

S.I.A.E.B.V.E.L.G.



UMR EPOC - UNIVERSITE BORDEAUX 1

**ETUDE BATHYMETRIQUE DU LAC DE
CARCANS – HOURTIN : 2005 - 2006**



JUILLET 2006

Avant-propos :

L'ensemble de cette étude a été réalisé par l'UMR EPOC sous la responsabilité scientifique de Patrice BRETEL - Patrice CASTAING (Prof.) – Denis MICHEL.

Les missions de terrain ont impliqué Georges OGGIAN, Isabelle BILLY, Guillaume JUBELIN, Jérôme SCHOORENS, Denis MICHEL et Patrice BRETEL.

Les traitements de données ont impliqué essentiellement Jérôme SCHOORENS et Guillaume JUBELIN. Une reprise du travail de comparaison des cartes bathymétriques 1931-2006 a fait l'objet du stage de master1 Envohl de Candice BERMEJO.

TABLE DES MATIERES :

Introduction :	3
Outils mis en œuvre :	4
Moyens mis en œuvre in situ :.....	4
Moyens nautiques :.....	4
Moyens terrestres :.....	6
Plan de levé :	10
Calendrier des opérations :.....	13
Détails des levés bathymétriques réalisés :	14
Traitements des données :.....	16
Traitement des données brutes :.....	16
Réduction du nombre de sondes :.....	17
Choix du maillage :	20
Carte des isobathes :.....	21
Présentation finale :	21
Résultats :	21
Cote de référence du plan d'eau :	21
La carte générale	22
Le zoom nord sur le secteur du Contaut.....	25
Zoom sud sur le secteur de Bombannes-Maubuisson :.....	26
Zoom de l'entrée du port d'Hourtin : une modification de balisage à envisager	27
Digitalisation de la carte ancienne et comparaison avec la carte actuelle :	28
Moyens mis en œuvre :.....	29
Recalages altimétriques 1929 – 2005 :.....	29
Mise en forme de la carte	30
Carte de comparaison : choix du maillage et carte.....	30
Résultats :.....	31
Interprétation des différences	33
Conclusions :	33
Annexe : détail et comparaison des différentes méthodes de mesures du contour du lac.	34

Introduction :

Le présent document constitue l'annexe technique au levé bathymétrique du lac de Carcans-Hourtin commandé dans le cadre le Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux (S.A.G.E.) LACS MEDOCAINS, Syndicat Intercommunal d'Aménagement des Eaux du Bassin Versant des Etangs du Littoral Girondin (S.I.A.E.B.V.E.L.G.), à l'UMR 5805 EPOC-Université de Bordeaux1-CNRS.

Le premier objectif de l'étude était de réactualiser la carte des profondeurs du Lac de Carcans-Hourtin, le document de référence en cours étant la carte du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (S.H.O.M.) datant de 1931 basée sur des levés réalisés en 1929.

Deux échelles de levé ont été considérées :

- Un levé général avec un maillage théorique constitué de profils orientés ouest-est et espacés de 200 m et trois profils orientés nord-sud régulièrement espacés entre les bords du lac ;
- Deux zones avec des levés de détails : au nord sur le domaine de l'ancien Centre de Formation de la Marine (C.F.M.) compris entre la pointe du club de voile de Piqueyrot, la zone des gabions de « Mayne Pauvre » et le Contaut ; au sud, une zone limitée au nord par l'extrémité du garde feu de Malignac et au sud par l'entrée du Canal des Etangs, la direction de celui-ci délimitant l'extension est du levé de détail. Au nord le maillage de levé est de 100 m sur 100 m (direction N-S et W-E), au sud, des radiales orientées NE-SW et espacées de 100 m interceptent le maillage général (radiales W-E espacées de 200 m).

Un second objectif concerne un travail de comparaison entre les deux documents, de 1931 et 2006. Les résultats de cette partie plus délicate font l'objet de réserves en raison de la qualité des données historiques peu connue et des difficultés de comparer des données cartographiques de densité très différente. Une partie est consacrée à cette comparaison qui a par ailleurs fait l'objet de travaux particuliers avec des étudiants de l'Université de Bordeaux 1.

Enfin, en complément du travail initial demandé, un levé de détail a été effectué sur le chenal d'entrée du port d'Hourtin afin de vérifier la validité du balisage. Parallèlement, pour des questions méthodologiques des recalages des deux échelles limnimétriques du Contaut et d'Hourtin ont été réalisés.

La demande initiale concerne une carte des profondeurs dont la précision dépend du matériel mis en œuvre et du protocole de mesure utilisé. L'Université de Bordeaux 1 ne garantit pas la précision des mesures supérieure au décimètre, bien que les mesures soient probablement de meilleure qualité. Le document final n'est pas un document de navigation. La réalisation du levé n'a pas pris en compte des critères de vérification, notamment un nombre suffisant de croisements de radiales dans les zones de forte hétérogénéité morphologique.

Le document final produit ne doit pas être utilisé pour la navigation.

Outils mis en œuvre :

Moyens mis en œuvre in situ :

Moyens nautiques :

Les mesures de profondeurs rapportées à un niveau de plan d'eau peuvent être réalisées soit en corrigeant les mesures directes de profondeurs sous le sondeur de son enfoncement (terme technique : « le sabot »), soit dans le cas d'utilisation de GPS centimétrique en calant précisément les bases de références terrestres dans un même système altimétrique. Dans le premier cas, il faut mesurer le niveau du plan d'eau sur des échelles limnimétriques ou à l'aide d'un marégraphe recalé et faire l'hypothèse qu'il est identique sur l'ensemble de la zone de levé et aussi considérer que le sabot du sondeur ne varie pas. Dans le second cas, la distance entre l'antenne GPS et le sondeur étant toujours la même, et connaissant la distance sondeur-fond, l'altitude du fond est directement déduite dans le système de référence GPS. On s'affranchit ainsi des fluctuations du niveau de plan d'eau ou d'enfoncement du sondeur. Seule l'obliquité des mesures liée au tangage (mouvements longitudinaux du bateau) et au roulis (mouvements latéraux) n'est pas compensée. Schéma de principe (figure 1).

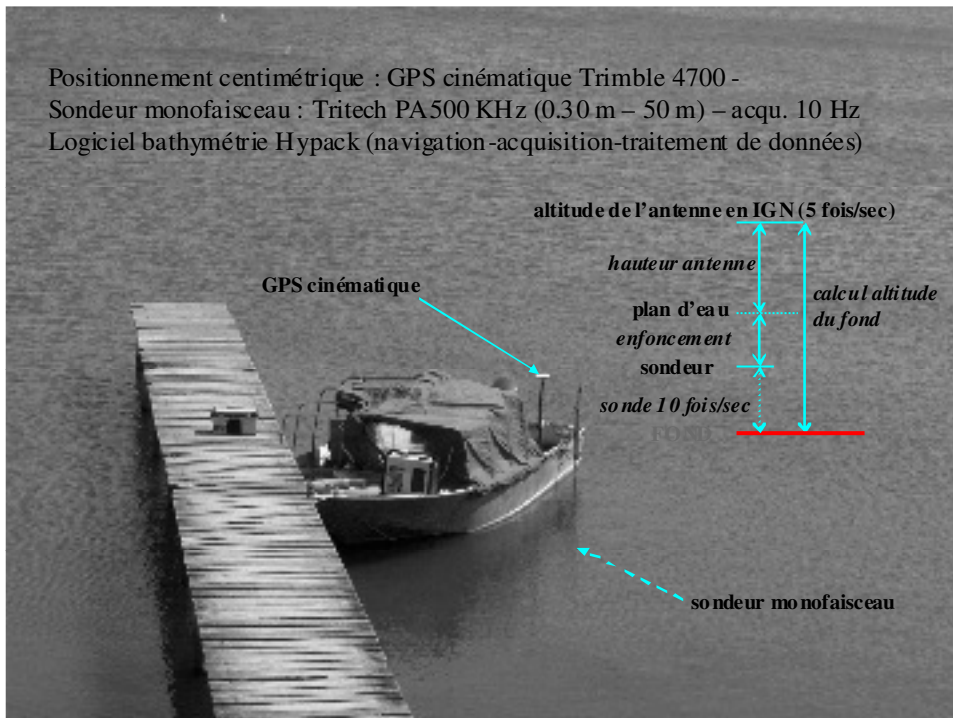


Figure1 :

Les mesures ont été réalisées à partir du matériel suivant :

- une embarcation rigide et stable (type plate du bassin) équipée d'un moteur 4T ;
- un sondeur monofaisceau Tritech de 500 kHz (ouverture 6°) avec une célérité calée à 1473 m/s. La plage de mesure des profondeurs est de 0.3 m à 50 m avec une précision verticale (analogique) de 1,25 mm et de conversion du signal de 1 mm, soit une imprécision maximale de l'ordre de 4,50 mm (+/- 2,25 mm). En raison de l'enfoncement du sondeur placé le long de la coque de l'ordre de 30 cm et du tirant d'eau du bateau, la profondeur minimale pouvant être mesurée est de l'ordre de 60 cm. La fréquence de mesure est de 10 Hz ;
- un système de positionnement GPS centimétrique Trimble5700 permettant de connaître l'altitude de l'antenne avec une précision horizontale de 10 mm + 1 mm par km de la distance entre le récepteur de base et le récepteur mobile et une précision verticale de 20 mm + 2 mm par km de la distance entre le récepteur de base et le récepteur mobile ;
- la navigation et l'acquisition des données sont réalisées à l'aide du logiciel Hypack, qui permet de vérifier la qualité du positionnement par rapport aux radiales théoriques et surtout de synchroniser les acquisitions positionnement-sondeur.

Succinctement, le système GPS centimétrique repose sur une mesure simultanée de la position de deux antennes de réception des satellites sur un récepteur fixe, « la base », et un récepteur mobile, « le mobile ». « La base » est positionnée sur un point fixe de coordonnées connues dans un système de référence précisément identifié. En temps réel, une liaison radio de « la base » vers « le mobile » permet de positionner ce dernier avec une précision centimétrique. D'une part, les informations transmises par la radio permettent une correction du positionnement du « mobile » selon un mode différentiel sur le code (équivalent des corrections transmises par les radio-phare), d'autre part, une analyse des signaux reçus s'intéresse aux décalages de phases et autorise *in fine* le positionnement relatif « base » - « mobile » avec une précision de l'ordre de 2 cm en vertical. En l'absence de liaison radio, il est possible d'enregistrer l'ensemble des informations reçues des satellites simultanément

dans chacun des récepteurs, puis de post-traiter les données pour obtenir cette même précision centimétrique.

La précision globale verticale du système bathymétrique GPS + sondeur peut être estimée :

4,50 mm (sondeur) + GPS 30 mm = 75 mm

Mais il faut prendre en compte l'ouverture du sondeur 6° qui va déterminer la résolution spatiale du sondeur en fonction de la profondeur soit une incertitude de l'ordre de 0,1 fois la profondeur sur la position du point mesuré. Il faut ensuite ajouter l'incertitude liée au roulis et tangage du bateau.

Des comparaisons de mesure à la sonde à main avec des mesures au sondeur ont montré que la présence d'Egeria lagarosiphon avait peu d'influence sur la mesure.

Une précision décimétrique en verticale et métrique en horizontale est une estimation prudente mais réaliste de la qualité des données brutes obtenues.

Moyens terrestres :

Les investigations à terre se sont résumées à des opérations de calages topographiques ayant pour objectifs :

- la mise en place de deux bases sur les bordures du lac : une base sur le toit du Club de voile de Piqueyrot et une base sur le toit du centre UCPA de Bombannes. Ces deux points fixes ont dû être implantés en raison de la portée limitée de la radio et aussi afin de limiter la dégradation de la précision du positionnement du mobile avec l'éloignement de la base (1 ppm de la distance en km entre la « base » et le « mobile ») ;
- la vérification des calages altimétriques des échelles limnimétrique du Contaut (en bordure du Canal des Etangs, sous le Pont du Canal) et à proximité de la cale d'accès dans le port d'Hourtin (Figure 2)

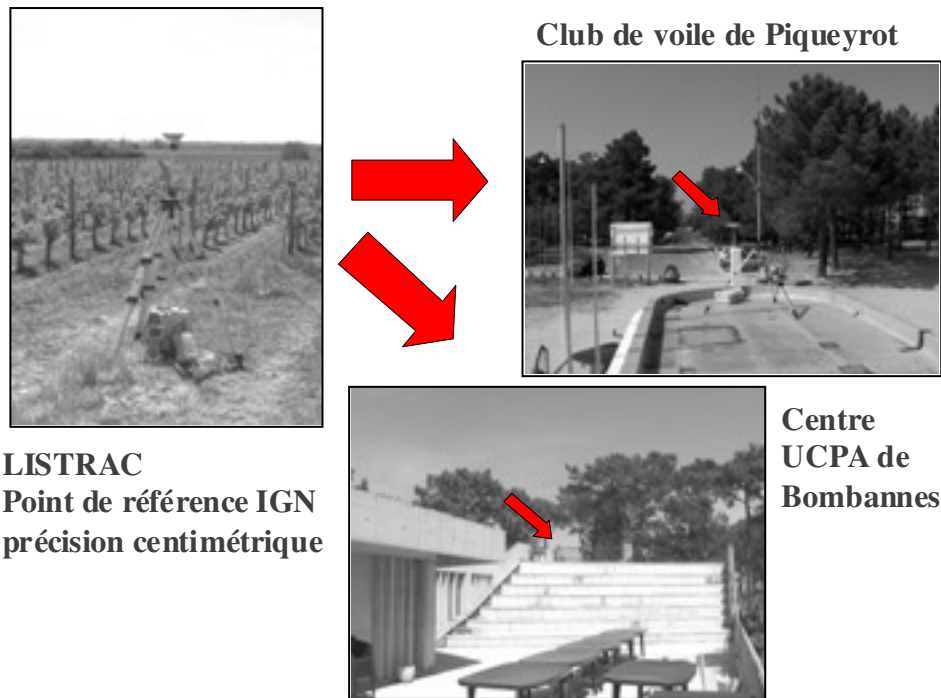


Figure 2 : Bases positionnées sur les bords du Lac.

Les travaux de calages des bases et des échelles limnimétriques par rapport au point de référence de Listrac en Médoc consiste en des mises en station de l'ordre d'une heure avec une acquisition des données à la fois dans le récepteur de base (Listrac) et sur les points à recalcr. Les calculs des positions centimétriques sont réalisés a posteriori avec le logiciel TGO (Trimble Geomatics Office).

Point de référence Fiche IGN en ligne LISTRAC :

(http://geodesie.ign.fr/fiches/fiche_geodesie.asp?num_site=3324801&X=353400&Y=201190) :

Site	Point	Désignation
3324801	A	Borne 1949 en granit gravée IGN : Repère hémisphérique 1994 en laiton de 12 mm de diamètre

Remarque(s) : - Point vu en place en 2004

Système RGF93 - Ellipsoïde : IAG GRS80 - Méridien origine : Greenwich		
Longitude	Latitude	Hauteur sur l'ellipsoïde (m)
0° 47' 40,32843" O	45° 03' 48,50703" N	89,62
Système RGF93 - Projection LAMBERT - 93		NGF - IGN1969 Altitude normale (m)
E (m)	N(m)	
401 446,672	6 447 643,536	43,572
Système NTF - Projection LAMBERT 3		
<i>E(m)</i>	<i>N(m)</i>	
353 450,71	311 750,08	C



Azimut de la prise de v

T : Coordonnées obtenues par transformation / **M** : Précision métrique / **D** : Précision décimétrique / **C** : Précision centimétrique

Piqueyrot : 17/05/06 10:48:32 (TU)

Coordonnées post-traitées, support d'antenne fixé sur le petit mât en en bordure nord du poste de secours.

Occupation : 1:00:53

Distance (incliné) Listrac – Piqueyrot : 29807.032 m

Précision (calcul Trimble) : horizontale : 0.001 m verticale : 0.002 m

Système WGS84 en DDD°MM'SS,SSSS'' :

45°11'54.17772'' N

001°07'19.23573'' O

66.251 m (Hauteur Au-dessus de l'Ellipsoïde)

Système LambertIII Sud (Grille GR3DF97A) :

Nord : 327762.573 m

Est : 328308.674 m

20.004 m (élévation NGF : modèle de géoïde RAF98)

Pour des recalages topographiques ultérieurs un point de précision 2 cm a été implanté au sol en extrémité du muret à droite de la descente à la jetée en bois du Club de Voile au droit de l'entrée de la soute à carburants.

Extr-muret-CVHM : 25/05/06 station courte (base : mât du Club de voile)

Système WGS84 en DDD°MM'SS,SSSS'' :

45°11'53.72470'' N

001°07'19.40153'' O

61.641 m (Hauteur Au-dessus de l'Ellipsoïde)

Système LambertIII Sud (Grille GR3DF97A) :

Nord : 327748.751 m

Est : 328304.471 m

15.348 m (élévation NGF : modèle de géoïde RAF98)

Centre UCPA Bombannes : 26/05/06 14:12:01 (TU)

Occupation : 1:00:33

Distance (incliné) Listrac – Piqueyrot : 27272.844 m

Précision (calcul Trimble) : horizontale : 0.002 m verticale : 0.006 m

Système WGS84 en DDD°MM'SS,SSSS'' :

45°06'07.87118"N

1°08'11.72632"O

69.754 m (Hauteur Au-dessus de l'Ellipsoïde)

Système LambertIII Sud (Grille GR3DF97A) :

Nord : 317129.059 m

Est : 326713.036 m

23,401 m (élévation NGF : modèle de géoïde RAF98)

Résultats des calages altimétriques des échelles limnimétriques d'Hourtin et du Contaut (Figure 3) :

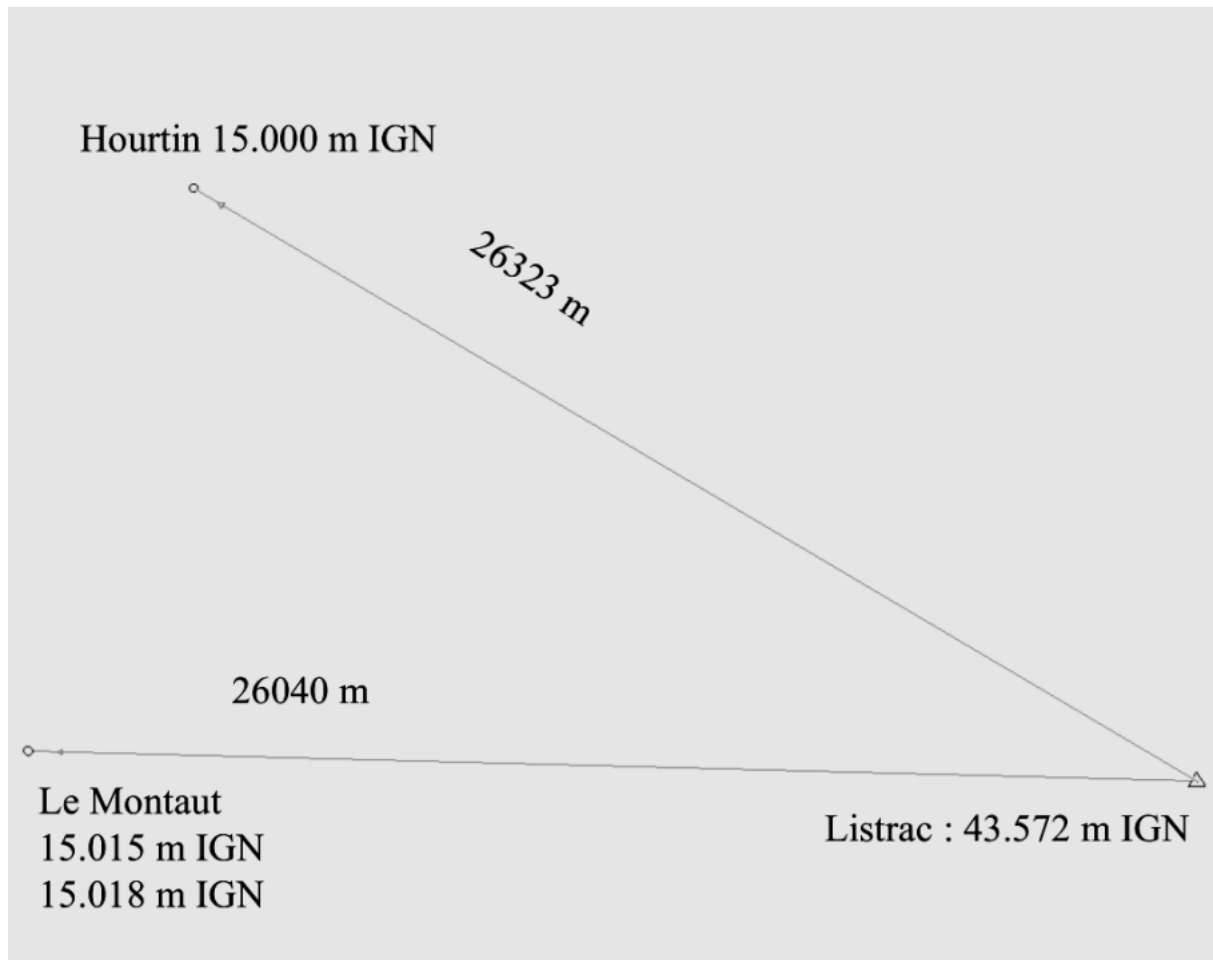


Figure 3 :

Les sommets des deux échelles limnimétriques sont correctement positionnés considérant une précision des mesures de l'ordre de 2 cm.

Plan de levé :

Lorsque le positionnement des bases est réalisé, le levé bathymétrique s'effectue en suivant les profils théoriques fixés dans le cahier des charges de l'étude :

Figures (4 a – b - c).

Levé Général :

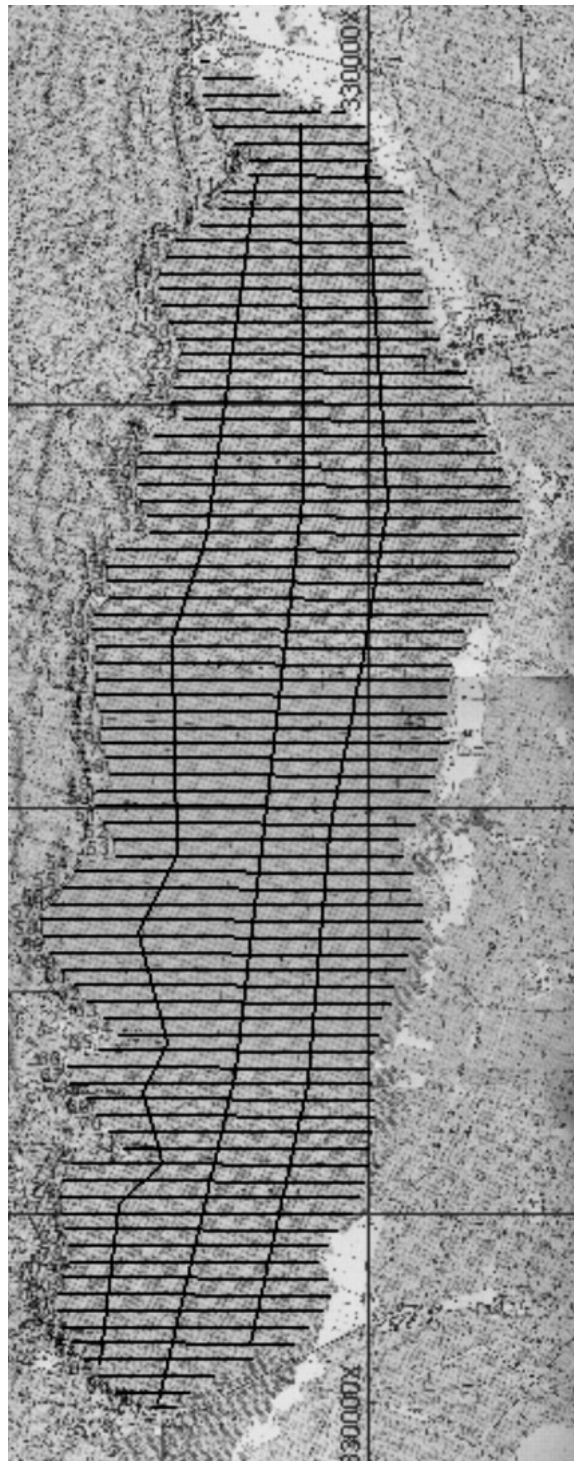


Figure 4a :

Zoom Nord :

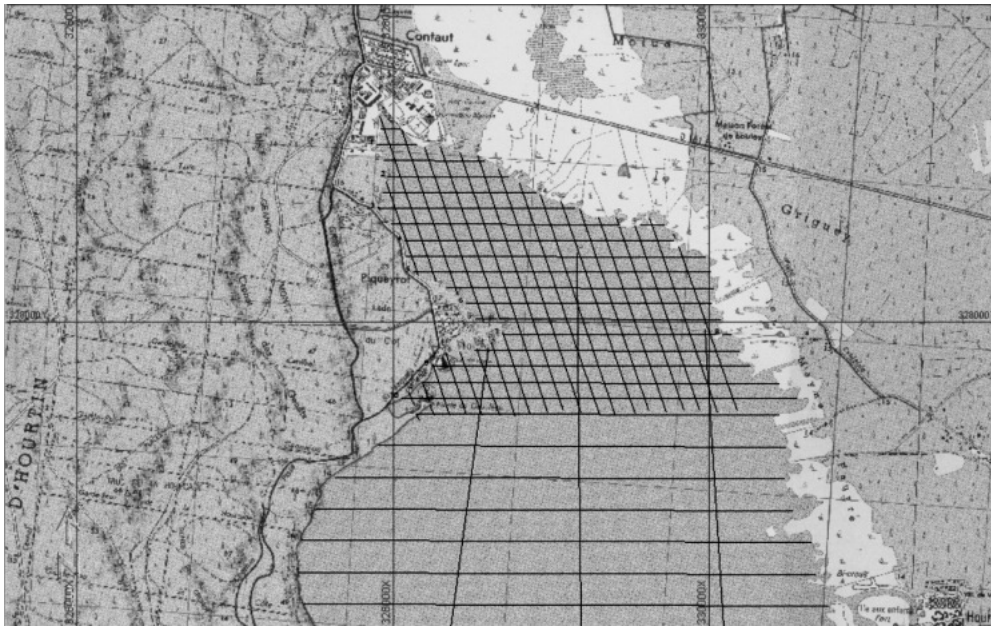


Figure 4b :

Zoom Sud-Ouest :

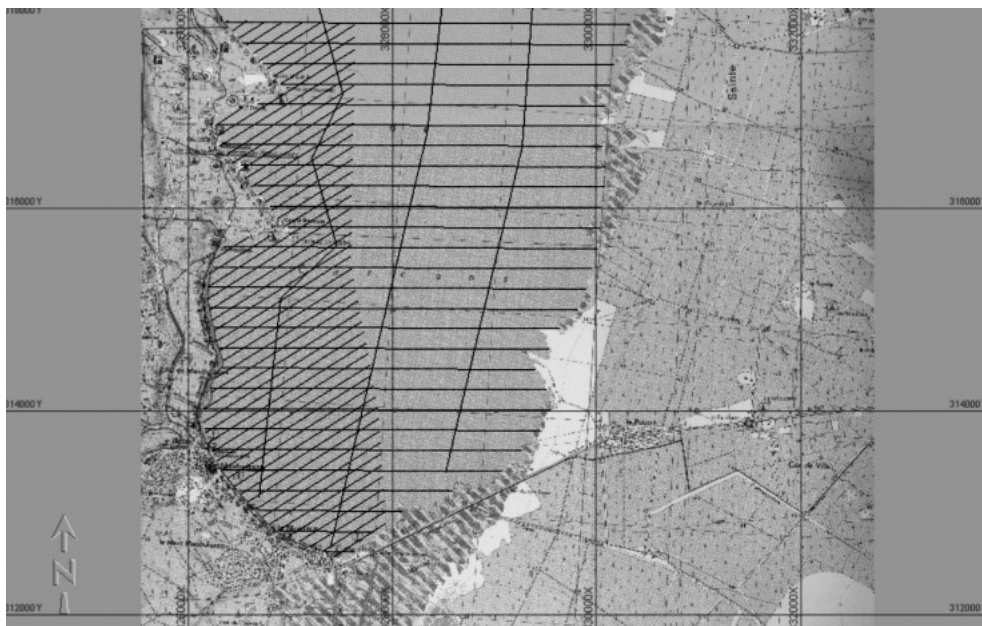


Figure 4c :

Calendrier des opérations :

Calendrier des opérations de terrain :

16/05 : Préparation – installation Hourtin

17/05 : calage topographique de la base du CVHM à partir de Lustrac / test bathymétrique

18-20/05 : travaux sur la zone nord

23/05 : immobilisation du GPS – maintenance bateau

24-25/05 : travaux sur la zone nord – mesure de l'échelle d'Hourtin

26/05 : transfert du CVHM vers UCPA – calage à partir de Lustrac –
mesures des échelles d'Hourtin et du Montaut

27/05 : travaux sur la zone sud

30/05 : travaux sur la zone sud

01- 03/06 : travaux sur la zone sud

10/06 : calage des échelles d'Hourtin et du Montaut à partir de Lustrac

02/08 : test de la précision des GPS pour mesurer les contours

18/08 : mesures de points identifiés sur la carte du SHOM de 1931 pour réajustement en vue
de la comparaison avec la carte de 2005.

Opérations de traitements de données :

2 mois de traitement de données en juillet et août 2005.

- traitement des données bathymétriques brutes, recherche d'optimisation du maillage,

Sortie des cartes finales

- digitalisation du contour du lac sur orthophoto IGN en suivant les limites de plan d'eau dont
le niveau est connu à la date de la photo dans le système altimétrique IGN69

- digitalisation des sondes sur la carte ancienne, après recherche et recalage du niveau de plan
d'eau au moment de la prise de vue. Recalage planimétrique incluant la mesure de points de
contrôle sur le terrain.

- août 2005 : travaux de comparaisons entre les cartes 1931 – 2005

- printemps 2006 : stage de master 1 affinant la comparaison avec la carte ancienne,
notamment en rajoutant des informations par digitalisation des isobathes et des contours de
lac.

Détails des levés bathymétriques réalisés :

(les profondeurs brutes sont représentées du bleu foncé au jaune, respectivement des plus grandes profondeurs vers les plus faibles)

Zoom levé nord :

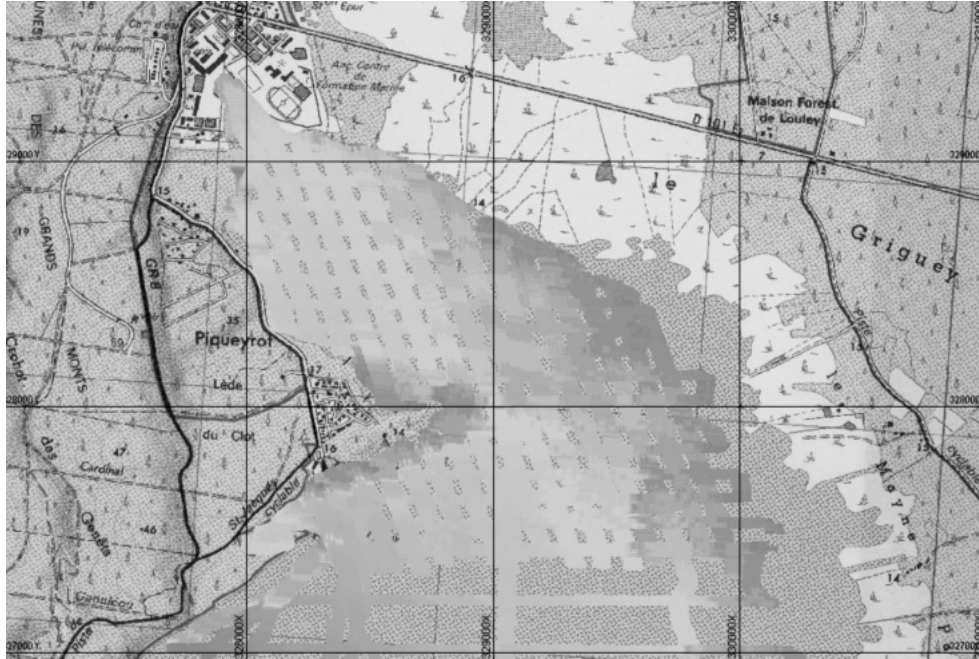


Figure 5a :

Zoom levé central :

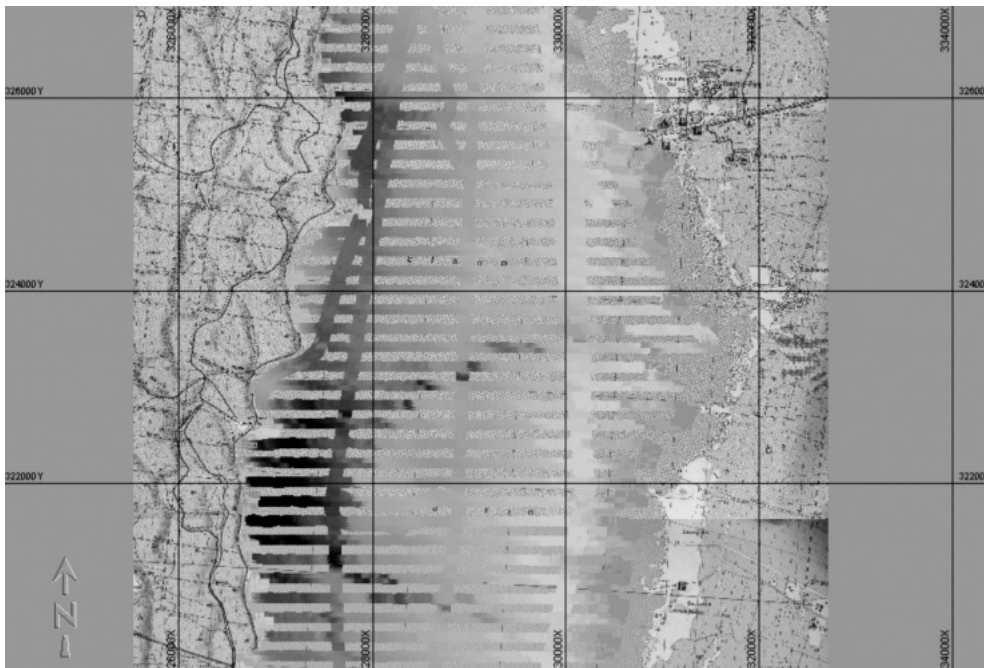


Figure 5b :

Zoom levé sud :



Figure 5c :

Zoom Chenal d'accès au port d'Hourtin :

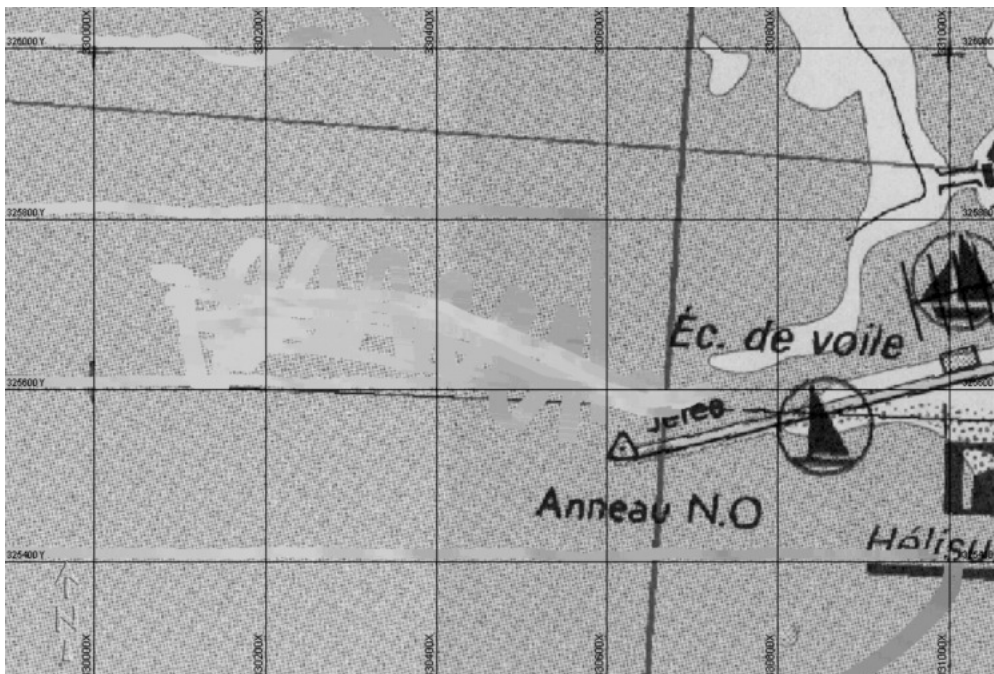


Figure 5d :

Traitements des données :

Le traitement de données comprend cinq étapes principales :

- vérification du calage altimétrique et extraction des sondes aberrantes
- sélection et réduction du nombre de sondes qui va être exporté pour le maillage
- tests et choix d'un maillage adapté aux variations morphologiques à représenter
- construction de la carte des isobathes (profondeur rapportées à un niveau de plan d'eau qui sera précisé)
- construction de la carte finale et mise en forme dans un environnement cartographique (intégration dans un fond IGN)

Traitement des données brutes :

A l'aide du logiciel Hypack, les données de sondes sont vérifiées profil par profil. L'écran du haut indique la trajectoire suivie par rapport au profil théorique, l'écran du bas indique les altitudes du fond. Dans la mesure où les profondeurs sont toujours considérées positives vers le bas, les altitudes sont indiquées en valeur négatives puisque supérieures au 0 IGN. Ainsi, pour une altitude moyenne du plan d'eau de l'ordre de 13,90 m IGN lors des levés (indiquée - 13,90 m), l'altitude du fond est calculée ainsi : $- 13,90 + \text{profondeur}$ (distance sous le sondeur + enfoncement du sondeur).

Les sondes nulles (altitudes - 13,90 m environ) sont liées à une absence de retour de l'écho du fond (mouvements trop importants de roulis du bateau, bulles en surface autour du sondeur), ou à une trop faible profondeur (concerne la zone est essentiellement). Une vérification des variations du niveau du plan d'eau en extrayant les variations de la hauteur d'antennes GPS au cours des suivis de profils (« marée mesurée au GPS) permet aussi de déceler d'éventuels problèmes de calage altimétrique.

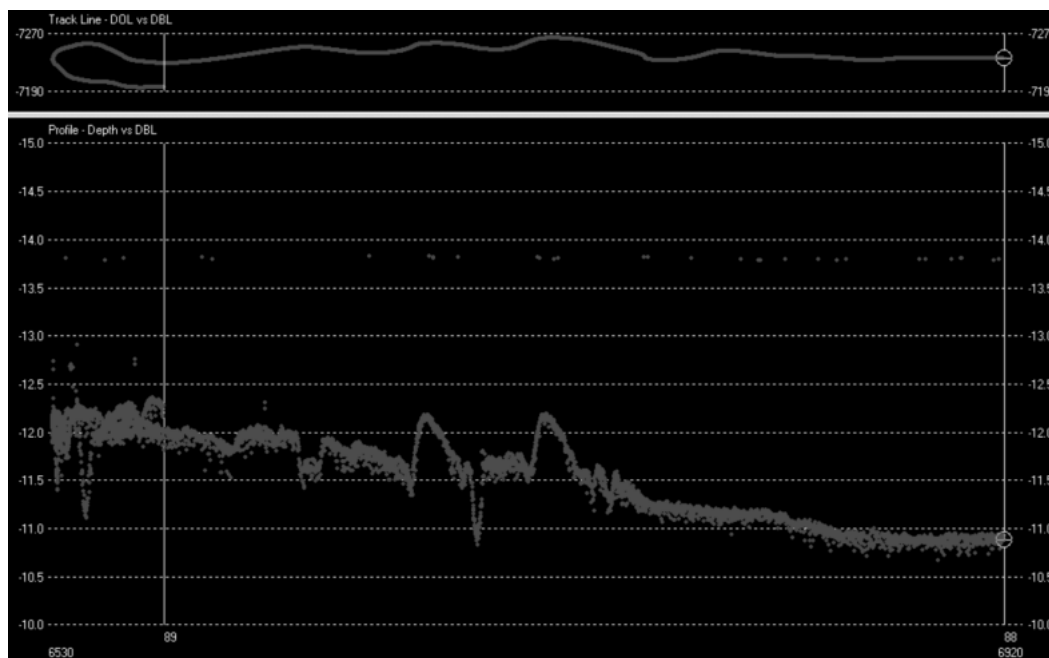


Figure 6 :

Toutes les sondes aberrantes et les profils non recalés sont sélectionnés et effacés lors de l'exportation vers le module du logiciel Hypack permettant dans un second temps de réduire le nombre de sondes.

Réduction du nombre de sondes :

La fréquence d'acquisition des valeurs de sonde est de l'ordre de 10Hz. A l'issue de la première phase de traitement, la densité de points sur les profils reste très importante au regard de l'absence d'information entre chaque profil sur une distance de l'ordre de 200 m ou 100 m pour les zooms. Pour limiter l'hétérogénéité dans les densités d'information profils-interprofils et pour les calculs de maillage qui servent à l'établissement des cartes, un tri est effectué.

Pour chaque profil, le point le plus élevé (le moins profond) est identifié dans un cercle de 50 de rayon. Le programme lit d'abord l'ensemble des fichiers de sondes brutes corrigées. Dans un profil (équivalent à un fichier), il cherche le point de profondeur minimale puis il élimine tous les points dans un rayon spécifié. Il reprend ensuite l'ensemble du fichier, moins les points éliminés et répète la procédure. Ainsi, in fine tous les points de profondeurs minimales sont retenus en respectant une densité de fixée par le rayon de prospection. Finalement, les points de plus faible profondeur sont correctement placés sur la carte. Ce programme respecte permet ainsi de représenter correctement les hauts fonds.

Les densités de points retenues sont (Figures 7 a – b - c) :

- pour le levé général de la carte : 1 point/50 m ;
- pour les zones de zoom : 1 point/10 m.

POINTS DE SONDE BRUTES EXPORTES POUR LE MAILLAGE :
LEVE GENERAL : DENSITE 1 POINT / 50 M GRDE ZONE
DENSITE 1 POINT / 10 M ZOOMS

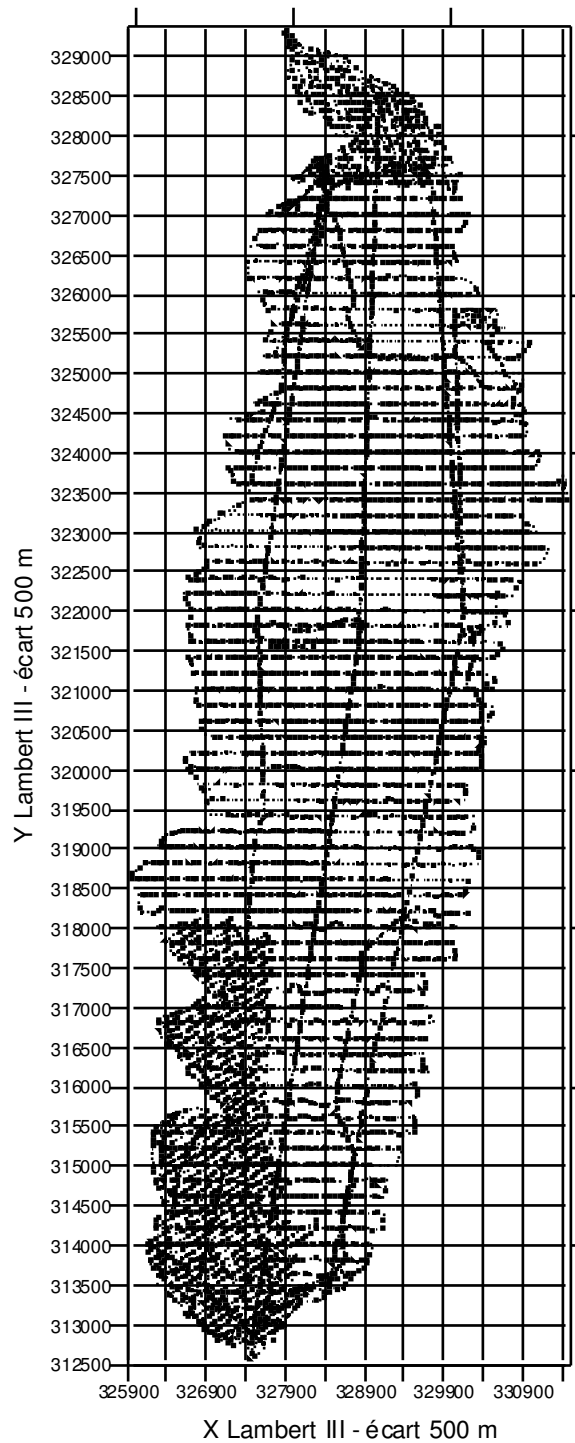


Figure 7a :

L'ensemble du maillage sera calculé sur un total de 7340 points de sondes brutes exportés à l'issu de la procédure de tri.

POINTS DE SONDES BRUTES EXPORTES POUR LE MAILLAGE :
ZOOM NORD - DENSITE 1 POINT / 10 M

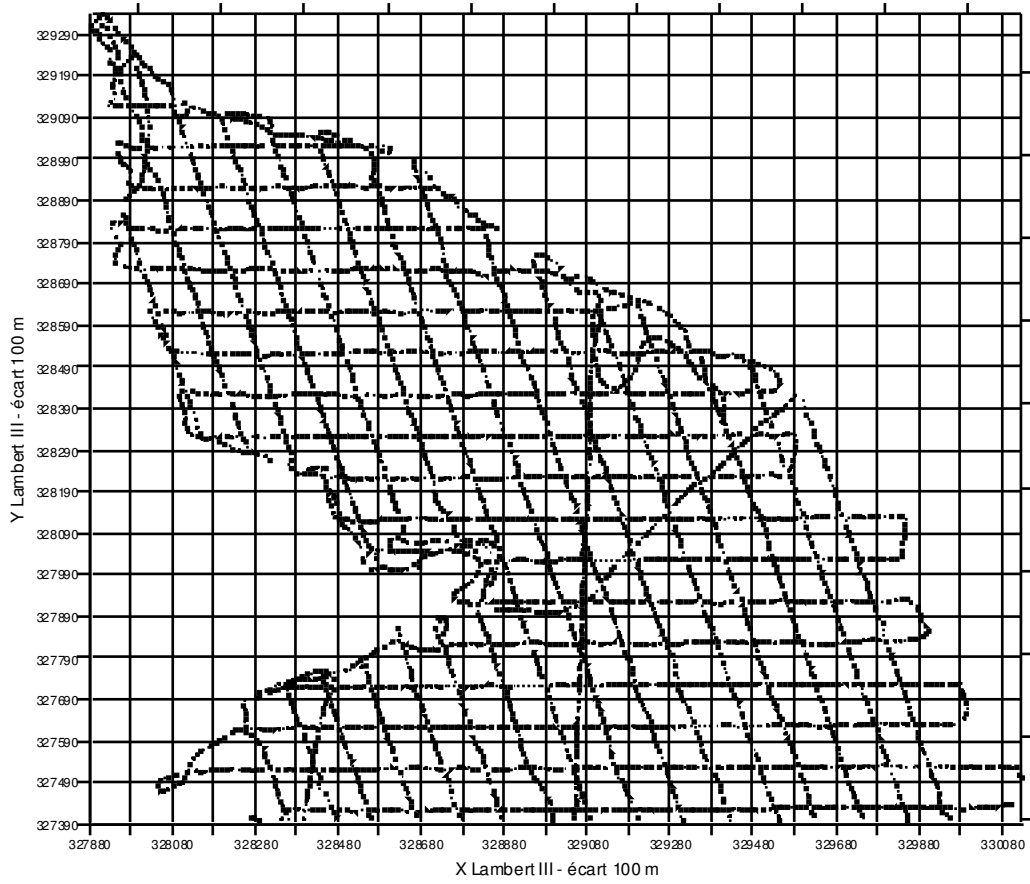


Figure 7b :

**POINTS DE SONDES BRUTES EXPORTES POUR LE MAILLAGE :
ZOOM SUD - DENSITE 1 POINT / 10 M**

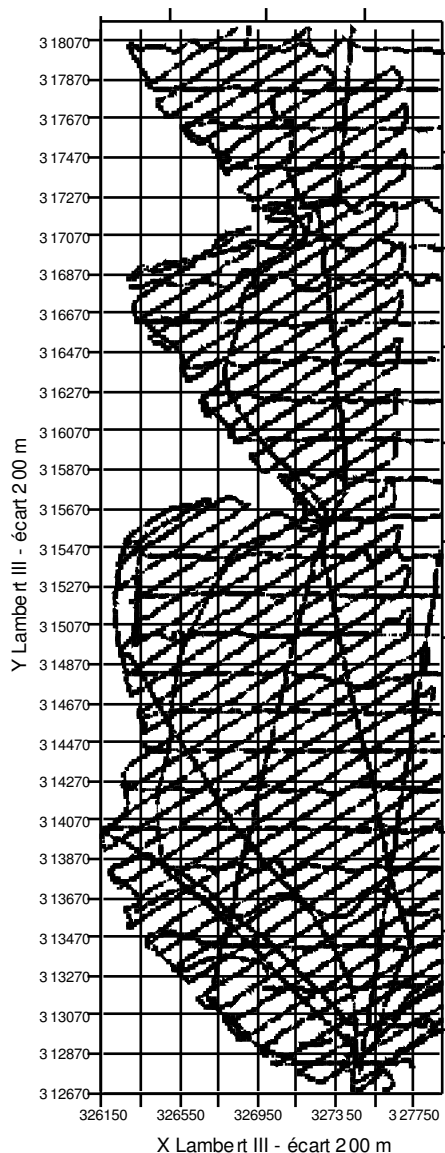


Figure 7c :

Choix du maillage :

La constitution de la carte bathymétrique repose sur une étape préliminaire de maillage. Le travail de maillage et de représentation est réalisé à l'aide du logiciel Surfer (Golden software). Les fonds du lac sont représentés par une surface constituée de mailles régulières (X,Y) déterminée au regard de la densité et de la répartition des sondes brutes (écartement-orientation des profils de levé). Pour chaque « coin des mailles », une valeur Z, ici la profondeur, est calculée selon une méthode de calcul d'interpolation que l'on choisit. Là encore les caractéristiques des données brutes interviennent dans le choix de la méthode d'interpolation. Après de nombreux tests de méthode d'interpolation et considérant les écarts entre les données brutes et les données interpolées, le maillage final retenu a pour caractéristiques :

- méthode d'interpolation : Radial Basis Function. Sur les bords du lac, le maillage est contraint pour passer par les lignes digitalisées, sur les orthophotos. Cette méthode est appliquée à la fois pour le levé général et pour les zooms ;

- la surface est caractérisée par une maille carrée orientée ouest-est (X) et nord-sud (Y) selon les coordonnées planimétriques du système Lambert III. Pour le levé général, la maille est de 40 m en X, respectant la densité de points de sondes réduite à 1 point/50 m et de 60 m en Y, soit environ 1/3 de la distance entre deux profils. Pour les zooms, la densité de points est accrue, 1 point/10 m et le maillage resserré 15 m en X et 30 m en Y.

Carte des isobathes :

A partir du maillage réalisé, une représentation en deux dimensions des courbes « d'iso profondeurs » est réalisée considérant les contours qui relient toutes les profondeurs identiques. Une interpolation entre les « nœuds » de maille permet de déterminer le passage de ces iso-contours. Un charte des couleurs déterminée en accord avec le comité de suivi de l'étude est ensuite appliquée pour les intervalles de profondeurs.

Présentation finale :

La présentation finale consiste en un habillage de la carte bathymétrique avec des contraintes de mise à l'échelle et des adaptations graphiques (jonction entre les contours de la carte IGN et les rives du lac, pallier aux problèmes de concordance de légende profondeurs-zones de marais ...). Le fond de carte de référence IGN 1/25 000 porte le n° 14340T avec une autorisation n°22060027.

Résultats :

Cote de référence du plan d'eau :

L'ensemble des mesures est réalisée dans le système de référence altimétrique NGF ou IGN69. Lors des mesures bathymétrique, l'altitude du plan déduite de l'altitude de centre de phase de l'antenne GPS corrigée de la hauteur du mât d'antenne était comprise entre 13,99 m IGN et 13,90 m IGN. L'ensemble des mesures ont été corrigées en appliquant le modèle de géoïde RAF98. Lors de levés, l'altitude du plan d'eau mesurée avec le GPS en navigation a été confrontée avec les niveaux lus sur les échelles limnimétriques. Des écarts de quelques centimètres ont pu être mis en évidence en fonction des conditions météorologiques avec des accumulations d'eau observées dans les zones de plan d'eau sous le vent.

Pour établir la carte des profondeurs, il a été établi par le comité de pilotage que le niveau de plan d'eau théorique serait de 13,50 m IGN, ce qui correspond à un niveau minimal. Ainsi, les profondeurs indiquées sur la carte sont sous-estimées le plus souvent puisque le niveau de plan d'eau est supérieur à 13,50 m IGN.

Pour établir la carte des profondeurs, les valeurs d'altitude du fond sont soustraites à l'altitude du plan d'eau. Par convention, les altitudes supérieures à 13,50 m IGN fournissent des profondeurs négatives, ce qui correspond à des morphologies qui émergeraient si le plan d'eau avait cette cote théorique de 13,50 m IGN. Elles sont soulignées sur la légende du document final.

La carte générale

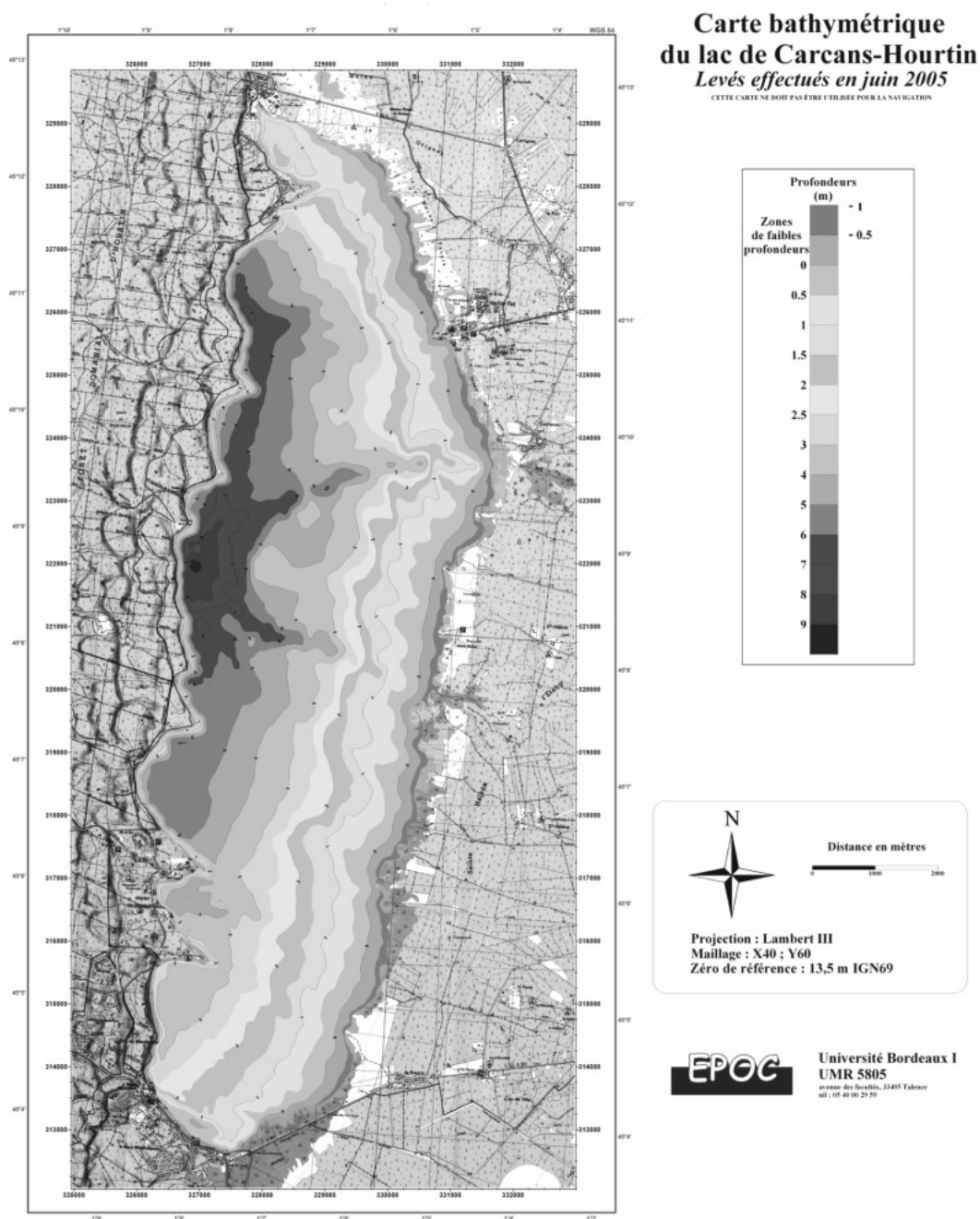


Figure 8 a :

Caractéristiques morphologiques

Limites :

Le lac s'inscrit dans un rectangle de largeur maximale est-ouest de 5485 m et d'une longueur maximale nord-sud de 16777 m (contour plan d'eau à une cote de référence de 14,30 m IGN). Sa périphérie digitalisée sur l'orthophoto de l'IGN (clichés 2000 – cote plan d'eau 14,30 m IGN) est de 59223 m.

Surface du lac :

Considérant une cote de plan d'eau **13,50 m IGN** et un maillage de X 40 m et Y 60 m, la surface du lac est de : 51.508.800 m² soit environ **51,5 km²**.

Pour une cote de plan d'eau de **14,30 m IGN** correspondant à la cote du plan d'eau lors de la prise de vue de 2000, la surface du lac est de : 56.333.400 m² soit environ **56,3 km²**.

Profondeur maximale du lac :

La profondeur maximale extraite des sondes brutes triée (1 point / 50 m) et pour une cote de plan de référence de **13,50 m IGN** est de **10,33 m**. (45°08'46,44'' N 001°08'10,53''O).

Morphologies :

Une dissymétrie générale est observée d'ouest en est avec des profondeurs supérieures sur la partie ouest au contact du revers terrestre des dunes aujourd'hui globalement stabilisée par la couverture forestière. La partie est formée de zones plus marécageuses avec de nombreux gabions. Les pentes sont très faibles sur cette partie du lac.

Une figure particulière similaire à celle observée sur le lac de Lacanau est mise en évidence sur la partie médiane du lac. Elle était déjà clairement identifiée sur la carte SHOM de 1931. Deux paléo-chenaux sont identifiés, vers l'ouest, ils se rejoignent au point le plus profond du lac.

La zone nord du Contaut présente des faibles profondeurs et est le siège de développement d'une forte densité de Lagarosiphon. Vers le sud au droit de Maubuisson en rive droite du Canal des Etangs, une accumulation sableuse formant un banc détaché de la rive est très élevée et peut émerger lors des faibles niveaux de plan d'eau de l'ordre de 13,70 m IGN et moins.

L'opposition entre les morphologies dunaires développées à l'ouest avec des pentes fortes et les plaines de l'est est très marquée. Cependant, sur le rivage ouest en bordure du lac, deux types de morphologies particuliers sont observés. Vers le nord le pied de dune, à la base de versants pentus sont au contact direct avec le rivage. Vers le sud les pentes sont plus faibles et deux flèches sableuses (Centre UCPA et CVB) s'avancent vers l'est. Des indices morphologiques indiquent des redistributions sédimentaires liées à l'agitation plus marquée sur cette partie du lac située la plus en aval de la zone de fetch par vent de nord et nord-est.

Mise en place du lac

(Synthèse C.Bermejo – stage master1 2006)

Les lacs médocains sont des lacs séparés de l'océan par un cordon dunaire, ils se sont formés en plusieurs étapes suite aux variations du niveau de la mer, ces variations ont entraîné la fermeture d'estuaires par des dunes modernes. Tout d'abord, au Quaternaire moderne, le sable provenant de la destruction des couches sableuses de la nappe alluviale du Bassin Aquitain, est amené sur le littoral par un réseau de cours d'eau et de fleuves, et forme les dunes continentales. Puis la mer a chassé le sable vers la position actuelle du littoral lors de la transgression flandrienne. Ce sable a recouvert partiellement vers l'est les dunes anciennes et les anciens estuaires. Les eaux refoulées par l'avancée des sables remplirent les deux bassins de Hourtin et de Lacanau. Lorsque les chenaux d'écoulement sur l'océan furent obstrués et que les eaux atteignirent un niveau voisin de 13 m les deux bassins ont communiqué par dessus le marais de Talaris (A.FABRE 1939). On ignore la date exacte de la formation de ces lacs. Au XIX^{ème} siècle, de grands travaux d'assainissement des marais médocains ont fait augmenter le niveau des lacs par la création de fossés de drainage (les crastes) débouchant dans les lacs. C'est le creusement d'un canal d'évacuation vers le Bassin d'Arcachon qui a permis d'abaisser leurs niveaux moyens d'environ un mètre. Le seuil de Talaris a séparé les deux étangs.

De façon plus détaillée, le lac de Carcans-Hourtin s'est formé à partir de deux petits estuaires : celui du nord, creusé par les Berles de Sainte-Hélène et de Lupian, le plus profond ; et celui du sud dû à une série de crastes, est beaucoup moins important. Ce qui correspond à la double désignation employée, lac de Carcans au sud et lac d'Hourtin au nord.

La géologie et la topographie du bassin versant reflètent cette genèse, on distingue :

- à l'est des lacs, un relief de plaines marécageuses d'une altitude inférieure à 30 m NGF,
- à l'ouest des lacs, un relief plus tourmenté de dunes sableuses, d'une altitude maximale de l'ordre de 40 m.

Dunes continentales Phase vaseuse	Transgression flandrienne	Fin mésolithique début néolithique env. 10 000 ans BP
Phase dunaire (fermeture des étangs)	Arrêt de la transgression (légère régression)	Fin du néolithique Age des métaux Env. 2300 – 1800 av.JC
Phase vaseuse	Transgression dunkerquienne	Epoque gallo-romaine Haut-moyen âge : jusqu'à 1500 BP
Phase dunaire	Régression	Avancée des sables à la fin du moyen âge, fin du XVIII ^{ème} et début du XIX ^{ème} .

Tableau récapitulatif de la formation des lacs (thèse Normand 1968) :

Le zoom nord sur le secteur du Contaut

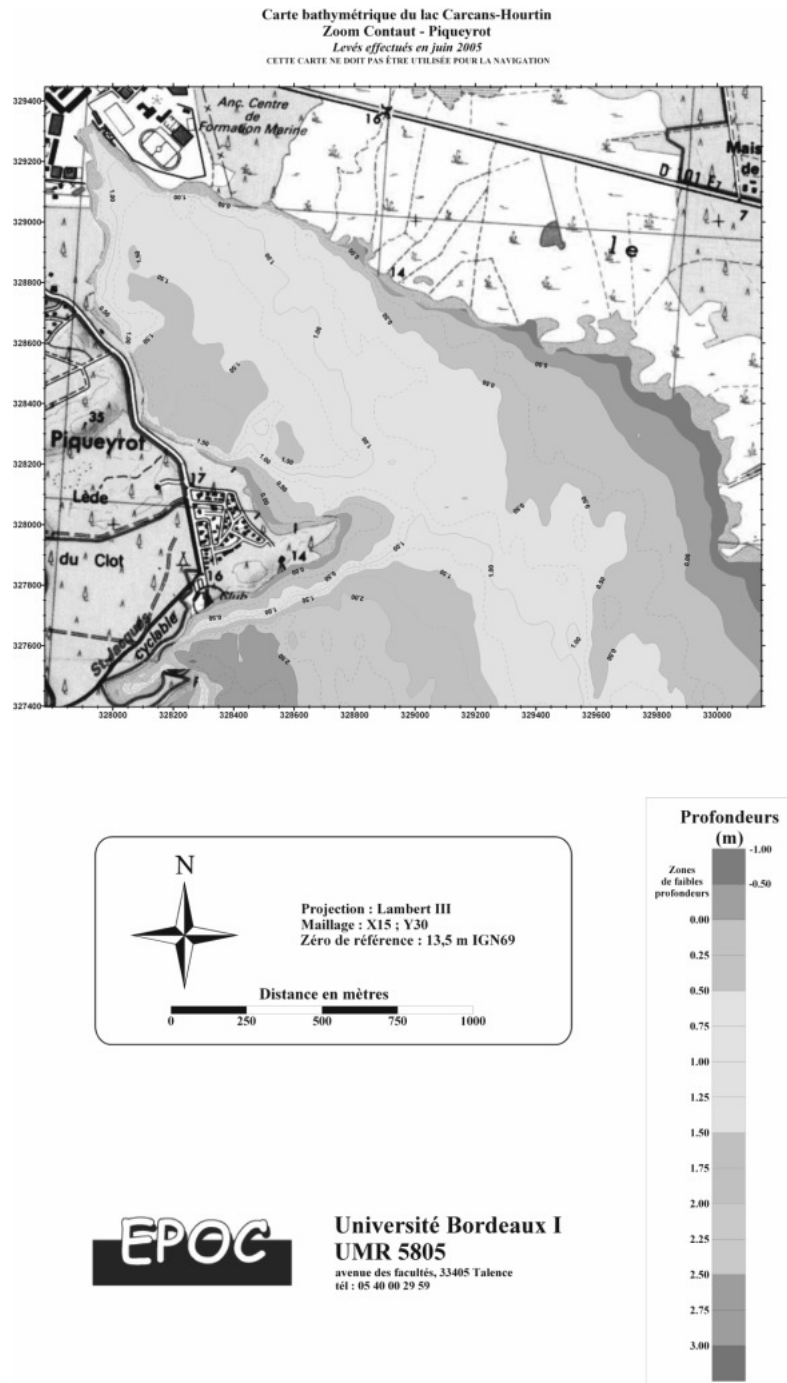


Figure 8b :

La flèche sableuse du Piqueyrot orientée vers le nord-est est prolongée d'une accréation qui progresse dans la même direction. Les profondeurs maximales de l'ordre de 2 m (cote de plan d'eau de référence de 13,50 m IGN) sont localisées dans la zone de mouillage au nord ouest de la flèche sableuse. Une forte densité de Lagarosiphon a été observée lors des mesures avec beaucoup d'accumulation de matière organique au fond. Le maximum de développement de cette phanérogame est observé sur le secteur de l'ancien CVHM.

Zoom sud sur le secteur de Bombannes-Maubuisson :

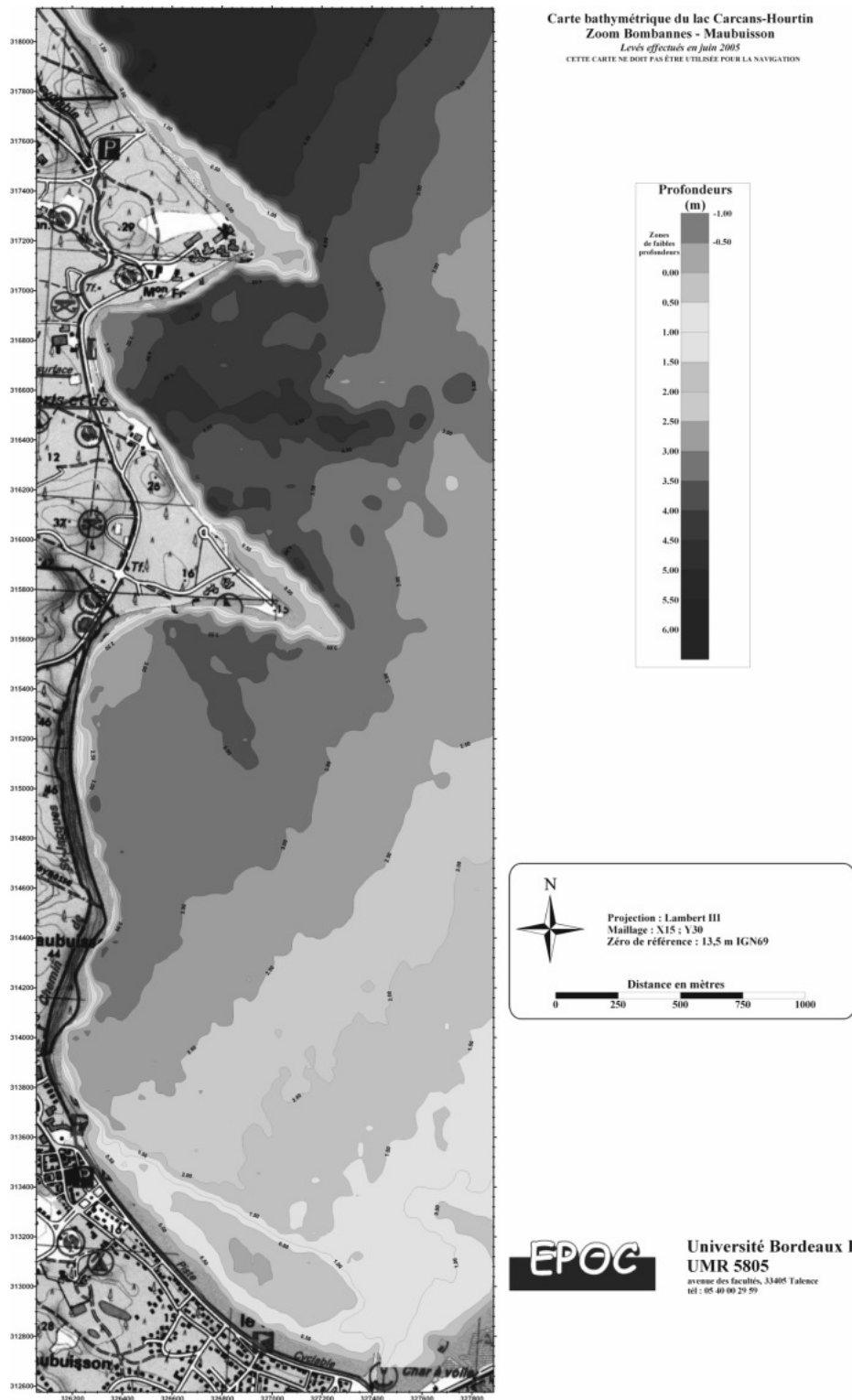


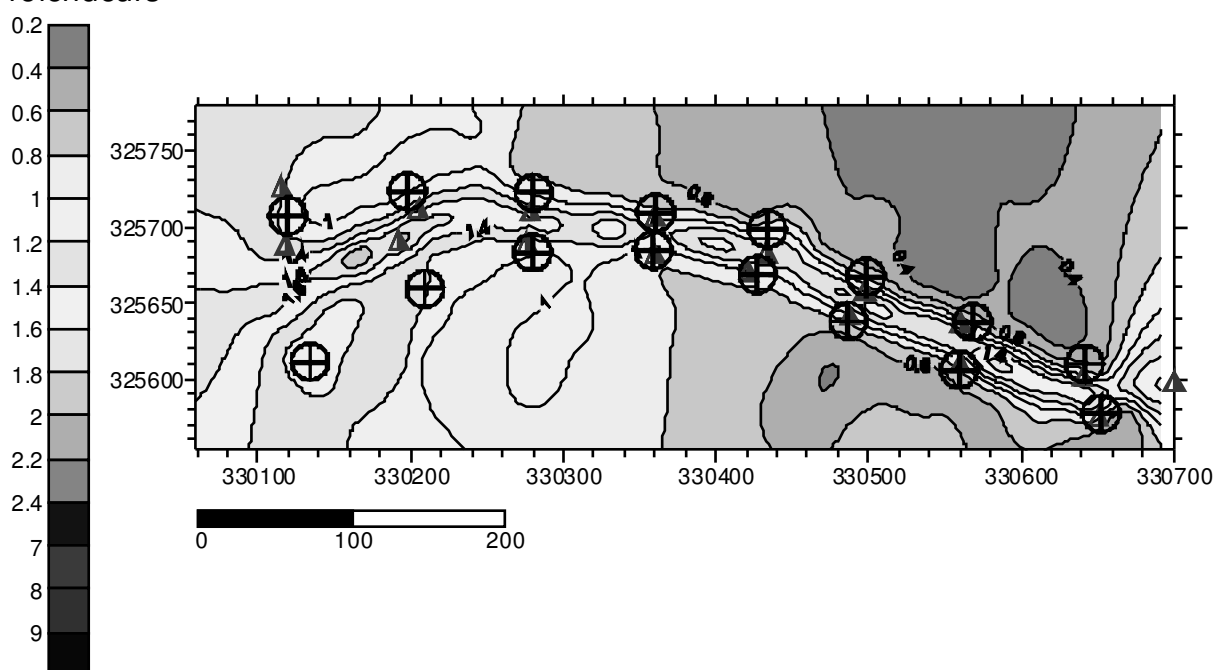
Figure 8b :

La partie sud-ouest du lac est caractérisée par la présence de deux flèches sableuses orientées vers le sud-est. La ligne de rivage orientée vers le nord-est est marquée par le prolongement

de plages sableuses. Des morphologies caractéristiques peuvent être observées telle la mise en place de croissant de plage indice d'une dynamique sédimentaire liée à l'agitation. L'entrée du Canal des Etangs au droit du Montaut est bordée d'accumulations sableuses constituant à l'est le prolongement des faibles pentes et profondeurs réduites de toute la rive est du lac, à l'ouest, un banc de sable constitue une plage se prolongeant dans le lac avec un point haut déconnecté de la rive dans sa partie centrale. Ce banc est séparé de la plage par un chenal de faible profondeur.

Zoom de l'entrée du port d'Hourtin : une modification de balisage à envisager

Profondeurs



Un levé de détail devant l'entrée du port d'Hourtin a permis de vérifier la validité du balisage actuel en le confrontant avec la morphologie des fonds. Il apparaît que le balisage en place est globalement correctement placé. Un ajustement est peut être préconisé notamment pour les deux couples de bouées positionnées le plus au large.

Le tableau ci-dessous donne les positions en Lambert III du balisage actuel et les positions préconisées (Figure 9a).

N° de Bouée	Positions actuelles		Positions souhaitables	
	X Lamb3	Y Lamb3	X Lamb3	Y Lamb3
N° 16	330115.61	325726.44	330119.4337	325707.0429
N° 15	330117.93	325688.65	330133.9647	325611.203
N° 14	330192.21	325691.43	330209.3972	325659.1764
N° 13	330205.08	325712.18	330197.858	325723.0697
N° 12	330275.85	325689.82	330280.556	325722.3218
N° 11	330278.96	325711.16	330279.9149	325683.1097
N° 10	330360.07	325682.82	330360.4761	325709.1798

N° 9	330360.21	325707.08	330358.9802	325684.4987
N° 8	330421.64	325671.13	330433.7717	325698.3885
N° 7	330433.59	325683.36	330427.2542	325668.5787
N° 6	330487.81	325641.61	330498.413	325667.0829
N° 5	330497.73	325658.65	330486.7668	325638.0211
N° 4	330559.93	325610.52	330568.1827	325637.38
N° 3	330560.73	325636.56	330559.4214	325606.0744
N° 2	330640.78	325602.59	330641.4784	325609.7072
N° 1	330650.77	325575.15	330652.3766	325577.1194

Les positions préconisées sont fournies ci-dessous en coordonnées géographiques couramment utilisées avec les GPS de navigation : système WGS84 (en degrés minutes décimales). (Figure 9b).

POINT15	1° 05,8585' O	45° 10,7843' N
POINT14	1° 05,8025' O	45° 10,8119' N
POINT13	1° 05,8133' O	45° 10,8461' N
POINT12	1° 05,7502' O	45° 10,8475' N
POINT11	1° 05,7494' O	45° 10,8264' N
POINT10	1° 05,6888' O	45° 10,8422' N
POINT9	1° 05,6892' O	45° 10,8289' N
POINT8	1° 05,6326' O	45° 10,8381' N
POINT7	1° 05,6366' O	45° 10,8218' N
POINT6	1° 05,5823' O	45° 10,8226' N
POINT5	1° 05,5902' O	45° 10,8067' N
POINT4	1° 05,5281' O	45° 10,8082' N
POINT3	1° 05,5338' O	45° 10,7911' N
POINT2	1° 05,4714' O	45° 10,7949' N
POINT1	1° 05,4620' O	45° 10,7776' N

Remarque : les bouées sont numérotées du port vers le lac, bouée N°1 à l'entrée du port babord en sortant.

Digitalisation de la carte ancienne et comparaison avec la carte actuelle :

La comparaison entre les cartes de 1931 et 2005 a fait l'objet de deux phases de travaux. Dans le cadre strict de l'étude, une première comparaison basée sur la digitalisation des sondes brutes de la carte de 1931 a montré de nombreux artefacts. Le travail a été repris dans le cadre d'un stage étudiant de master pour améliorer et compléter les informations de la carte ancienne. Ainsi, le présent rapport reprend en partie les travaux de C. Bermejo (master1 Envohl).

Moyens mis en œuvre :

La carte de 1931 du SHOM a été scannée en grand format afin d'éviter les déformations. Une recherche auprès du SHOM a permis de confirmer le système de géo-référencement appliqué sur cette carte. Le recalage entre les deux s'est donc effectué en deux étapes :

- géoréférencement dans le système ED50 (ellipsoïde de Hayford1909 + projection UTM)
- mesure de points in situ et ajustement entre les points mesurés sur le terrain et les mêmes points digitalisés sur la carte.

L'erreur de positionnement estimée dans le cas le plus défavorable est de 21 m en X et 21 m Y soit un écart de position pour un même point entre 1931 et 2005 de 29,7 m. Cette imprécision de positionnement entre les deux cartes est particulièrement sensible sur les comparaisons pour des secteurs où les pentes sont fortes (secteur ouest du lac en bordure de dunes).

Les sondes brutes, le contour du lac et les isobathes ont été digitalisés à l'écran à l'aide du logiciel de bathymétrie Hypack :

- sondes brutes sur cartes SHOM : 2218 points
- contour du lac : 1264 points
- isobathes : 1604 points

Recalages altimétriques 1929 – 2005 :

Une seconde difficulté ajoutée à l'imprécision du calage planimétrique entre les cartes concerne le calage altimétrique du plan d'eau. Après des recherches auprès de l'IGN, il s'avère qu'un écart altimétrique de 0.092 m est observé entre le système de référence au moment du levé de 1929 et le système de référence actuel. Il faut rajouter cette valeur à la cote du plan d'eau de 1929 (date de mesures) pour la connaître en IGN69 (référence actuelle).

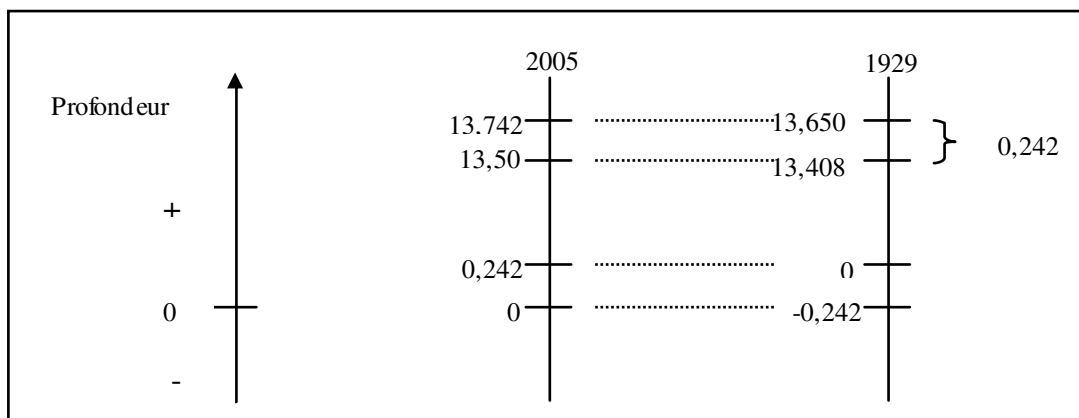


Figure 10 :

Les profondeurs sur la carte de 1931 sont annoncées pour une cote de plan d'eau de 13,65 m (référence 1929) soit 13,742 m (IGN69). Comme les profondeurs en 2006 sont rapportées à une cote de plan d'eau de 13,50 m IGN, il convient de retirer 0,242 m aux profondeurs de 1929.

Mise en forme de la carte

Carte de comparaison : choix du maillage et carte

A partir des données digitalisées, le calcul de maillage est strictement identique à celui réalisé pour la carte de levé général de 2006.

Les premières comparaisons ont montré des érosions aberrantes en bordure ouest du lac. Trois hypothèses pour expliquer ces artefacts :

- problème de décalage planimétrique ;
- problème de densité d'information insuffisante sur la carte ancienne et donc les érosions surprenantes seraient liées à des effets de calcul
- effet de bord sur les maillages

Les différents maillages prenant en compte ou non les contours du lac de 1929 et les isobathes ont été comparés avec un maillage calculé sur les seules données de sonde brute. L'ensemble des tests montre que les meilleurs résultats (diminution des érosions aberrantes) sont obtenus en réalisant un maillage à partir des sondes brutes + points digitalisés sur les isobathes et en forçant le maillage avec le contour du plan d'eau digitalisé et intégrer comme une ligne de rupture de pente.

Résultats :

Carte de comparaison des profondeurs

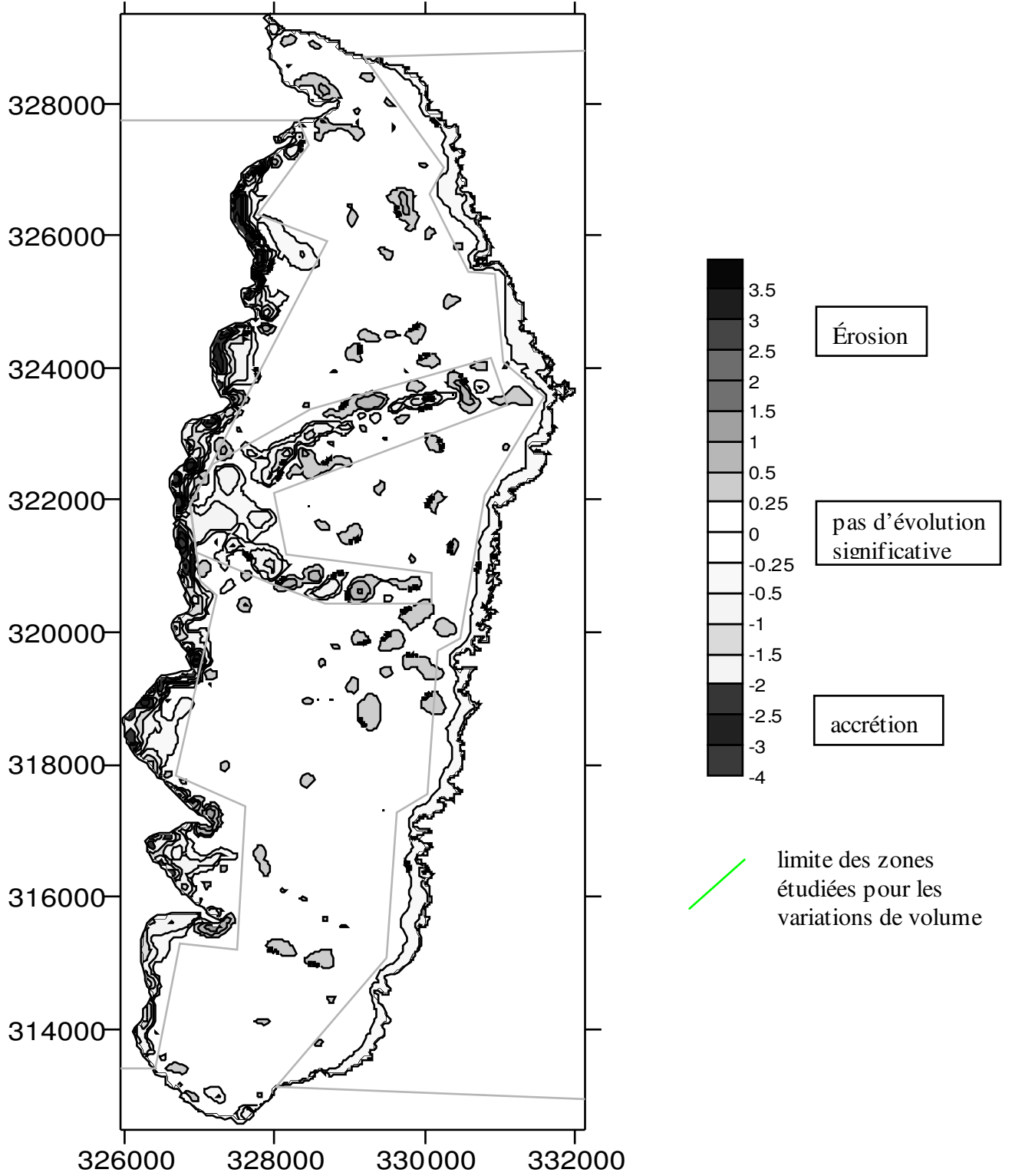
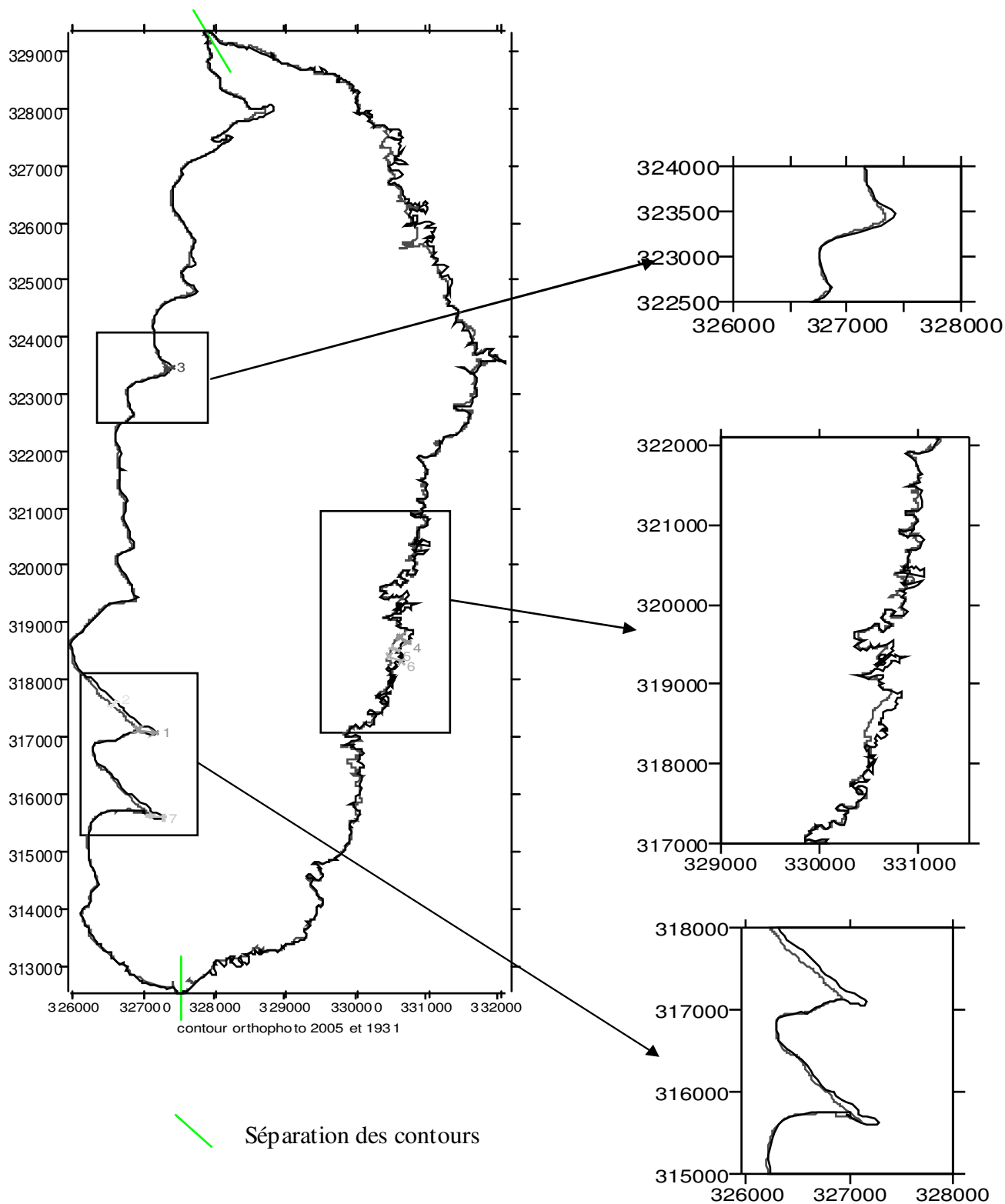


Figure 11 :

Carte d'évolution du contour du lac



Contours rouges : 2000 Contours noirs : 1931

Figure 12 :

Interprétation des différences

Evolution des profondeurs :

En raison des différentes imprécisions des mesures et des méthodes de comparaison, les évolutions sont considérées significatives pour des dépôts ou des érosions supérieurs à 0.25 m.

La carte d'évolution des profondeurs montre trois zones caractéristiques :

- une tendance à l'accrétion en pied de dune sur la rive ouest associée à une tendance au recul du rivage vers l'ouest;
- des dépôts dans les paléo-chenaux ;
- une sédimentation généralisée sur la rive est associée à une avancé de la ligne de rivage vers l'ouest.

Les calculs d'évolution volumétrique réalisés pour les trois zones précitées montrent :

Zone	Volume (m ³)	Surface (m ²)	Evolution alti. Moy (m)
Ouest	821.814	6.882.556	0,12
Est	630.267	5.371.780	0,12
Chenaux	1.392.033	5.395.799	0,26

Ces valeurs doivent être rapportées à 76 ans d'évolution. Ces chiffres doivent être pris avec beaucoup de précautions en raison des difficultés méthodologiques rencontrées.

Par ailleurs, les prélèvements superficiels réalisés sur les trois zones identifiées dans la comparaison montrent que les sédimentations les plus significatives observées dans les paléo-chenaux sont d'origine organique. L'épaisseur des dépôts n'a pas été mesurée. Un mélange de matière organique et de sédiments fins mélangés à du sable a été identifié sur les secteurs est et ouest.

Conclusions :

Cette étude a permis de réactualiser les données bathymétriques du lac de Carcans-Hourtin qui dataient de 1929. A l'issue du levé, une réactualisation (ou une confirmation) des dimensions du lac sont disponibles en mettant en œuvre des outils de mesures les plus récents. La constitution d'une base de XYZ précise pour les calculs hydrauliques concernant le lac est maintenant disponible.

Les travaux de comparaison avec la carte ancienne ont soulevé des difficultés méthodologiques qui ont permis de cerner les limites d'utilisation de ce type document ancien pour des approches quantitatives. Les évolutions mises en évidence doivent être considérer avec prudence. Les dépôts sont essentiellement constitués de matière organique qui se dépose dans les dépressions. Des analyses complémentaires basées sur des carottages, des prospections avec des sondeurs pénétrant dans le sédiment ou en encore un levé en sismique haute résolution permettraient de mieux appréhender l'évolution du lac.

Annexe : détail et comparaison des différentes méthodes de mesures du contour du lac.

Mesure sur l'orthophoto :

Le contour du lac a été digitalisé sur l'orthophoto de 2000, à l'aide du logiciel « hypack ». L'orthophoto correspond à une mosaïque de plusieurs clichés téléchargés sur le site « Siglittoral ». Lors du regroupement des clichés, la résolution qui a été choisie est de 2 m. Les prises de vues de ces clichés ont été effectuées début juin 2000 (contact avec l'IGN de St Médard-en-Jalles).

Mesure GPS :

Les mesures GPS ont été effectuées le 02/08/2005 entre la base UCPA et l'extrémité est de la plage de Maubuisson. Deux appareils ont été utilisés :

- un GPS naturel Garmin 12XL
- le GPS centimétrique Trimble 5700

Pour le Trimble, la base utilisée a été celle placée sur le toit de l'UCPA qui a servi aux travaux bathymétriques.

Le suivi du contour a été effectué à l'aide d'un canoë et les mesures ont été enregistrées en continu avec une fréquence de 5 secondes pour le Trimble et de 10 secondes pour le Garmin. La totalité du levé avec le GPS Garmin a été effectuée avec un canoë, avec le GPS Trimble, les parties accessibles ont été levées à pied. En raison des faibles profondeurs en bordure du lac, les mesures en canoë à environ 20m de la ligne de rivage puis corrigées a posteriori.

Comparaison entre les différentes méthodes :

Il est important de noter que le niveau du lac entre les clichés de l'orthophoto (juin 2000) et les levés au GPS (2 août 2005) est différent.

- Juin 2000 : environ 14,3 m (graphique du compte rendu du 19/07/2005)
- 2 Août 2005 : 13,72 m (lecture sur l'échelle au Montaut)

Par conséquent, le contour mesuré avec les GPS est nécessairement décalé vers l'intérieur du lac. Ce décalage est inversement proportionnel à la pente du fond du lac.

D'après la figure 1, on constate que pour les zones accessibles, les mesures avec le canoë ne permettent pas d'obtenir le véritable contour du lac. Cependant, pour les zones inaccessibles (roselières) cette méthode semble être la plus adaptée.

Entre le Garmin12XL (GPS « naturel ») et le Trimble5700 (GPS différentiel), on constate des écarts entre les positions compris entre 0,5 et 5m. Ils sont dus à l'imprécision de mesure du Garmin. Cette différence est moindre et respecte les normes constructeur.

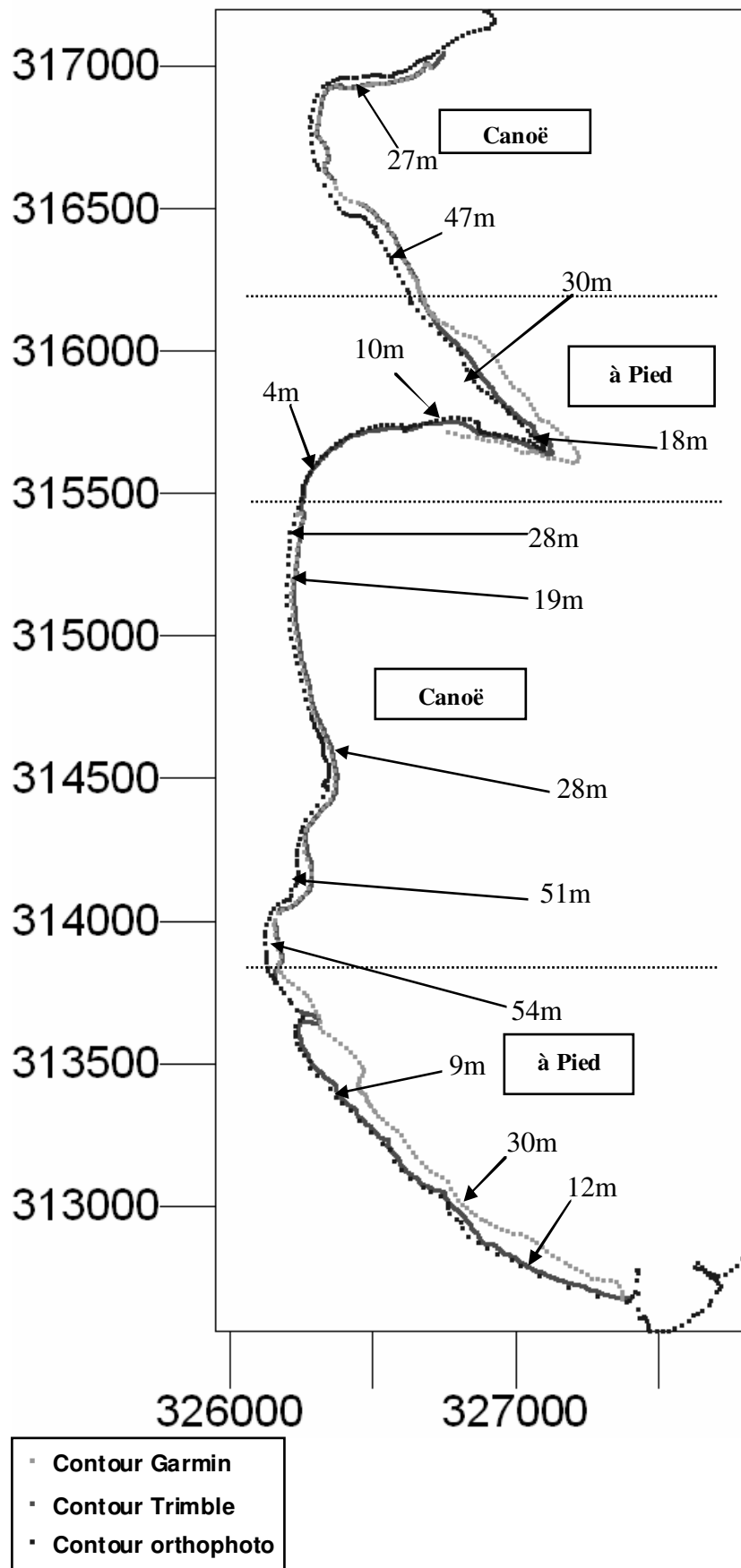


Figure 1 : Comparaison entre les différentes méthodes de relevé du contour du lac

Conclusions :

Les levés visant à définir un contour du lac à partir de la ligne de rivage doivent nécessairement prendre en compte le niveau du plan d'eau et le considérer dans un référentiel altimétrique connu.

Les mesures réalisées à l'aide d'un GPS fournissent une précision centimétrique à pluri métrique en fonction du type de GPS utilisé.

La digitalisation des contours sur l'orthophoto de l'IGN de 2000 permet d'identifier le contour du lac avec une précision au moins équivalente à celle du GPS Garmin12XL (GPS « naturel »). En raison de l'étendue de la zone à lever, des imprécisions liées aux mesures in situ (difficultés d'accéder à certains secteurs, problèmes de réception en bordure de rives couverts de pins ...), la digitalisation d'un contour sur l'orthophoto considérant un niveau de plan d'eau de 14,30 m IGN, a été la méthode retenue. Le contour ainsi digitalisé permet de contraindre le maillage et ainsi de limiter les distorsions sur les bordures inhérentes aux calculs d'interpolation.