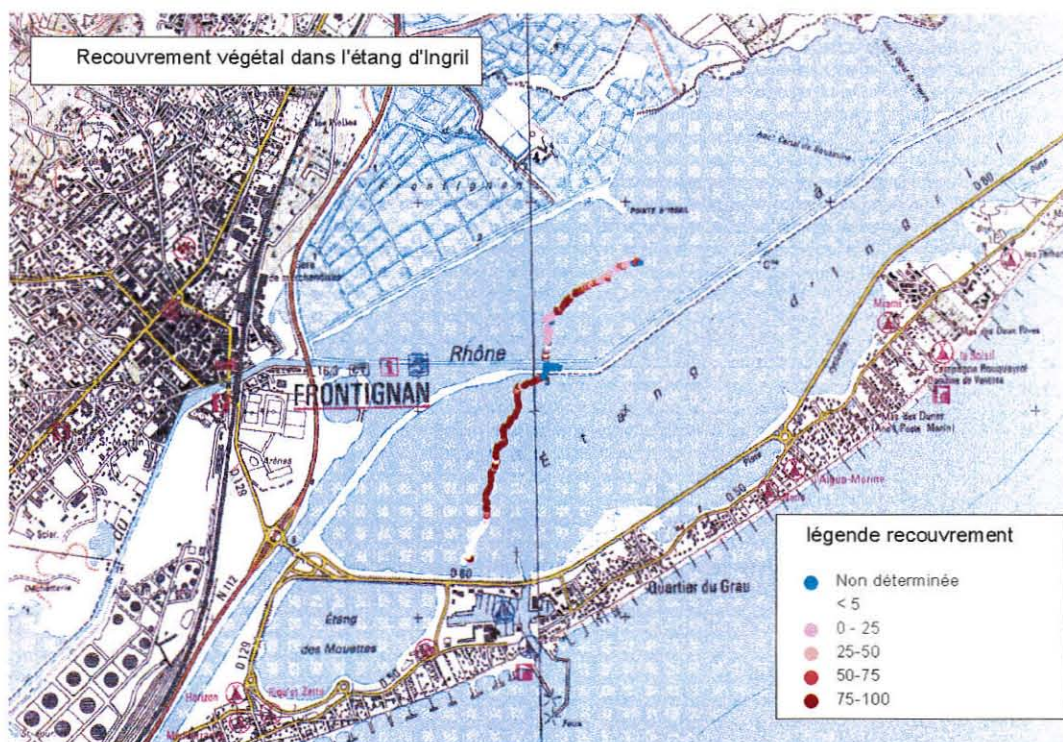


Figure 25 : recouvrement végétal dans l'étang d'Ingril

#### b) Présence d'herbier

En début de transect, au Sud les fonds sont vaseux-coquillier, seul un petit rocher est recouvert d'algues (gracilaires, chaetomorphes, ulves). Ensuite le recouvrement est important et l'ulve prédomine (avec par moment des gracilaires et des chaetomorphes). Dans la partie Nord de l'étang, les algues dominantes sont toujours les ulves et parfois les gracilaires.

On note l'absence totale d'herbier sur ce trajet.

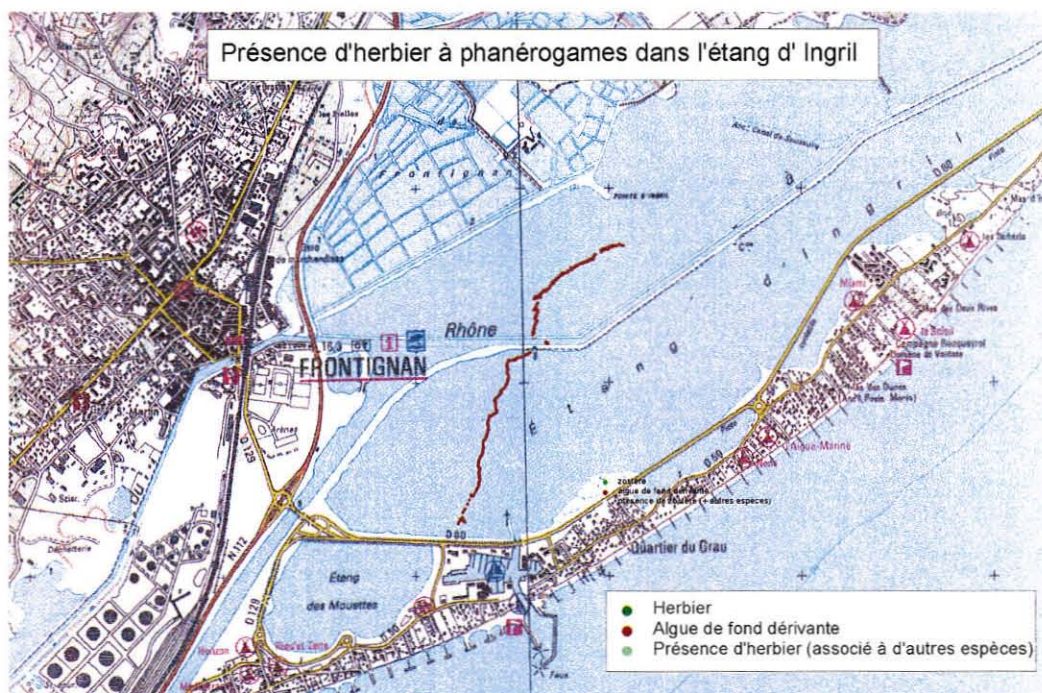


Figure 26 : Répartition de l'herbier et des algues dans l'étang d'Ingril

### 3.4. Comparaison avec les informations des diagnostics RSL

Les résultats obtenus avec les transects vidéos peuvent être comparés avec les résultats des diagnostics macrophytes par quadrillage et prélèvements ponctuels obtenus dans le cadre du RSL.

#### 3.4.1. Etang de Leucate

Pour l'étang de Leucate, les transects vidéo sont effectués en même temps que le diagnostic RSL, trois stations d'échantillonnage se situent à proximité des transects (figure 27). Les résultats sont comparés dans le tableau 3.



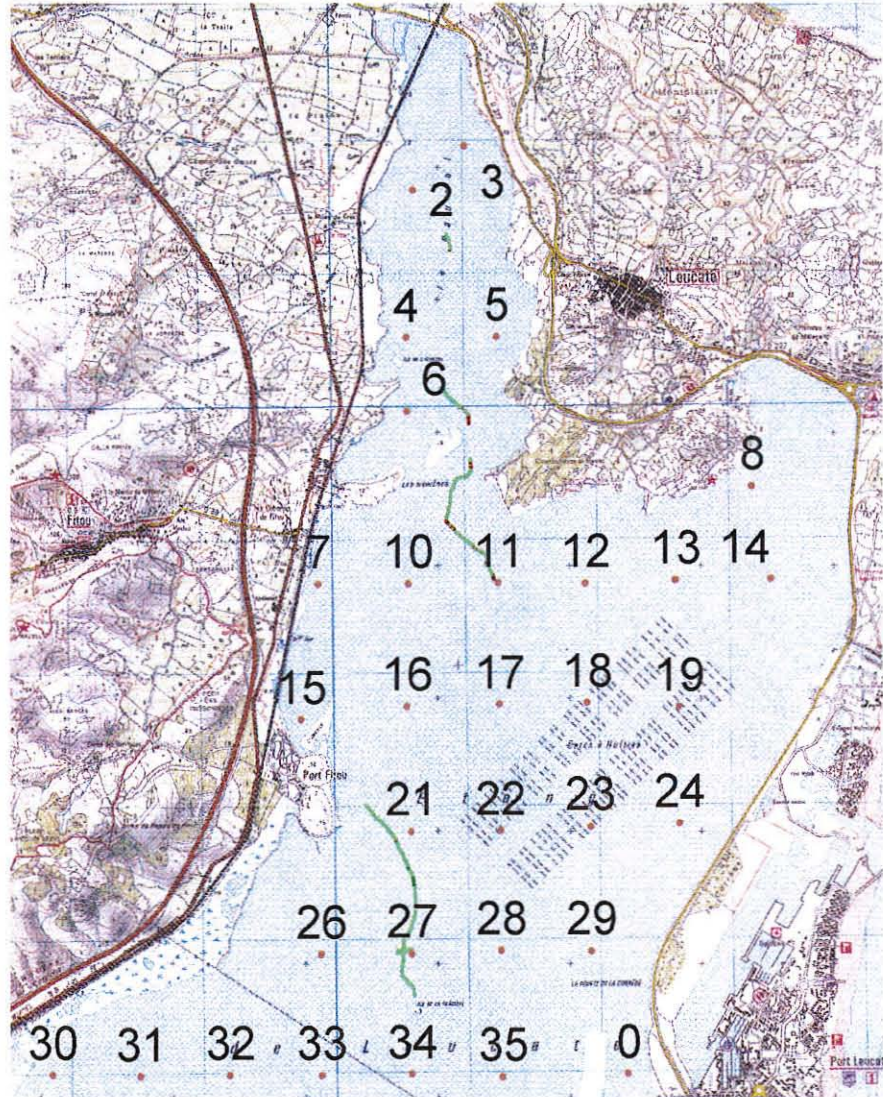


figure 27 : Représentation des points de prélèvement RSL et des trajets vidéo dans l'étang de Leucate.



Numéro station	Recouvrement (%)		Espèces présentes	
	RSL Juin 2004	Vidéo Juin 2004	RSL Juin 2004	Vidéo Juin 2004
<b>27</b> (distant de 25 m du transect 2)	100	75-100	<i>Zostera noltii</i> <i>Cladophora</i> <i>glomerata</i> <i>Valonia</i> <i>aegagropila</i> <i>Laurencia obtusa</i>	Zostère sp. Valonia Rhodophycées cladophore
<b>21</b> (distant de 130m du transect 2)	50	75-100	<i>Zostera noltii</i> <i>Valonia</i> <i>aegagropila</i>	Zostère sp. Valonia algue rouge
<b>11</b> (distant de 44 m du transect 3)	90	< 5	<i>Zostera noltii</i> <i>Cladophora</i> <i>glomerata</i>	Valonia éparses

Tableau 3 : comparaison des résultats des transects vidéo avec les résultats du RSL.

Les résultats sont très proches pour le point 27, tant du point de vue du recouvrement que de la reconnaissance des espèces. Pour le point 21, le recouvrement est légèrement différent mais les espèces reconnues sensiblement les mêmes. Par contre, pour le point 11, les résultats sont différents en terme de recouvrement et d'espèces.

### 3.4.2. Etang de Thau

Pour l'étang de Thau, la validité de la comparaison est limitée : le diagnostic RSL est réalisé en juin 2003 et les transects vidéo en avril 2005.

Toutefois, quatre stations d'échantillonnage se situent à proximité des transects (figure 28), les résultats sont comparés dans le tableau 4.

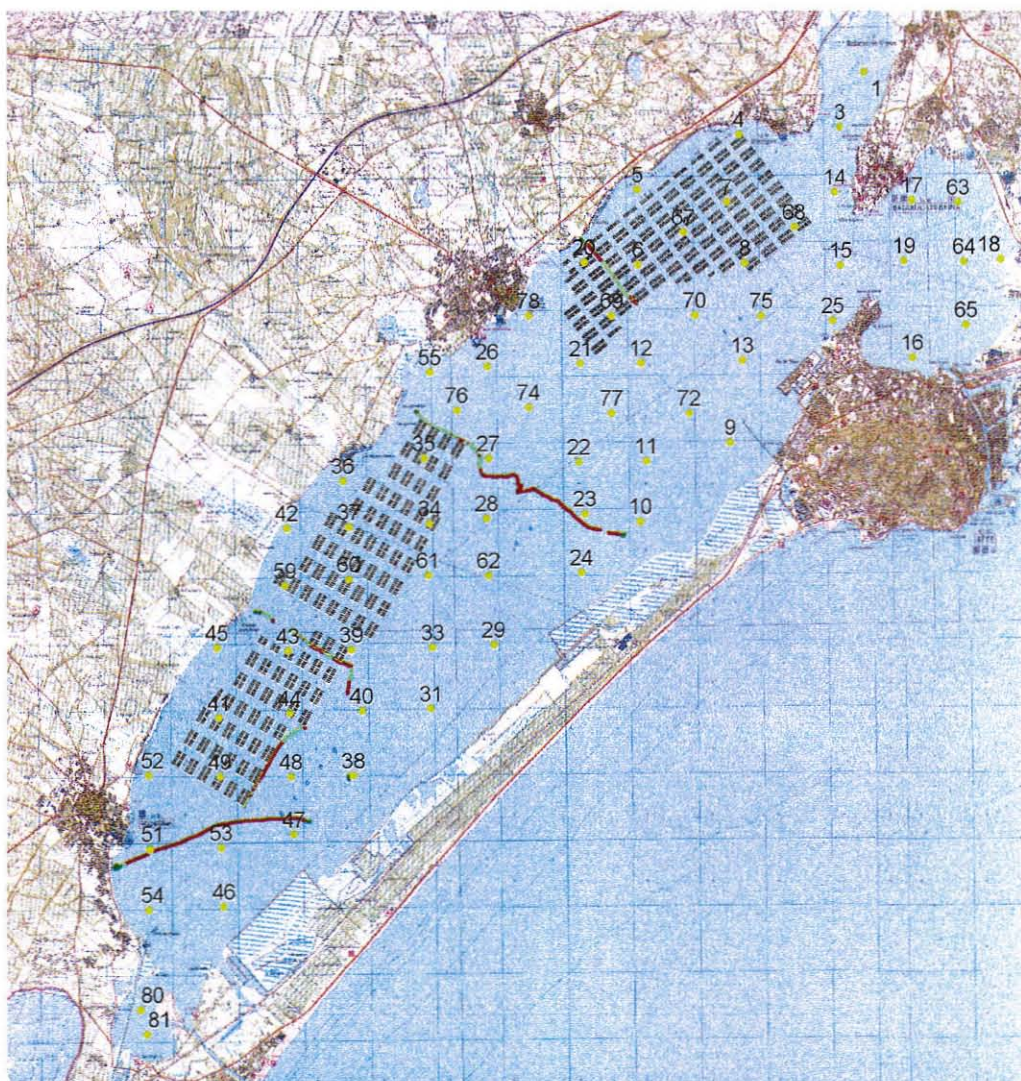


figure 28 : Représentation des points de prélèvement RSL et des trajets vidéo

Numéro station	Recouvrement (%)		Espèces présentes	
	RSL Juin 2003	Vidéo Avril 2005	RSL Juin 2003	Vidéo Avril 2005
<b>51</b> (distant de 33m du transect 1)	100	75-100	<i>Zostera marina</i> <i>Halopitys incurvus</i> <i>Laurencia obtusa</i>	algue 4 ( algue recouvrante mais claire)
<b>38</b> (distant de 78m du transect 2)	5	< 5	<i>Zostera noltii</i> (< 1g/m <sup>2</sup> )	Zostera sp.
<b>23</b> (distant de 126m du transect 7)	0	75-100	0 espèces	algue 1 ? ( halopitys ?) algue 2 ? ( algue claire en forme de boule)
<b>27</b> (distant de 111m du transect 7)	0	75-100	0 espèces	Zostera sp. cystoseire

Tableau 4 : comparaison des résultats des transects vidéo avec les résultats du RSL dans l'étang de Thau.

On remarque que les résultats sont assez proches tant du point de vue du recouvrement que de la reconnaissance des espèces pour les stations 51 et 38. Par contre, les résultats sont différents pour les points 23 et 27 mais ils se situent à plus de 100 mètres du transect.



## 4. Discussion

Ces essais nous ont permis de mieux définir les limites et les améliorations à apporter au système, au niveau de l'acquisition d'image, du jeu des vidéos et de la présentation des résultats sous SIG (tableau 5).

### 4.1. Acquisition de l'image

- Une profondeur d'eau minimum (50cm) est nécessaire pour mettre en oeuvre cet outil, les embarcations utilisées ne pourraient pas naviguer dans toutes les lagunes de Méditerranée.
- Du point de vue du matériel vidéo, la technologie et la qualité sont en constante évolution. L'utilisation d'une caméra performante est fondamentale pour :

- améliorer le niveau de reconnaissance des espèces, (avec, par exemple la fonction progressive scan qui permet d'avoir des images nettes lors des arrêts sur images).
- enregistrer une image nette en avançant à une vitesse légèrement supérieure, ce qui permet de maîtriser la direction du bateau et de suivre une trajectoire prédéfinie.

L'adjonction d'un système d'éclairage à la caméra pour restituer les couleurs est également indispensable.

- Au niveau de la mise en oeuvre, la position de la caméra dans l'eau est un élément important pour le rendu de l'image. La caméra doit être maintenue à une hauteur constante du fond avec, de plus, une bonne inclinaison pour l'angle de prise de vue. Avec une orientation trop verticale de la caméra, l'image du fond est sans relief. Des solutions sont à envisager pour mieux maîtriser la position de la caméra dans l'eau :
  - L'utilisation d'un parachute pour freiner le bateau et avancer au ralenti avec une vitesse plus constante (à chaque changement de vitesse du bateau, l'altitude de la caméra varie),
  - L'amélioration du système de remorque de la caméra, pour que sa position dépende moins de la vitesse du bateau,
  - Des moyens de contrôle de l'image par l'opérateur caméra en surface.
- Des améliorations doivent être apportées au système et au logiciel Vidéonav pour éviter les problèmes de connectique et d'informatique (par exemple, les problèmes de géoréférencement lors du 1<sup>er</sup> transect à Leucate, les problèmes d'enregistrement des profondeurs). L'enregistrement des paramètres complémentaires, profondeur et altitude de la caméra permettra de déterminer la surface couverte pour passer du qualitatif au quantitatif.

- Les prélèvements de macroalgues doivent être systématiques, de façon à établir une reconnaissance des algues en surface. Ceci facilitera le rejeu en "étalonnant" l'image. Le système de prélèvement, improvisé en fin d'expérimentation, doit être amélioré.

La présence d'un spécialiste des macroalgues, pendant l'acquisition d'image, permettrait de mieux déterminer les secteurs où les prélèvements sont nécessaires.

#### **4.2. Rejeu, analyse des vidéos enregistrées**

Le rejeu des vidéos réalisées dans les lagunes est une opération difficile. Les fonds sont recouverts de tapis d'algues, difficiles à identifier avec, parfois, une grande variété d'espèces. De plus, certaines catégories d'algues cachent d'autres algues qu'elles recouvrent.

Nous nous sommes efforcé ici, de faire une description la plus exhaustive possible des images pour déterminer quel niveau d'information l'outil vidéo permet d'obtenir.

Le rejeu est une opération très longue, pour raccourcir la durée de l'opération, il serait intéressant de prédéfinir des groupes d'algues intéressants. Par exemple, dans les lagunes, cinq groupes pourraient être prédéfinis :

1. Les herbiers de phanérogames, avec quatre niveaux de densité (absence, herbier épars, herbier envahi, herbier dominant) ou cinq niveaux correspondant aux taux de recouvrement.
2. Les algues vertes dérivantes non filamenteuses
3. Les algues vertes dérivantes filamenteuses
4. Les algues rouges dérivantes
5. Autres

Un Logiciel de rejeu « Adeli » est en cours d'élaboration à Toulon, il permettra de traiter directement les informations précodées sous SIG.

La codification des observations en temps réel est également envisageable.



### 4.3. Représentation cartographique des résultats sous SIG

Le SIG est un outil adapté pour cartographier les résultats des rejeus vidéo. Mais il est impossible de restituer la totalité de l'information présente sur l'image. Les informations obtenues par le rejeu sont nivelées par le bas pour présenter les seules informations sûres pour tous les transects : le recouvrement et la présence d'herbier.

Il importe de prédéfinir au préalable les grands groupes qui nous intéressent, par exemple, les grands types d'algues ou la présence d'herbier et de les coder directement avec un code numérique pour la présentation sous SIG.

Le logiciel de SIG permet de comparer les résultats obtenus avec la vidéo à d'autres sources d'informations. On peut, par exemple localiser les points de prélèvement du diagnostic RSL, on voit alors que lorsqu'ils sont suffisamment proches des transects vidéo, les informations de recouvrement et d'espèces présentes concordent le plus souvent.

D'autres thèmes, la bathymétrie, la position des tables ostréicoles, sont intégrés au projet Arcview et permettent d'enrichir l'information.

Le tableau 5 dresse le bilan des limites du système actuel et des améliorations possibles.

	Limites	Améliorations possibles
Acquisition de l'image	Météo	
	Turbidité de l'eau	
	Profondeur de travail d'au moins 50 cm (tirant d'eau du bateau).	
	Aménagement du bateau	Rideaux d'occultation de la lumière Etagères pour fixer le matériel Tangon pour déporter l'engin remorqué
	Vitesse du bateau trop limitée (inférieure au ralenti du bateau)	Caméra performante Parachute pour freiner le bateau
	Problèmes techniques et de connectique	Amélioration de la robustesse du système, apportée par le projet « Prisme »
	Absence de données de profondeur et d'altitude de la caméra	Amélioration apportée par le projet « Prisme »
	Position de la caméra	Système de treuil pour régler la hauteur de l'engin remorqué pour les secteurs profonds Amélioration du système de remorque de la caméra
Rejeu, analyse des images	Durée du rejeu	Simplifier le rejeu en saisissant un code numérique correspondant aux grands groupes définis. Mise au point du logiciel de rejeu « ADELI » par le LER/PACA
	Qualité de l'image	Caméra avec mode progressive scan pour avoir des images nettes lors d'arrêts sur image. Ajout de lumière artificielle à la caméra
	Reconnaissance des espèces	Effectuer des prélèvements systématiques pour étalonner l'image Présence d'un spécialiste des macrophytes
SIG		Prévoir le rejeu en fonction des éléments présentés sous SIG (codage direct)

Tableau 5 : Bilan des limites et des améliorations possibles du système actuel.



## 5. Conclusion

Ces expérimentations ont permis de valider la faisabilité technique de l'enregistrement d'image avec vidéo remorquée dans les lagunes peu turbides et de définir une typologie d'utilisation de l'outil vidéo tracté :

- Recouvrement végétal
- Cartographie d'herbier
- Grand type de peuplement

Le suivi de la végétation benthique par transects serait difficilement réalisable en plongée sur une grande distance. Ces transects vidéo semblent être un bon complément des autres techniques de diagnostic des lagunes par quadrillage et prélèvements ponctuels en vue de la caractérisation des peuplements macrophytobenthiques. Le géoréférencement des transects permet d'établir des cartographies des fonds marins et de mettre en évidence les zones homogènes de peuplement végétal avec les ruptures de faciès, ce qui n'est pas possible avec les méthodes d'observation et de prélèvement ponctuel.

Certaines limites de l'outil (comme la météo ou la turbidité de l'eau) sont incontournables. Les autres éléments limitant de la technique (qualité de l'image pour la reconnaissance des algues et durée de l'opération de rejeu, par exemple) peuvent être dépassés, des solutions sont imaginées pour s'en affranchir.

Les perspectives d'utilisation de cet outil sont multiples : Il peut être utilisé dans le cadre des diagnostics RSL mais également pour le REBENT (Réseau Benthique), pour Natura 2000 (pour la cartographie des herbiers) et offre des applications intéressantes pour la DCE.

En 2006, suite au diagnostic par recouvrement effectué dans le cadre du RSL dans l'étang de Thau, un suivi par transect vidéo est programmé dans le cadre des suivis DCE. Le but est de préciser les avantages et les inconvénients des deux méthodes au regard des objectifs de la DCE (évaluation de la qualité du compartiment macroalgues et phanérogames).

## 6. Annexe

### Annexe 1 : Extraits de fichier de rejeu

Lat_dd_W84	Long_dd_W84	Time code	recouvrement	espèce dominante	espèces présentes	commentaires
43.42504833	3.62979	834	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42505333	3.629785	835	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42505833	3.629778333	836	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42506333	3.629773333	837	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42506667	3.629766667	838	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42507167	3.629761667	839	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42507667	3.629755	840	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42508167	3.62975	841	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.425085	3.629741667	842	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42509	3.629735	843	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.425095	3.629726667	844	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.4251	3.62972	845	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.425105	3.629711667	846	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.42511	3.629705	847	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles
43.425115	3.629696667	848	75-100	gracilaria dura	zostere+cladophora	faisceaux isoles

Lat_dd_W84	Long_dd_W84	Time code	recouvrement	espèce dominante	espèces présentes	substrat
43.34854333	3.533468333	10309	75-100	halopytis?+algue4	zostere	sable grossier
43.34854	3.533453333	10311	75-100	halopytis?+algue4	zostere	sable grossier
43.34853667	3.533438333	10313	75-100	halopytis?+algue4	zostere	sable grossier
43.34853167	3.533421667	10315	75-100	halopytis?+algue4	zostere	sable grossier
43.34852833	3.533406667	10317	50-75	halopytis?+algue4	zostere	sable grossier
43.34852667	3.533393333	10319	50-75	halopytis?+algue4	zostere	sable grossier
43.34852333	3.533378333	10321	50-75	halopytis?+algue4	zostere	sable grossier