

SERVICE MARITIME ET DE NAVIGATION DU LANGUEDOC ROUSSILLON

REGION LANGUEDOC-ROUSSILLON - SEPTIMANIE

DEPARTEMENT DE L'HERAULT

BATHYMETRIE DES ETANGS PALAVASIENS ET DE L'ETANG DE L'OR

BATHYMETRIE DE L'ETANG DE VIC

ETANGS DE VIC, DES MOURES ET DE L'ARNEL OUEST



Méthodologie et moyens mis en œuvre

Bernard CATALA-COTTINI
Cellule Hydrographique du SMNLR
15 mars 2005

Sommaire

<u>1. Préambule</u>	p. 2
<u>2. Les paramètres du lever bathymétrique</u>	p. 2
<u>3. Acquisition des données</u>	p. 3
3.1. Méthodologie générale	p. 3
3.2. Déroulement des opérations	p. 3
3.3. Moyens mis en œuvre	p. 4
3.3.1. Moyens nautiques	p. 4
3.3.2. Système de positionnement	p. 6
3.3.3. Sondeurs	p. 8
3.3.4. Mesure du niveau de l'étang	p. 10
3.3.5. Matériels et logiciels d'acquisition	p. 12
<u>4. Traitement des données</u>	p. 13
4.1. Données bathymétriques	p. 13
4.2. Données topographiques	p. 13
4.3. Données de fond de plan	p. 13

1. Préambule

Le SMNLR, la Région Languedoc-Roussillon - Septimanie et le Département de l'Hérault ont conclu une convention de partenariat pour réaliser une étude bathymétrique sur les étangs palavasiens et sur l'étang de l'Or.

On entend par étangs palavasiens les étangs suivants, du sud-ouest au nord-est :

- Etang de la Peyrade,
- Etangs d'Ingril (sud et nord) et des Mouettes,
- Etang de Pierre Blanche,
- Etangs de Vic, des Moures et de l'Arnel (ouest),
- Etang du Prévost,
- Etang de l'Arnel (est),
- Etang du Grec,
- Etangs du Méjean et de Pérols.

Les travaux consistent à réaliser les levés bathymétriques des étangs palavasiens et de l'étang de l'Or, en incluant les passes situées entre ces étangs et le Canal du Rhône à Sète. Ces travaux sont effectués par la Cellule Hydrographique de la Subdivision des Dragages du SMNLR.

Les premières campagnes de mesures ont eu pour objet, en 2004, le lever bathymétrique des étangs de Pierre Blanche, d'Ingril et des Mouettes, et du Prévost.

L'étang de Vic correspond en fait à l'ensemble des 3 étangs de Vic, des Moures et de l'Arnel partie ouest. Il est situé sur les communes de Villeneuve-Les-Maguelone et de Vic-La-Gardiole, dans le département de l'Hérault, au nord du Canal du Rhône à Sète, entre Maguelone et l'étang de l'Arnel au nord-est, et les Aresquiers et l'étang d'Ingril au sud-ouest.

Sa superficie est d'environ 1340 ha, sa profondeur maximale est de 1,50 m et environ 60% de sa surface a une profondeur supérieure à 1 mètre.

Le présent document a pour but de préciser, conformément aux termes de la convention, la méthodologie et les moyens mis en œuvre par le SMNLR pour réaliser la bathymétrie de cet étang.

2. Les paramètres du lever bathymétrique

L'échelle du plan général à restituer est le 1/10000.

Le lever bathymétrique consiste à suivre des profils pré-définis, espacés de 150 m et orientés perpendiculairement au Canal du Rhône à Sète. Ces profils sont au nombre de 53, pour une longueur théorique totale de 83 km.

L'opération consiste également à réaliser un lever plus dense au niveau des passes :

- Les 5 passages entre l'étang et le Canal du Rhône à Sète : Les 3 Yeux, Le Grand Trou, Les Moures, Le Mas Neuf et Maguelone.
- Et les 2 communications avec les autres étangs : Arnel au nord-est et Ingril au sud-ouest.

L'échelle de restitution des plans des passes étant le 1/1000, les profils de lever sont, dans la mesure du possible, espacés de 10 m et orientés perpendiculairement aux chenaux de ces passes.

Les plans et données numériques doivent être restitués :

- En planimétrie, dans le système de référence géodésique NTF et en projection Lambert III zone Sud.
- En altimétrie : par rapport au zéro du Nivellement Général de la France (IGN 69).

3. Acquisition des données

3.1. Méthodologie générale

Le lever bathymétrique de l'étang consiste, à partir d'une embarcation qui se déplace le long des profils pré-définis, à réaliser simultanément des mesures de position, de profondeur et de niveau de l'étang.

Mesure de la position

L'ensemble des opérations de lever a reposé sur l'utilisation d'un système de positionnement GPS RTK (cinématique temps réel) à précision centimétrique en XY et Z. Le système utilisé est un DSNP Aquarius.

Outre la position, ce système est donc capable de fournir le niveau de l'étang, en mode bathymétrie, ou l'altitude, en mode topographie.

Mesure de la profondeur

Selon les hauteurs d'eau, 2 ensembles différents, moyen nautique et sondeur, ont été utilisés :

- Dans les hauteurs d'eau supérieures à 0,90 m : un canot en aluminium «Starvag», dont le tirant d'eau est de 0,50 m, et un sondeur hydrographique Marimatech (voir photo 1).
- Dans les hauteurs d'eau inférieures à 0,90 m et les passes : une barque en plastique «Valérie», dont le tirant d'eau est de 0,20 m, et un sondeur «petits fonds» Trittech (voir photo 2).

Mesure du niveau de l'étang

Le niveau de l'étang a été mesuré pendant le lever, en continu à l'aide du système de positionnement GPS cité ci-dessus et ponctuellement par des mesures manuelles, lectures directes sur des échelles ou mesures de tirant d'air à partir de points nivelés.

3.2. Déroulement des opérations

La campagne de lever bathymétrique de l'étang de Vic s'est déroulée en 4 phases :

- Le nivellement par GPS de 2 points de mesure du niveau de l'étang (0,5 jour), venant s'ajouter aux 4 points qui avaient déjà été nivelés pour le lever de l'étang de Pierre Blanche.
N.B. : il n'a pas été nécessaire de réaliser de mesures géodésiques pour déterminer la station GPS, celles-ci ayant déjà été réalisées auparavant.
- Le lever topographique des 7 passes, consistant en un lever succinct du fond de plan (berges, passerelles, ...) mais aussi, en un lever plus étoffé pour la passe d'Ingril, pratiquement inaccessible par l'eau, soit au total 2 jours de lever.
- Le lever bathymétrique en configuration Canot «Starvag» + Sondeur Marimatech, dans la zone la plus profonde de l'étang (étang de Vic), soit 64 km de profils levés en 3 jours.
- Le lever bathymétrique en configuration Barque «Valérie» + Sondeur Trittech, dans les zones les moins profondes, au nord-est, au nord-ouest et sur les pourtours, ainsi que dans les passes, soit 35 km de profils levés en 6,5 jours (voir figure 1).

Ces opérations se sont déroulées de l'automne 2004 à l'hiver 2005.

La principale difficulté rencontrée pour réaliser le lever bathymétrique dans les zones peu profondes de l'étang fut, par périodes et notamment en janvier 2005, la présence d'un niveau d'eau très bas. En dessous d'un niveau «normal» qu'on peut établir entre 0,10 m et 0,15 m NGF (niveau moyen de la mer), le lever dans ces zones n'est pas réalisable en pratique.

Les autres difficultés furent, classiquement sur les étangs, la présence d'algues, localisées sur l'étang de l'Arnel ouest et les pourtours de l'étang des Moures, et la présence de filets («capechades»), principalement placés dans la partie basse de l'étang, perpendiculairement au Canal du Rhône à Sète.

Par contre, très peu de massifs de cascaill furent rencontrés, quelques-uns seulement à proximité de la côte ouest de l'étang (quartiers des Airoilles et du Mas Vieux).

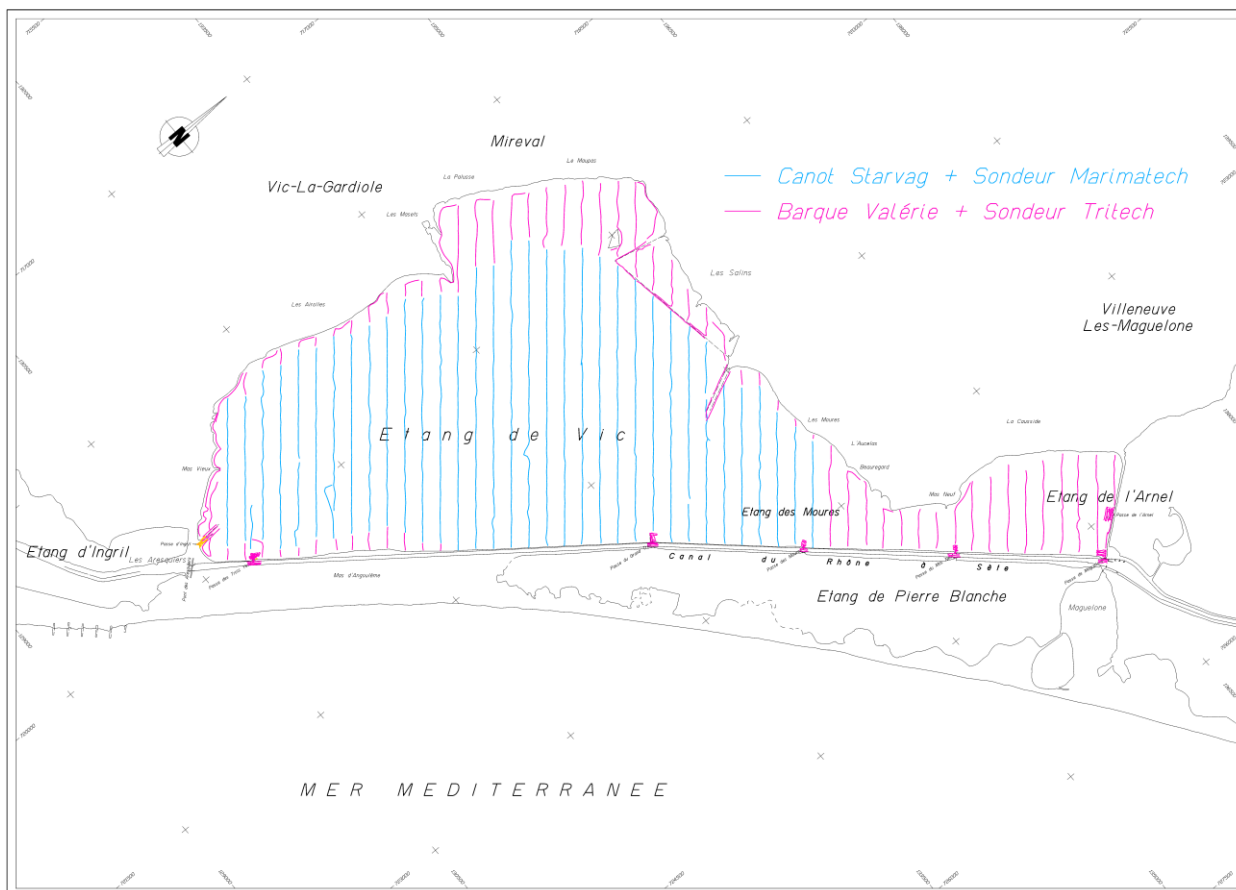


Figure 1 – Profils suivis dans les 2 configurations moyen nautique - sondeur

3.3. Moyens mis en oeuvre

3.3.1. Moyens nautiques

Le canot «Starvag» (voir photo 1) présente les caractéristiques suivantes :

- Coque en aluminium de 4,50 m de long.
- Tirant d'eau de 0,50 m.
- Moteur de 25 CV.

La barque «Valérie» (voir photo 2) présente les caractéristiques suivantes :

- Coque en plastique de 3,50 m de long.
- Tirant d'eau de 0,20 m.
- Moteur de 5 CV, embarqué puis débarqué à chaque intervention.

Les mises à l'eau de ces embarcations se sont faites au port fluvial de Frontignan, pour le canot, et aux 4 Canaux ou aux Aresquiers pour la barque.

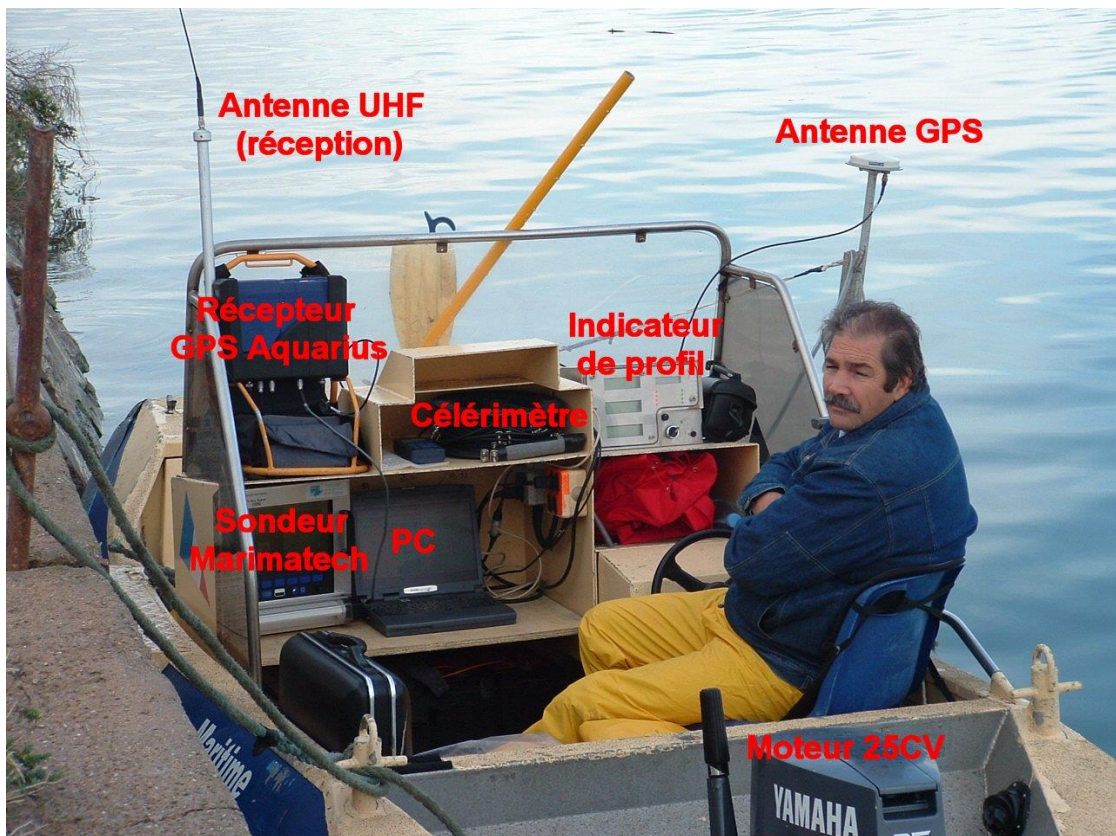


Photo 1 – Configuration Canot «Starvag» + Sondeur Marimatech

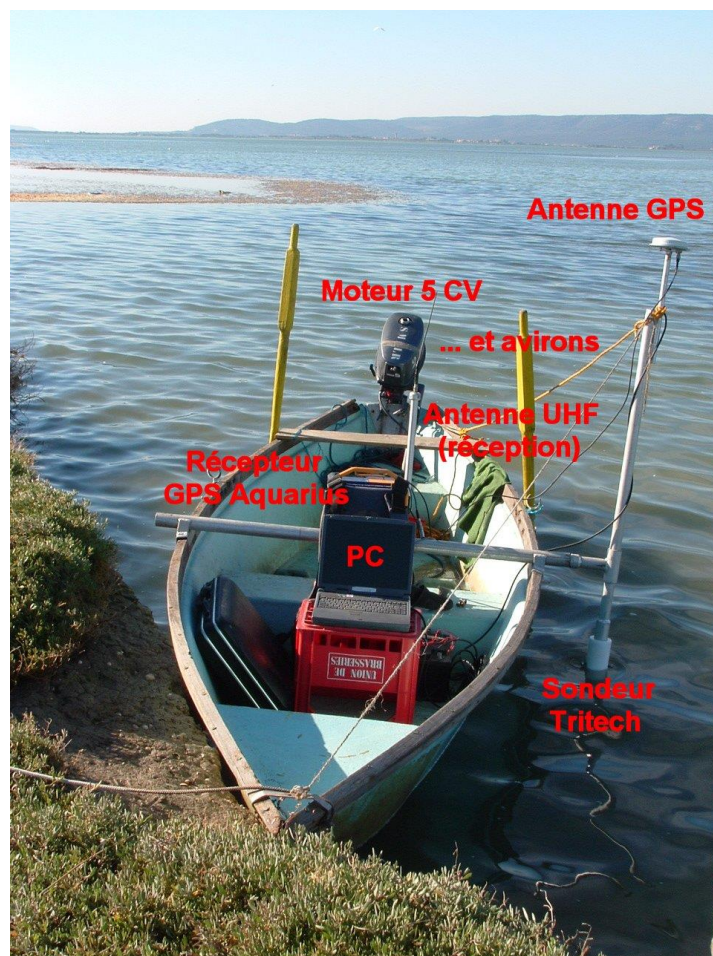


Photo 2 – Configuration Barque «Valérie» + Sondeur Tritech

3.3.2. Système de positionnement

Le système de positionnement mis en œuvre est un système GPS cinématique temps réel à précision centimétrique en XY et en Z, DSNP Aquarius 5002 bi-fréquence, qui se compose d'une station différentielle fixe et d'un récepteur mobile.

La station différentielle émet des corrections différentielles par UHF, avec une portée théorique de 30 km.

Comme pour les levés des étangs de Pierre Blanche, d'Ingril et du Prévost, cette station a été installée, pour la durée des travaux, dans le château d'eau désaffecté de Vic-La-Gardiole.



Photo 3 - Château d'eau de Vic-La-Gardiole

L'antenne GPS a été placée au sommet du château d'eau sur un support à centrage forcé (voir photo 4).

Ce point a été rattaché par le SMNLR au RGF (Réseau Géodésique Français) en planimétrie et en altimétrie par des mesures GPS en statique (voir figure 2).

Lors de ce rattachement, les écarts observés entre les 2 mesures faites depuis le point du RGF de Gigean et la station GPS du SMNLR de Palavas ont été les suivants :

- Ecart planimétrique : 0,6 cm,
- Ecart altimétrique : 3,8 cm.

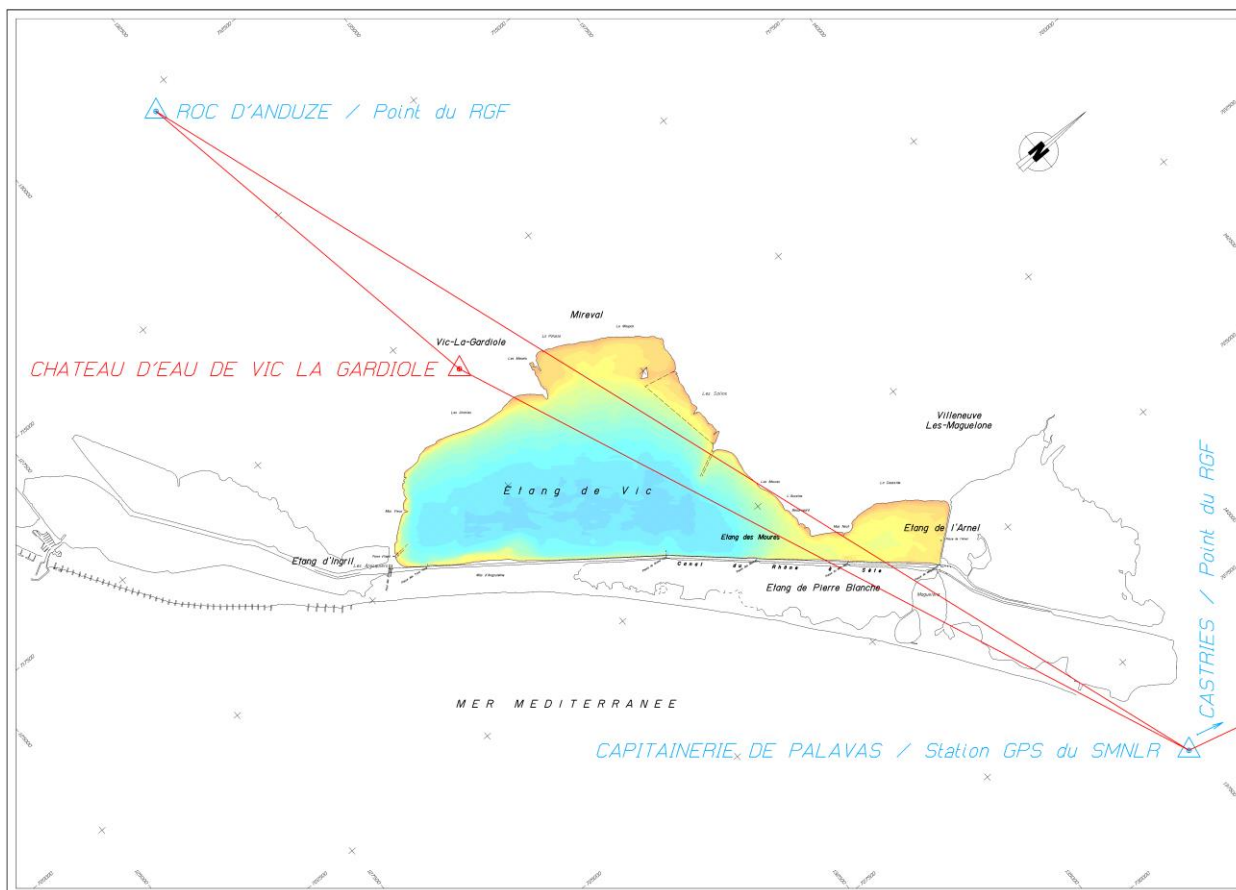


Figure 2 – Rattachement de la station différentielle GPS au RGF (Réseau Géodésique Français)

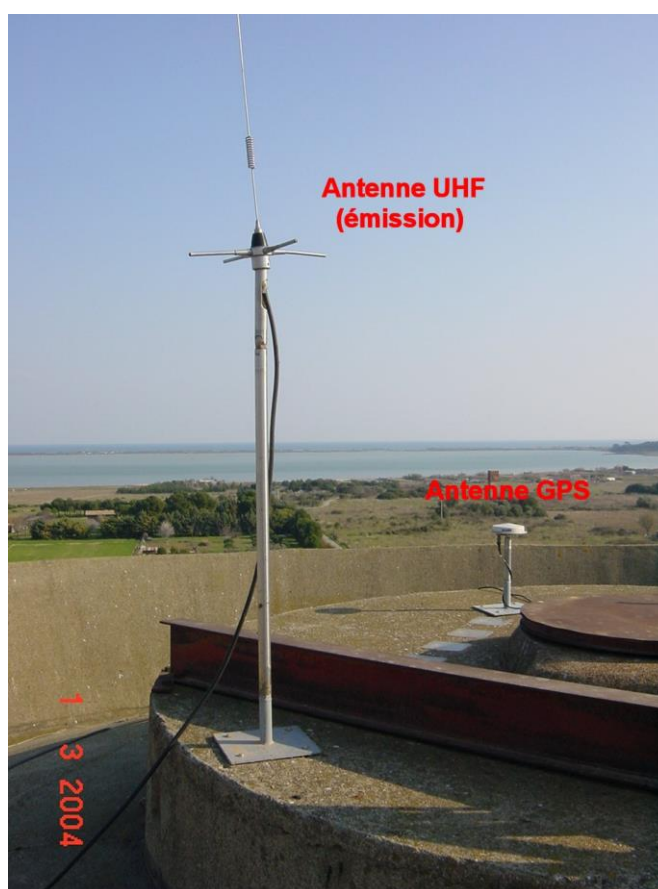


Photo 4 - Station GPS du château d'eau de Vic-La-Gardiole

Le récepteur mobile est mis dans l'embarcation et reçoit par liaison UHF les corrections différentielles envoyées par la station. L'antenne GPS est placée au sommet d'une perche à l'aplomb du transducteur du sondeur (voir photos 1 et 2).
Pour un lever topographique, cette antenne est placée au sommet de la canne de lever (voir photo 10).

La position qui est délivrée par ce récepteur, latitude, longitude et hauteur ellipsoïdale dans le système géodésique WGS84, est convertie en temps réel en position XY Lambert III et altitude NGF-IGN 69. En effet, Lambert III et NGF-IGN 69 sont les référentiels, planimétrique et altimétrique, dans lesquels sont fournies les données du lever.

Le logiciel d'acquisition qui est présent, soit sur un PC portable, pour le lever bathymétrique, soit sur un PC de paume «Husky», pour le lever topographique, utilise pour cela des informations tirées des grilles de conversion planimétrique (GR3DF97A) et altimétrique (RAF98) de l'IGN.

3.3.3. Sondeurs

Les 2 sondeurs utilisés sont des sondeurs à ultrasons mono-faisceaux.

Le sondeur MARIMATECH E-Sea Sound 206C a été utilisé dans les hauteurs d'eau supérieures à 0,90 m. C'est un sondeur hydrographique, qui se compose d'un boîtier-écran (voir photo 5), relié à son transducteur par un câble, et qui a les caractéristiques suivantes :

- Fréquence d'onde : 200 kHz.
- Ouverture de faisceau : 9°.
- Hauteur d'eau minimale de mesure sous le transducteur : 0,65 m, ce qui correspond au total à une hauteur d'eau minimale de mesure de 0,90 m, compte-tenu de l'immersion du transducteur sur le canot «Starvag» (entre 0,25 m et 0,30 m).
- Numérisation des sondes : 4 à 5 fois par seconde avec une gamme de mesure 0-10 m.
- Précision intrinsèque : ± 1 cm + 0,1% de la profondeur.
- Réglage de la célérité du son dans l'eau et de l'immersion du transducteur.
- Sortie analogique sur papier (échogramme) : document de vérification, utilisé lors du pré-traitement des données pour corriger les sondes numérisées en cas de faux échos, de doubles échos ou en présence d'algues ou d'herbiers.

Le sondeur TRITECH PA500-6/S a été utilisé dans des hauteurs d'eau inférieures à 0,90 m et dans les passes. C'est un sondeur «petits fonds», qui se présente sous la forme d'un seul cylindre (voir photo 6), dont s'échappe un câble d'alimentation et de communication, et qui a les caractéristiques suivantes :

- Fréquence d'onde : 500 kHz.
- Ouverture de faisceau : 6°.
- Gamme de mesure entre 0,10 m et 10 m, ce qui permet au total de mesurer au minimum une hauteur d'eau de 0,25 m, compte-tenu de l'immersion du transducteur sur la barque «Valérie» (entre 0,10 m et 0,15 m) et de son tirant d'eau.
- Numérisation des sondes : 10 fois par seconde.
- Précision centimétrique.
- Célérité du son (figée) et immersion du transducteur à régler dans le logiciel d'acquisition.
- Absence d'échogramme.

Remarques :

- En fonction de l'échelle générale du lever (1/10000), la cadence d'acquisition des sondes a été fixée, dans le logiciel d'acquisition, à la seconde. Cela revient à disposer, pour une vitesse moyenne de sondage de 5 nœuds (canot «Starvag»), d'une sonde tous les 2,50 m, et pour 2 nœuds (barque «Valérie») d'une sonde tous les mètres.
- Bien qu'ayant peu d'influence, compte tenu des faibles profondeurs mesurées, la célérité du son dans l'eau a systématiquement été mesurée avant chaque sondage, à l'aide d'un célérimètre WTW 330i.



Photo 5 – Sondeur hydrographique Marimatech et PC portable



Photo 6 – Sondeur «petits fonds» Tritech

3.3.4. Mesure du niveau de l'étang

En bathymétrie, la mesure du Z de l'antenne GPS permet par déduction de mesurer le niveau de l'eau en continu (moyennes sur 2 minutes) et in situ. On peut estimer que cette méthode de mesure a une précision meilleure que ± 4 cm.

De plus, 6 points de mesure du niveau de l'étang ont été définis dans les lieux suivants (voir figure 3) :

- Passe des 3 Yeux, point pour mesure de tirant d'air : Z = 1,24 m (voir photo 7).
- Passe du Grand Trou, échelle en place (marquée NGF) : correction = $-0,15$ m (voir photo 8).
- Passe des Moures, échelle en place : correction = $-0,07$ m.
- Passe du Mas Neuf, point pour mesure de tirant d'air : Z = 1,75 m.
- Passe de Maguelone, échelle en place : correction = $-0,08$ m.
- Maupas, point pour mesure de tirant d'air : Z = 0,22 m.

Les repères de nivellement de l'IGN autrefois présents le long du Canal ayant tous disparus, ces points ont été préalablement nivelés par GPS.

Chaque passage à proximité d'un de ces points, généralement en début et en fin de sondage, a donné lieu à une mesure manuelle.

Les comparaisons entre les mesures manuelles et les niveaux fournis par le GPS, font ressortir des écarts qui restent inférieurs à 4 cm.

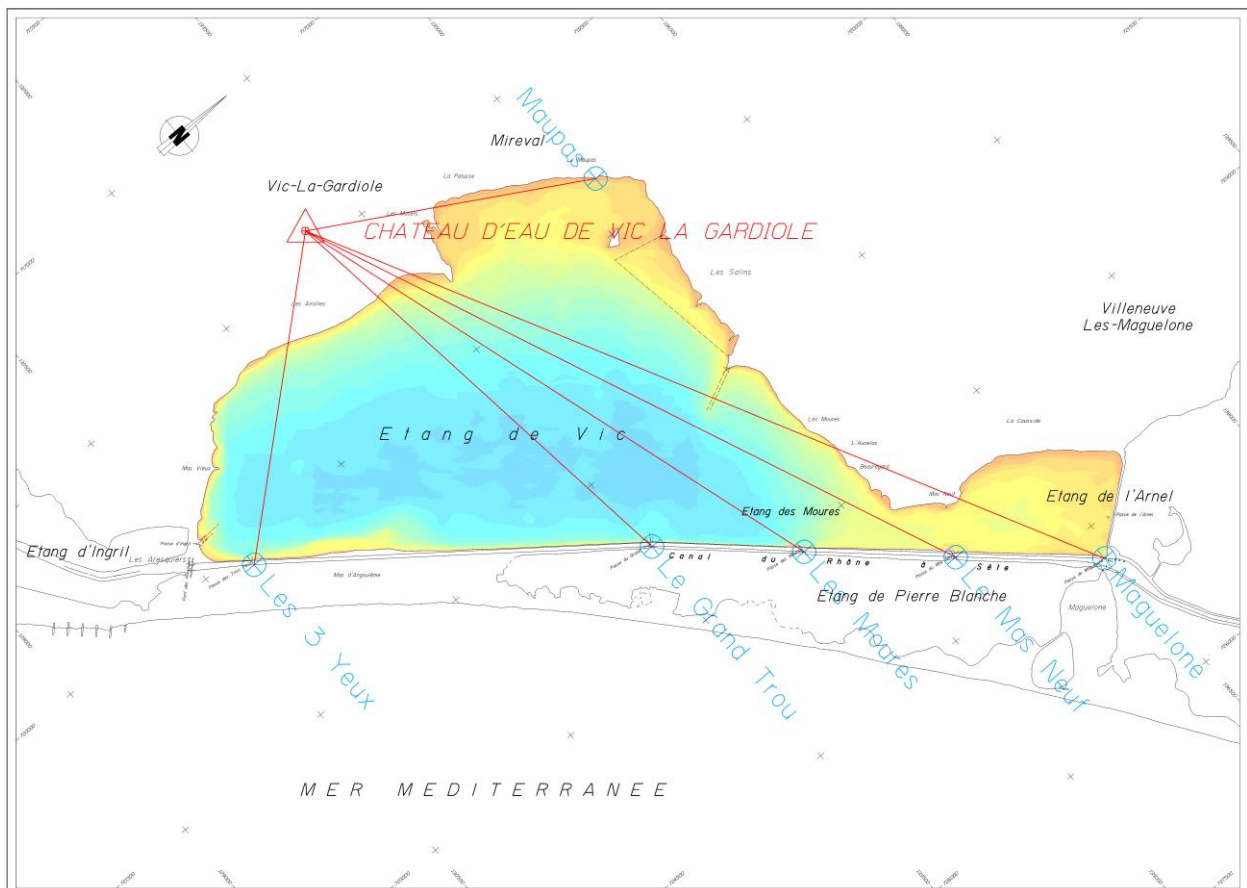


Figure 3 – Points de mesure manuelle du niveau de l'étang (nivelés par GPS)



Photo 7 – Point de mesure manuelle du niveau de l'étang : Les 3 Yeux



Photo 8 – Point de mesure manuelle du niveau de l'étang : Le Grand Trou

3.3.5. Matériels et logiciels d'acquisition

En bathymétrie, est mis en œuvre, sur un PC portable (voir photo 5), un logiciel d'acquisition des données nommé «BATHYACQ», développé en interne et qui bénéficie de près de 20 années d'expérience. Ce logiciel permet :

- L'acquisition simultanée du GPS (position et niveau de l'eau) et du sondeur,
- L'enregistrement des données,
- La définition et le suivi des profils de sondage,
- La gestion d'afficheurs numériques déportés, mis en œuvre seulement sur le canot «Starvag», pour permettre au barreur de suivre le profil sélectionné.



Photo 9 – Indicateur de profil

Lors des levés topographiques, le logiciel du PC de paume «Husky» permet la saisie de points GPS XYZ qui sont enregistrés sur une carte PCMCIA.

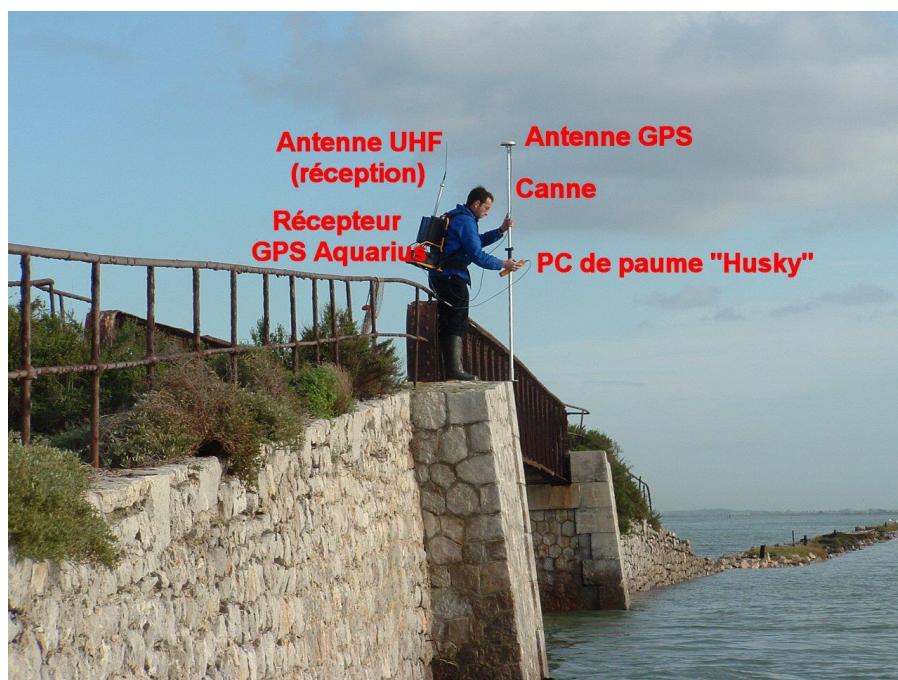


Photo 10 – Lever topographique des passes (fond de plan)

4. Traitement des données

4.1. Données bathymétriques

Le traitement des données acquises à l'aide du logiciel «BATHYACQ» se déroule en 2 phases :

Le pré-traitement, réalisé à l'aide du logiciel «NEREE_PRT», qui permet :

- La correction des fausses positions, en cas de décrochage du GPS.
- La suppression des sondes qui correspondent à de faux échos.
- La réduction des sondes au zéro NGF, par la prise en compte des données de niveau de l'étang.
- La sélection spatiale des points en vue de leur traitement cartographique. Le point retenu (position et sonde) est calculé à partir de la moyenne de tous les points acquis dans un intervalle donné. Pour le plan général (échelle 1/10000), cet intervalle est de 30 m, ce qui correspond à des écritures de profondeur espacées de 3 mm sur le papier. Pour les plans des passes (échelle 1/1000), il est réduit à 2,50 m, ce qui donne des écritures espacées de 2,5 mm.

Le traitement cartographique, réalisé à l'aide du logiciel «ASCODES», qui permet :

- La modélisation mathématique du fond levé : le modèle est constitué par un ensemble de facettes triangulaires, construites automatiquement par le logiciel. Les sommets de ces facettes sont les points issus de la sélection spatiale effectuée en amont lors du pré-traitement. Si nécessaire, ces triangles sont modifiés inter-activement à l'écran, afin de rendre plus réaliste le dessin des isobathes qui s'appuie sur ce maillage.
- L'élaboration du plan bathymétrique : écriture des profondeurs, dessin des isobathes, aplats de couleurs, habillage du plan...
- Le dessin sur table traçante.
- L'exportation des points levés au format texte XYZ et au format DXF, et du plan au format DXF et au format image TIF.

4.2. Données topographiques

Les données enregistrées sur la carte PCMCIA sont récupérées sur le PC portable à l'aide d'un logiciel constructeur.

Ces points XYZ sont ensuite directement traités à l'aide du logiciel de traitement cartographique «ASCODES», en même temps que les points issus du lever bathymétrique.

4.3. Données de fond de plan

Les données de fond de plan qui sont dessinées sur le plan avec les données bathymétriques, proviennent de 3 sources différentes :

- Pour les berges de l'étang : de la BD Topo de l'IGN (2000). Cette ligne a été considérée comme étant l'isoligne d'altitude 0 et ses points ont été intégrés dans le modèle mathématique du fond.
- Pour les berges du Canal du Rhône à Sète et les abords des passes : de levés topographiques réalisés par la Cellule Hydrographique du SMNLR.
- Pour le trait de côte : d'un lever topographique réalisé en 2000 par le SMNLR (CADIG).