



Litto3D[®] – v 1.0
Spécifications techniques
Version du document 1.5

Responsables du produit	Alexandre Pauthonnier – IGN/DPR/SBV Vincent Lamarre– SHOM/DOPS/MIP/BATHY/LITTO3D
Gestionnaires du document	Alexandre Pauthonnier – IGN/DPR/SBV Vincent Lamarre– SHOM/DOPS/MIP/BATHY/LITTO3D
Mots-clés	Littoral, altimétrie, bathymétrie, produit, hydrographie, cartographie, MNT, semis de points, base de données
Résumé	Ce document constitue les spécifications techniques de la base de données SHOM/IGN « Litto3D [®] »

Historique

Version	Date	Auteur(s)	Action
V 0.1	17/05/2008	Sébastien Saur - IGN	Création du document
V 0.1	11/06/2008	David Flamanc – IGN	Modifications
V 0.2	12/06/2008	Catherine Le Roux - SHOM	Modifications
V 0.3	24/06/2008	Sébastien Saur – IGN	Modifications
V 0.4	08/07/2008	Catherine Le Roux - SHOM	Modifications
V 0.5	08/09/2008	Sébastien Saur - IGN	Modifications
V 0.6	08/09/2008	Yves Pastol – SHOM	Modifications
V 0.7	16/09/2008	Sébastien Saur – IGN	Remarques du Comité de Pilotage Litto3D
V 1.0	25/09/2008	David Flamanc - IGN	Validation du Comité de Pilotage Litto3D
V 1.1	03/10/2008	David Flamanc - IGN	Modifications
V 1.2	03/10/2008	David Flamanc - IGN	Modifications
V 1.3	08/06/2009	Catherine Le Roux – SHOM	Correction système géodésique Mayotte
V 1.4	05/03/2012	Philippe Jolivet – IGN Yves Pastol – SHOM Vincent Lamarre – SHOM	Modifications, redéfinition des livrables
V 1.5	27/11/2012	A. Pauthonnier – IGN Y. Pastol – SHOM V. Lamarre – SHOM	Changement format semi de points

Sommaire

1. Introduction	4
2. Producteurs	4
3. Abréviations utilisées	4
4. Spécifications générales	4
4.1. Dénomination du produit	4
4.2. Définition du produit	5
4.3. Etendue du produit	5
4.3.1. Zones concernées	5
4.3.2. Emprise géographique	5
4.4. Systèmes de référence	6
4.4.1. Système de coordonnées bidimensionnelles	6
4.4.2. Système vertical	6
4.5. Techniques d'acquisition	7
4.6. Mise à jour	7
4.7. Métadonnées de produit	7
4.8. Protection militaire	7
4.9. Limites d'utilisation	7
5. Spécifications particulières : semis de points	7
5.1. Structure et contenu	7
5.1.1. Généralités	7
5.1.2. Structuration des données	7
5.2. Mode de fabrication	7
5.2.1. Données bathymétriques	8
5.2.2. Données topographiques	8
6. Spécifications particulières : modèle maillé	8
6.1. Structure et contenu	8
6.1.1. Généralités	8
6.1.2. Définition de la grille	9
6.1.3. Grille d'altitudes	9
6.1.4. Couches qualité	9
6.1.5. Cas des nœuds sans altitude	10
6.2. Mode de fabrication	10
6.3. Limites d'utilisation	10
7. Livraison	10
7.1. Découpage du produit	10
7.2. Formats de livraison	11
Annexe 1 aux spécifications techniques Litto3D®	12
Mode de fabrication du produit	12
Levés bathymétriques	12
Levés topographiques	13
Définition des zones d'acquisition SHOM et IGN	14
Annexe 2 aux spécifications techniques Litto3D®	15
Description de la fusion de données topo-bathy pour la constitution du produit « semis de points » Litto3D®	15
Contexte et objectif	15
Données initiales	15
Fusion des données et traitement des incohérences	16

1. Introduction

Conformément aux décisions du Comité Interministériel de la Mer (CIMER) d'avril 2003 et du Comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire (CIADT) de septembre 2004, confirmées par le CIMER du 08 décembre 2009, le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM) et l'Institut national de l'information géographique et forestière (IGN) se sont associés pour la constitution d'un référentiel géométrique tridimensionnel à haute résolution et continu terre-mer sur la bande littorale du territoire français. La base de données Litto3D[®] constitue ce référentiel. Le présent document spécifie les caractéristiques techniques de ce produit.

2. Producteurs

Les producteurs de la base de données Litto3D[®] sont :

- Le Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, établissement public de l'Etat à caractère administratif, dont le siège est au 13 rue du Chatellier – CS92803 - 29228 Brest Cedex 2
- L'Institut national de l'information géographique et forestière, établissement public de l'Etat à caractère administratif, dont le siège est au 73 avenue de Paris – 94165 Saint-Mandé Cedex

3. Abréviations utilisées

- IGN : Institut national de l'information géographique et forestière
- SHOM : Service hydrographique et océanographique de la marine
- MNT : Modèle Numérique de Terrain
- MNE : Modèle Numérique d'Élévation
- TdC : Trait de Côte
- TdCH : Trait de Côte HistoLitt
- CN : Courbe de Niveau (altitude IGN 69)
- CN0 : Courbe de niveau d'altitude zéro dans le système d'altitudes normales de la zone (cf 4.4.2)
- CB : Courbe Bathymétrique (profondeurs par rapport au zéro hydrographique)
- RGF93 : Réseau Géodésique Français 1993 (cf 4.4.1)
- BDBS : Base de Données Bathymétriques du SHOM
- LiDAR : Light Detection And Ranging, système aéroporté de mesure du terrain par balayage laser.
- SMF : Sondeur Multifaisceau

4. Spécifications générales

Ce paragraphe décrit les spécifications générales communes aux deux formes du produit Litto3D[®].

4.1. Dénomination du produit

La dénomination du produit est : **Litto3D[®]**.

4.2. Définition du produit

Le produit Litto3D[®] est une base de données altimétrique unique et continue terre-mer donnant une représentation tridimensionnelle de la forme et de la position du sol sur la frange littorale du territoire français (métropole, départements et collectivités d'Outre-Mer). Les éléments de sursol ne sont pas décrits dans ce produit : bâtiments, objets mobiles ou temporaires (véhicules par exemple), tabliers de pont, végétation, etc...

Il est disponible sous deux formes : un semis de points tridimensionnels et un modèle numérique de terrain maillé et qualifié.

4.3. Etendue du produit

4.3.1. Zones concernées

Les zones concernées par la base de données Litto3D[®] sont la France métropolitaine (y compris la Corse) et les départements et collectivités départementales d'Outre-Mer, c'est-à-dire l'archipel Guadeloupe, la Martinique, la Réunion, la Guyane, Mayotte et Saint-Pierre-et-Miquelon.

4.3.2. Emprise géographique

La base de données Litto3D[®] s'étend sur la frange littorale des zones concernées, selon les critères suivants :

- En mer, jusqu'à la courbe bathymétrique continue de profondeur 10 m (ligne « CB10 » sur la Figure 1) dans la limite de la zone de responsabilité hydrographique du SHOM. Les « trous¹ » éventuels pourront être inclus dans la zone couverte. L'emprise pourra être étendue au large, au plus jusqu'à 6 milles du TdCH, de façon à couvrir certaines zones d'intérêt reconnu et en fonction des conditions environnementales.
- En terre, jusqu'à la courbe de niveau continue d'altitude 10 m (ligne « CN10 » sur la Figure 1), et au minimum jusqu'à 2 km à l'intérieur des terres à partir du Trait de Côte HistoLitt (ligne « TdCH + 2 km » sur la Figure 1), dans la limite du territoire français augmenté d'une zone buffer de 500 m au delà des frontières. Les « trous² » éventuels pourront être inclus dans la zone couverte.

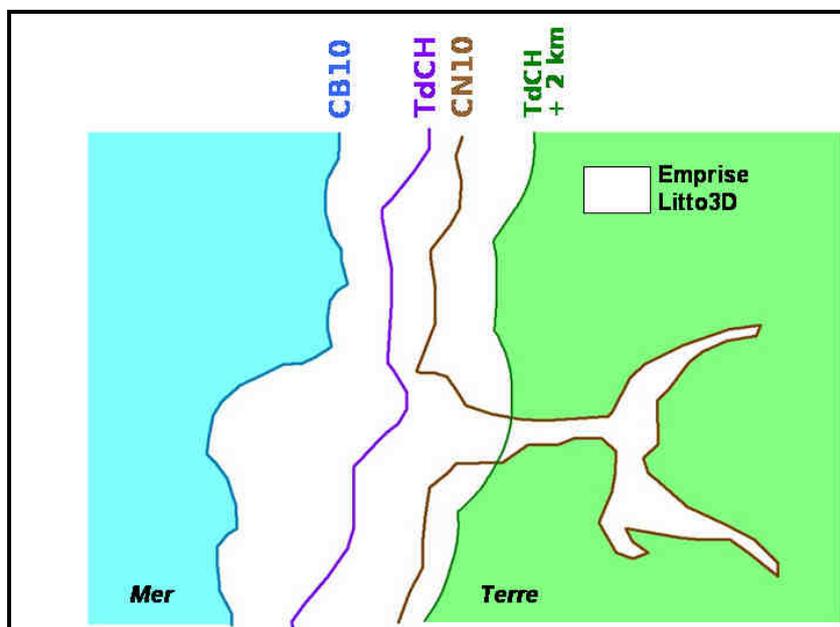


Figure 1 - Etendue géographique de la base de données Litto3D[®]

¹ On entend par « trou » une zone non comprise dans les spécifications, mais entièrement entourée par la zone à couvrir

² Idem ci-dessus, par exemple une colline de plus de 10 m d'altitude, à plus de 2 km du trait de côte, mais entièrement entourée de régions à moins de 10 m d'altitude.

La zone de couverture du produit est au minimum celle décrite ci-dessus. Des contraintes de production pourront amener à étendre cette couverture (généralisation de la limite ou inclusion de trous par exemple).

4.4. Systèmes de référence

Les systèmes de coordonnées planimétrique et altimétrique à employer sont fixés légalement : Décret n° 2006-272 du 3 mars 2006 modifiant le décret n° 2000-1276 du 26 décembre 2000 portant application de la loi n°95-115 du 4 février 1995.

4.4.1. Système de coordonnées bidimensionnelles

Le produit Litto3D® est disponible uniquement dans le système géodésique légal et dans la projection plane légale sur la zone concernée, Le tableau ci-dessous donne la liste des systèmes géodésiques légaux et des projections planes associées.

Zone	Système géodésique	Ellipsoïde	Méridien origine	Projections
<i>France métropolitaine</i>	RGF93	IAG GRS 80	Greenwich	Lambert 93
<i>Guadeloupe</i>	RRAF	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 20 nord
<i>Martinique</i>	RRAF	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 20 nord
<i>Guyane</i>	RGFG95	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 21 et 22 nord
<i>Mayotte</i>	RGM04	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 38 sud
<i>Réunion</i>	RGR92	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 40 sud
<i>Saint-Pierre-et-Miquelon</i>	RGSPM06	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 21 nord

4.4.2. Système vertical

Le système d'altitudes utilisé est toujours le système d'altitudes légal sur la zone, selon la liste donnée par le tableau suivant.

Zone	Type	Système
<i>France continentale</i>	Normale	IGN 1969
<i>Corse</i>	Normale	IGN 1978
<i>Archipel Guadeloupe</i>	<i>Grande Terre - Basse Terre</i>	Orthométrique IGN 1988
	<i>Marie-Galante</i>	Orthométrique IGN 1988 MG
	<i>La Désirade</i>	Orthométrique IGN 1992 LD
	<i>Les Saintes</i>	Orthométrique IGN 1988 LS
	<i>St Barthélemy</i>	Orthométrique IGN 1988 SB
	<i>St Martin</i>	Orthométrique IGN 1988 SM
<i>Guyane</i>	Orthométrique	NGG 1977
<i>Mayotte</i>	Orthométrique	SHOM 1953
<i>Martinique</i>	Orthométrique	IGN 1987
<i>Réunion</i>	Orthométrique	IGN 1989
<i>Saint-Pierre-et-Miquelon</i>	Orthométrique	Danger 50

4.5. Techniques d'acquisition

Les acquisitions font appel selon les zones à un LiDAR topographique, un LiDAR bathymétrique ou un sondeur multifaisceau. Les processus d'acquisition sont décrits en annexe 1.

4.6. Mise à jour

Le processus et la fréquence de mise à jour seront précisés lorsque la phase de production initiale sera suffisamment avancée.

4.7. Métadonnées de produit

Les métadonnées sont décrites au format XML suivant l'encodage défini par la norme ISO 19139. Ces métadonnées couvrent le produit, ainsi que le découpage thématique en lots de données du produit.

4.8. Protection militaire

Le produit Litto3D[®] fait l'objet de restrictions sur certaines zones contrôlées. A ce titre, aucune donnée ne sera fournie sur ces zones.

4.9. Limites d'utilisation

Le produit Litto3D[®] n'est pas adapté à la navigation.

5. Spécifications particulières : semis de points

5.1. Structure et contenu

5.1.1. Généralités

Le produit Litto3D[®] « semis de points » est composé d'un nuage de points validés de densité variable et dépendant du mode d'acquisition.

5.1.2. Structuration des données

Les semis de points sont enregistrés au format ASCII XYZC pour faciliter l'exploitation du produit. Pour chaque triplet XYZ on associe un code spécifique (4^{ème} colonne du fichier ASCII) permettant de retrouver l'origine de la donnée.

Les valeurs utilisées sont :

- 2 LiDAR Topo
- 100 LiDAR Bathy
- 105 SMF
- 110 OTIS

5.2. Mode de fabrication

Le processus de fusion des données topographiques et bathymétriques est décrit en annexe.

5.2.1. Données bathymétriques

Les données de la zone maritime proviennent des données acquises par laser bathymétrique ou par sondeur multifaisceau et archivées dans la BDBS. Un choix de sonde est effectué sur les données provenant du sondeur multifaisceau afin de ramener la densité des sondes à un maximum d'une sonde tous les mètres. Aucun choix n'est effectué sur les données acquises au LiDAR bathymétrique.

5.2.2. Données topographiques

Les données topographiques servant à la réalisation du MNT sont constituées des points LiDAR de la classe « LiDAR Topo » obtenus à la fin du processus de traitement LiDAR.

Il arrive que sur certaines zones de forêt tropicale dense (Martinique, Guadeloupe, Réunion) ou méditerranéennes (maquis), le signal LIDAR n'atteigne le sol qu'en très peu d'endroits. Dans ces zones, la reclassification interactive (cf. p15) étant très délicate voire impossible un traitement direct sur le MNT est réalisé. Il s'agit de retrancher au MNE LIDAR, un modèle de correction représentant la hauteur moyenne de la canopée. Ce modèle de correction se calcule en faisant la différence sur la zone entre un modèle numérique des points hauts et un modèle numérique des points bas (sous-échantillonnés à 10m). Le modèle ainsi obtenu est à la fois bruité et discontinu. Une série de filtres est alors appliquée à la fois pour atténuer l'aspect bruité et pour interpoler dans les zones sans valeur corrective calculée. Les points du MNT obtenus par cette méthode sont identifiés comme éléments de la classe « OTIS » (Outil de Traitement Interactif du Sursol).

6. Spécifications particulières : modèle maillé

6.1. Structure et contenu

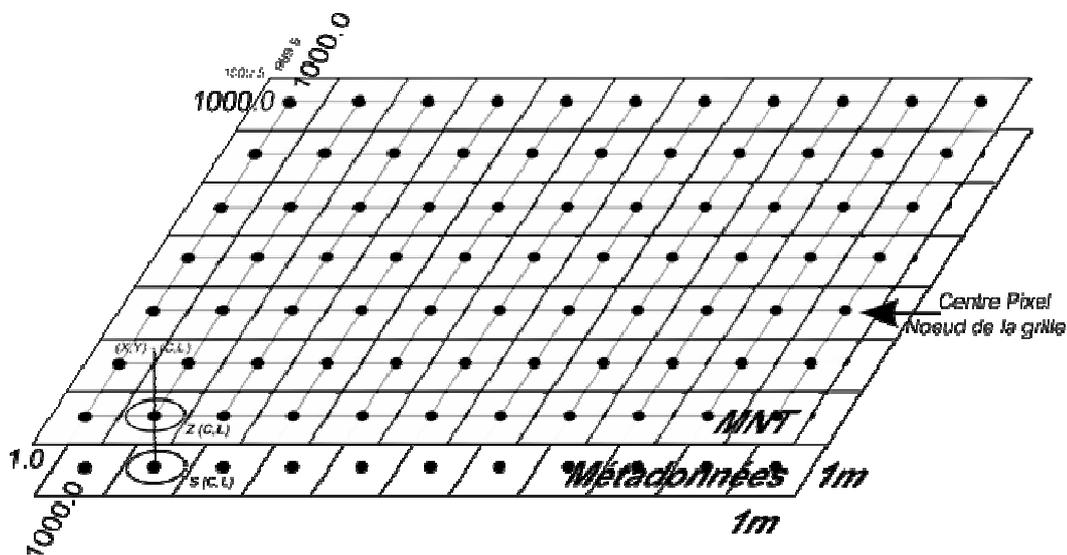
6.1.1. Généralités

Le produit Litto3D® « modèle maillé » est composée d'une grille rectangulaire dont chaque nœud est doté de trois attributs : un attribut MNT et deux attributs de qualification de donnée.

A un nœud de la grille correspond des numéros de colonne et de ligne (c,l) et des coordonnées bidimensionnelles (X,Y). L'attribut MNT fournit l'altitude Z(c,l) et les deux autres l'information qualitative Q(c,l).

Pour le MNT il est à noter que les coordonnées x et y associées aux nœuds sont des valeurs métriques entières.

Pour les informations qualitatives (métadonnées) fournies sous forme raster : chaque pixel étant parfaitement superposable à la grille, les coordonnées du centre du pixel sont aussi des valeurs métriques entières, elles sont donc décalées de 50cm en X et en Y par rapport à l'angle NO du pixel.



6.1.2. Définition de la grille

La grille commune aux couches se définit complètement à l'aide des éléments suivants :

- les coordonnées planimétriques du premier nœud de la grille (angle nord-ouest ou point d'origine)
- le pas en colonne : distance entre deux nœuds consécutifs sur une ligne horizontale de la grille
- le pas en ligne : distance entre deux nœuds consécutifs sur une colonne verticale de la grille
- le nombre de lignes et de colonnes de la grille.

Les coordonnées du point d'origine et les pas en colonne et en ligne sont donnés en mètres.

Par convention et par souci de simplification, on convient que les axes de la grille correspondent aux axes du système de coordonnées et que le pas en colonne et en ligne est identique.

Le produit modèle maillé Litto3D[®] est au pas de 1 m, il peut être mis à disposition au pas de 5 m.

6.1.3. Grille d'altitudes

Le MNT fournit la liste des altitudes pour chaque nœud de la grille.

Les altitudes sont données dans l'unité du système d'altitude employé.

6.1.4. Couches qualité

Le MNT est accompagné de deux couches fournissant des métadonnées localisées. Chaque couche s'appuie sur la même grille régulière que le MNT, et fournit pour chaque nœud de la grille une valeur numérique entière correspondant à une information précise.

Attribut Source

Les nœuds du MNT sont qualifiés par la source ayant majoritairement servi au calcul, la densité d'acquisition peut être précisée.

S	=	0	pas de données
S	=	30	LiDAR Bathy
S	=	39	LiDAR Bathy, interpolation > 10 m
S	=	40	SMF
S	=	49	SMF, interpolation > 10 m
S	=	50	LiDAR Topo densité acquisition non renseignée ou inférieure à 1 pt / m ²
S	=	5n	LiDAR Topo densité d'acquisition n points au m ² .
S	=	59	LiDAR Topo, interpolation > 10 m
S	=	60	Translation en Z à partir du MNE LiDAR Topo densité acquisition non renseignée ou inférieure à 1 pt / m ²
S	=	6n	Translation en Z à partir du MNE LiDAR Topo densité d'acquisition n points au m ² .
S	=	68	LiDAR Topo sans corrections interactives
S	=	69	Point fictif
S	=	70	Origines multiples produit Litto3D

Attribut Distance

L'attribut Distance fournit pour chaque nœud une évaluation de la distance entre le nœud considéré et les différents points connus servant à calculer son altitude. Cette distance est exprimée en mètres les valeurs peuvent être les suivantes :

D	=	255	Nœud sans altitude
D	=	254	Nœud en raccord
D	=	253	Sans objet (BD Alti [®] , MNT externes,...)
D	=	0	Distance d'interpolation inférieure à 1 m
D	=	n	Distance d'interpolation en mètres

6.1.5. Cas des nœuds sans altitude

Il peut arriver que la grille couvre des zones pour lesquelles l'altitude n'est pas connue (absence de données, zone en dehors de l'emprise, ...). Dans ce cas, les nœuds concernés sont identifiés de la manière suivante :

- Dans le MNT la valeur d'altitude donnée est celle correspondant par convention à une altitude non valide. : -99999
- Dans la couche SOURCE la valeur S est mise à 0.
- Dans la couche DISTANCE, la valeur D est mise à 255.

6.2. Mode de fabrication

Le produit Litto3D[®] « modèle maillé » est dérivé du produit Litto3D[®] « semis de points », par interpolation des nœuds de la grille régulière dans le semis de points. Cette interpolation est faite au pas du MNT 1 m (5 m sur demande auprès de l'IGN) par triangulation des points du semis.

6.3. Limites d'utilisation

Le produit Litto3D[®] « modèle maillé » n'est qu'une représentation interpolée de la surface du sol et n'est pas strictement conforme à la réalité, en particulier dans les zones où les données initiales sont peu denses ou absentes.

Il est conçu pour une utilisation à des échelles comprises entre le 1 : 5 000 et le 1 : 50 000.

7. Livraison

7.1. Découpage du produit

Le découpage du produit en dalles suit un carroyage de 1x1 km.

Une dalle du produit Litto3D[®] « modèle maillé » au pas de 1 m est donc constituée d'une grille de 1000 x 1000 nœuds.

Une dalle est définie par :

1. L'appartenance au produit Litto3D
2. L'identifiant de la zone concernée :
 - FRA : France métropolitaine
 - GUA : Guadeloupe
 - MAR : Martinique
 - MAY : Mayotte
 - SPM : Saint-Pierre-et-Miquelon
 - REU : Réunion
 - GUY : Guyane
3. Les coordonnées en km de l'angle NO de la dalle
4. Son contenu (semi de points, MNT, couches qualité)
5. La date de réalisation du produit (assure l'unicité de la dalle)
6. L'appartenance à un système de référence de coordonnées bidimensionnelles
7. L'appartenance à un système de référence d'altitudes

Pour la France Continentale pour une zone de 1 km² cela donne 5 fichiers (1 semi de points + 1 MNT + 2 couches qualité + 1 fichier texte de métadonnées)

1. LITTO3D_FRA_XXXX_YYYY_PTS_AAAAMMJJ_Lamb93_IGN69.xyz (Semi de points)
2. LITTO3D_FRA_XXXX_YYYY_MNT_AAAAMMJJ_Lamb93_IGN69.asc (MNT à 1 m)
3. LITTO3D_FRA_XXXX_YYYY_SRC_AAAAMMJJ_Lamb93_IGN69.tif (Couche qualité – Sources associée au modèle maillé à 1 m)
4. LITTO3D_FRA_XXXX_YYYY_DST_AAAAMMJJ_Lamb93_IGN69.tif (Couche qualité – Distances associée au modèle maillé à 1 m)
5. LITTO3D_FRA_XXXX_YYYY_MTD_AAAAMMJJ_Lamb93_IGN69.txt (Métadonnées au format texte)

Sur demande, le produit peut être disponible avec un modèle maillé au pas de 5 m, le fichier du semi de points restant quant à lui inchangé.

7.2. Formats de livraison

Les dalles du produit Litto3D[®] « semis de points » sont livrées au format ASCII XYZ :

Item	Format	Size	Required
X	long	4 bytes	*
Y	long	4 bytes	*
Z	long	4 bytes	*
Classification	unsigned char	1 byte	*

Classification Value	Meaning
2	LiDAR Topo
100	LiDAR Bathy
105	SMF
110	OTIS

Les dalles du produit Litto3D[®] « modèle maillé » sont livrées au format ASC :

```
ncols 1000
nrows 1000
xllcenter 706000.000
yllcenter 1635001.000
cellsize 1.0000
nodata_value -99999
461.820 461.430 461.220 461.030 460.840 460.710 461.460 461.490 461.830 462.360 462.890 463.420
463.730 463.570 463.580 463.630 463.690 463.750 463.800 463.860 463.920 463.970 464.030 464.280
464.560 464.840 465.110 465.390 465.670 465.950 466.230 466.340 466.280 466.220 466.150 466.090
466.020 465.960 465.950 465.940 465.930 465.920 464.730 463.490 462.390 461.840 461.280 460.730
460.180 459.630 459.080 458.520 457.970 457.420 456.870 456.320 455.760 455.210 454.660 454.110
453.550 452.710 452.540 452.400 451.870 451.340 450.800 450.270 449.730 449.200 448.660 448.130
447.600 447.060 446.530 445.990 445.460 444.930 444.390 443.860 443.320 442.790 442.250 441.720
```

Les images représentant les couches qualité sont fournies au format GeoTIFF 8 bits (<http://trac.osgeo.org/geotiff/>).

L'IGN fournit l'utilitaire IGNMap pour exploiter ce type de couche.

Annexe 1 aux spécifications techniques Litto3D®

Mode de fabrication du produit

Le produit Litto3D® est issu de nouveaux levés bathymétriques et topographiques.

Levés bathymétriques

Les levés bathymétriques sont réalisés par les technologies LiDAR bathymétrique ou sondeur multifaisceau (SMF). Ils concernent dans tous les cas les terres immergées. Le LiDAR bathymétrique ne peut pénétrer la mer que sous certaines conditions de clarté de l'eau. Il permet également d'acquérir de la donnée sur les terres émergées avec de moins bonnes résolutions et précisions que le LiDAR topographique, sauf dans le cas particulier des LiDAR mixtes topo-bathymétriques pour lesquels le mode topo offre des performances (densité, précision) proches de celles des LiDAR topographiques dédiés.

LiDAR bathymétrique

La technique du LiDAR est basée sur l'émission d'impulsions d'ondes lumineuses à partir d'un laser aéroporté. Elle permet de mesurer des profondeurs d'eau pour le laser bathymétrique ou les formes du terrain pour le laser topographique. Les distances sont calculées à partir du temps mis par le signal réfléchi pour parvenir au récepteur.

La source laser bathymétrique émet un rayonnement visible dans le vert à 532 nm et un rayonnement dans le proche infrarouge à 1064 nm. Le signal infrarouge qui ne pénètre quasiment pas dans l'eau est réfléchi en surface tandis que le signal vert qui a le coefficient d'atténuation dans l'eau le plus faible permet de détecter les fonds marins.

Les principaux avantages offerts par le LiDAR bathymétrique sont :

- la capacité à cartographier rapidement de grandes zones et sa complémentarité par rapport aux sondeurs multifaisceaux. Le LiDAR évite notamment la lourdeur liée à l'accumulation de grandes quantités de données lors de fauchées SMF réalisées par petits fonds. Néanmoins, les performances maximales du LiDAR sont de l'ordre de 70m en eaux très claires et il fournit moins de détails que le SMF sur les fonds marins ;
- la possibilité de sonder des zones dangereuses ou inaccessibles par voie maritime ;
- la facilité pour sonder en presque continuité la bande d'eau côtière et la zone intertidale ;
- la rapidité de mise en œuvre du système de sondage.

Les caractéristiques des systèmes bathymétriques et de leur mise en œuvre sont :

- une vitesse de vol comprise entre 50 et 120m/s ;
- une altitude de vol comprise entre 200 et 700m ;
- des profondeurs sondées comprises entre 0,2 et 70m ;
- des résolutions de sondes variant entre 2x2, 6x6 (mxm) ;
- une largeur de fauchée comprise entre 50 et 300m en fonction de la densité de sondes choisie ;
- une fréquence d'acquisition très variable (1kHz pour le SHOALS-1000, 3kHz pour le SHOALS-3000, 1kHz (4kHz) pour le Hawk Eye II, 1kHz pour le LADS MkII, 1,4 kHz pour le LADS MkIII). D'une manière générale, le LiDAR bathymétrique opère à une fréquence plus faible que le système topographique car l'eau est un milieu plus dense que l'air et la puissance des impulsions est plus élevée.

Afin de déterminer des hauteurs dans un repère absolu (hauteur rapportée à un ellipsoïde), un LiDAR bathymétrique doit être associé à un système de positionnement (GPS par exemple) et une centrale d'attitude.

Les principales limitations d'emploi sont la turbidité et le déferlement.

L'acquisition Litto3D® est réalisée pour fournir au minimum un point / 25 m².

Des images aériennes sont acquises simultanément aux données LiDAR.

Les précisions à 95% sont de 2,80 en planimétrie et 50 cm en altimétrie (après transformation dans le système altimétrique légal).

Sondeur multifaisceau

Les sondeurs multifaisceaux sont des systèmes acoustiques de cartographie des fonds marins, composés d'antennes fixées sur la coque des navires. Ces systèmes permettent de mesurer la profondeur en réalisant une exploration totale des fonds marins le long d'une bande parallèle à la route du navire.

La technique utilisée repose sur l'émission d'une impulsion sonore dont la forme est assimilable à celle d'un éventail ouvert perpendiculairement à la route du navire. Les profondeurs sont déduites du temps mis par l'onde sonore pour parcourir le trajet navire/fond/navire.

La plupart des sondeurs multifaisceaux fonctionnent selon la technique dite des « faisceaux croisés » : une impulsion sonore est émise au travers d'un lobe d'émission étroit dans la direction longitudinale (typiquement de l'ordre de 1 à 5 degrés) et large transversalement (typiquement 150 degrés). Pour chaque faisceau de réception, la zone du fond explorée - ou pastille insonifiée - est l'intersection entre le lobe d'émission et le faisceau de réception.

Les caractéristiques principales d'un sondeur multifaisceau sont :

- Sa fréquence acoustique : fréquence de l'impulsion sonore émise. La fréquence détermine la portée du sondeur multifaisceau. L'amortissement du son dans l'eau augmente très vite avec la fréquence ;
- Son nombre de faisceaux, qui varie, selon les équipements, d'une dizaine à plusieurs centaines ;
- Son ouverture angulaire, qui représente la largeur angulaire de la fauchée (angle entre les faisceaux extrêmes), qui varie en général de 90° à 150° ;
- La largeur angulaire des faisceaux, qui varie de 0,5 à 5 degrés ;
- La répartition spatiale de ses faisceaux.

Afin de déterminer des sondes dans un repère absolu (profondeur rapportée à une référence géodésique associée à une position géographique), un sondeur multifaisceau doit être associé à un système de positionnement (GPS par exemple), une centrale d'attitude, un bathycélérimètre et un célérimètre de coque.

Les précisions à 95% sont de l'ordre de 2m en planimétrie et de 40 cm en altimétrie.

Mise en base de données

Ces données sont intégrées dans la Base de Données Bathymétriques du SHOM (BDDBS). La BDDBS est une base de données qui rassemble les mesures de profondeur disponibles sous forme numérique au SHOM.

Levés topographiques

Les levés topographiques concernent exclusivement les terres émergées au moment du levé. Les levés sont réalisés par la technologie LiDAR topographique aéroporté (ou LiDAR topo).

Rappel du principe du LiDAR

Un LiDAR topo est un distance-mètre laser (dans les longueurs d'onde proche infra-rouge) porté par un vecteur aérien (un avion en général). La position de l'avion et son orientation absolue (ou attitude) est donnée par un système de positionnement composé d'un récepteur GPS et d'une centrale inertielle. Le laser émet des impulsions à haute fréquence (quelques dizaines de kiloHertz). Un système de balayage (en général un miroir oscillant) dévie le faisceau laser de part et d'autre de la trace de l'avion, de façon à couvrir une bande de terrain en un seul passage.

Les principaux paramètres du système, qui influent sur la densité de points obtenus au sol, sont les suivants :

- La vitesse et la hauteur de vol ;
- L'angle maximal et la fréquence de balayage ;
- La fréquence des impulsions laser.

Par exemple, pour un vol à 80 m/s et à 900 m, avec une fréquence de balayage de 45 Hz à +/- 22° et des impulsions à 100 kHz, on obtient une densité au sol de 2 points/m².

La précision altimétrique d'un levé LiDAR est principalement limitée par celle de la trajectographie. Elle est de l'ordre de 15 à 20 cm (à 95%) en règle générale.

La précision planimétrique dépend directement de la hauteur de vol, et est de l'ordre de 20 à 50 cm (à 95%) selon cette dernière.

Acquisition des données

Densité des points

L'acquisition LiDAR est réalisée de telle façon qu'elle fournisse en moyenne 2 impulsions/m².

Contraintes horaires

Les seules contraintes prises en compte pour déterminer les plages horaires acceptables pour l'acquisition LiDAR sont celles liées aux hauteurs d'eau (hauteur comprise entre 20% et 50% du marnage, déterminée au cas par cas). Ceci ne concerne que les axes de vols sur l'estran. Il n'y a aucune limitation horaire pour l'acquisition des axes de vol situés à l'intérieur des terres, sous réserve que les images acquises simultanément soient exploitables.

Acquisition d'images numériques

Des images aériennes sont acquises simultanément aux données LiDAR, avec une résolution sol comprise entre 10 et 50 cm.

Précision

Les précisions (EMQ) par impulsion requises pour le levé LiDAR sont de 20 cm en altimétrie et 50 cm en planimétrie.

Processus de traitement

A l'issue de l'acquisition, les différentes étapes sont réalisées :

- Calcul de la trajectographie du vecteur aérien ;
- Mise en géométrie du nuage de points LiDAR (y compris passage en coordonnées planes et altitudes) et recalage relatif du nuage de points LiDAR ;
- Classification automatique et interactive du nuage de points LiDAR, de façon à ne conserver que des points situés effectivement au sol.

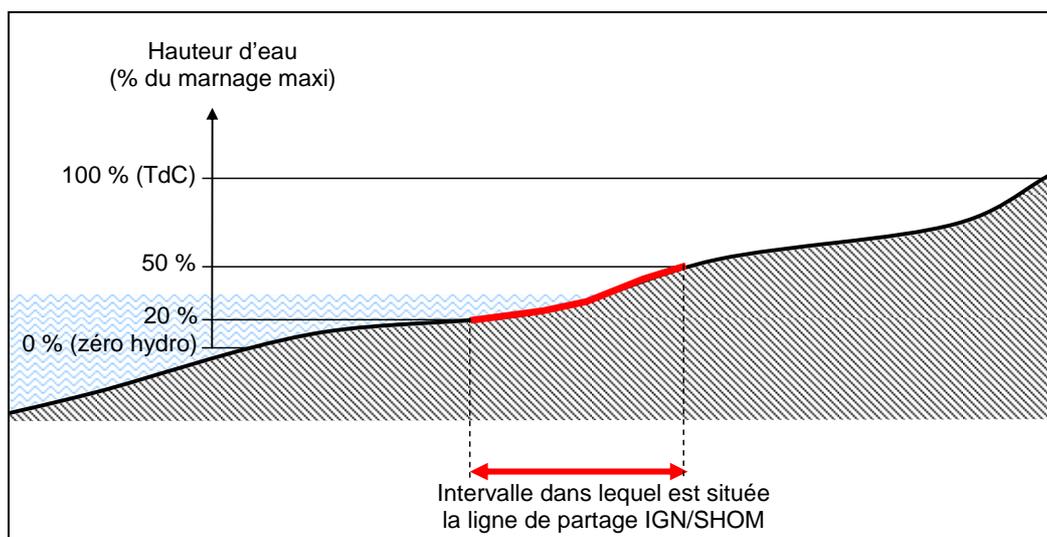
Mise en base de données

Ces données sont intégrées dans la base de données RGEAlti de l'IGN. Le RGEAlti est la composante altimétrique du RGE.

Définition des zones d'acquisition SHOM et IGN

Les emprises de ces zones ne peuvent être définies précisément a priori. Elles seront établies au cas par cas en fonction de la topographie locale et du régime de marée.

Pour chaque région, une ligne de partage est définie. Elle correspond à la position de la laisse de mer pour une hauteur d'eau (au dessus du zéro hydrographique, voir comprise entre 20 % et 50 % du marnage maximal. Un recouvrement d'au moins 300 m est prévu.



Annexe 2 aux spécifications techniques Litto3D®

Description de la fusion de données topo-bathy pour la constitution du produit « semis de points » Litto3D®

Contexte et objectif

Le processus de fusion consiste, à partir de données issues des processus de l'IGN et du SHOM, à générer un semis de points unique, conforme aux spécifications Litto3D®.

Pour cela, il est nécessaire de s'assurer que les deux sources de données sont cohérentes dans leur description du terrain. En particulier, il ne doit pas subsister de point topo à la surface de l'eau ; la continuité et le bon raccord des données au niveau de l'interface terre-mer doivent être assurées. En terrain émergé, il faut également s'assurer que les différentes acquisitions décrivent la même surface, malgré les possibles décalages temporels entre ces différentes acquisitions.

La fusion s'effectue après un traitement individuel des données topo et bathy :

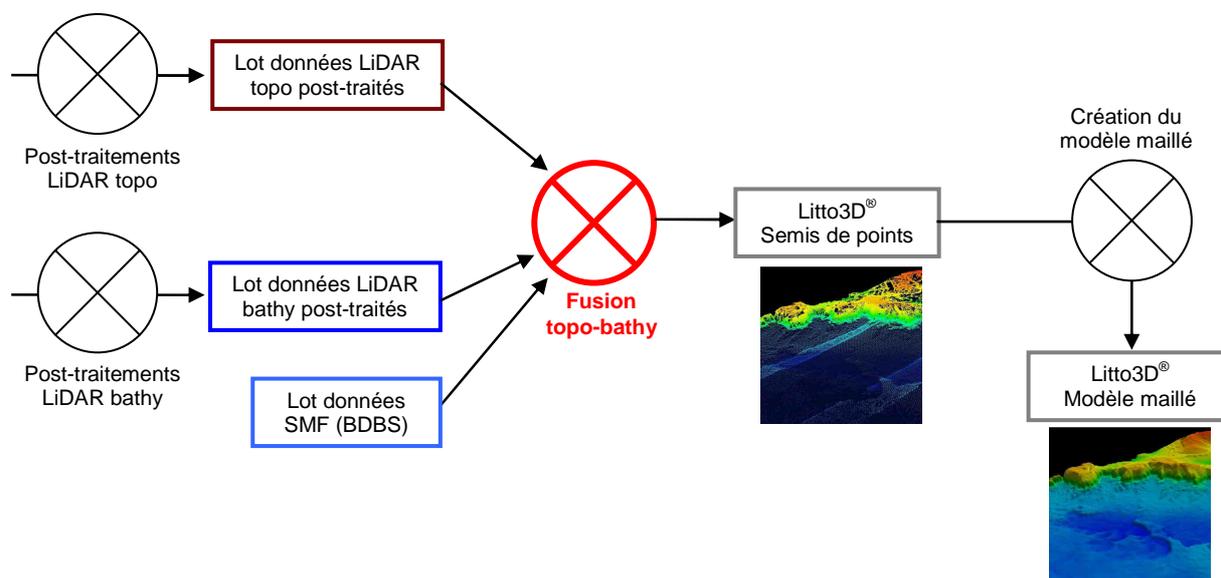


Figure 3 – Schéma de la fusion des données topo & bathy

Données initiales

Au SHOM

Les données maritimes sont issues de levés LiDAR bathymétriques ou de compléments au sondeur multi-faisceau (SMF) :

- lot de données LiDAR bathy post-traitées : ensemble des points validés et qualifiés décrivant le fond marin mais également les terres émergées situées dans les emprises des vols (le LiDAR bathymétrique fournissant également des mesures sur les terres émergées). Ces données « topographiques » sont également validées par le SHOM jusqu'au niveau du trait de côte HistoLitt® ;
- lot de données SMF : éventuels levés de compléments réalisés par le SHOM.

A l'IGN

Le lot de données LiDAR topo post-traitées contient l'ensemble des points validés et qualifiés décrivant le sol (les éléments de sursol sont filtrés). Les surfaces d'eau ont été identifiées comme telles mais de façon approchée (une incertitude subsiste sur la position de la limite d'eau sur l'estran, incertitude qui sera levée lors de la fusion avec les données maritimes en utilisant la redondance de données dans cette zone).

Fusion des données et traitement des incohérences

La fusion des données topo et bathy est réalisée selon les principes suivants:

1. Le SHOM livre les données bathymétriques post-traitées à l'IGN qui s'occupe de l'intégration et de la reprojection planimétrique si nécessaire des points LiDAR bathy et SMF.
2. Selon que le trait de côte est stable (zone rocheuse ou artificialisée par exemple) ou évolutif (plage de sable soumise à des phénomènes d'érosion par exemple), et en fonction des dates des différentes acquisitions disponibles, le processus de fusion diffère :

➤ Cas des zones stables :

Les données LiDAR topo (plus précises et plus denses) sont privilégiées sur les zones émergées.

➤ Cas des zones évolutives :

Une frontière, correspondant à l'intersection des levés LiDAR topo et bathy, est définie. Cette intersection représente la limite de cohérence des deux levés, et correspond physiquement à la portion stable du littoral. En deçà de cette frontière, les données LiDAR bathy sont utilisées pour décrire le domaine maritime mais également les terres émergées contiguës. Au-delà de cette frontière, les données LiDAR topo sont privilégiées. Cette méthode permet d'assurer une description continue de l'interface terre-mer et fidèle à une situation réelle à un instant donné.

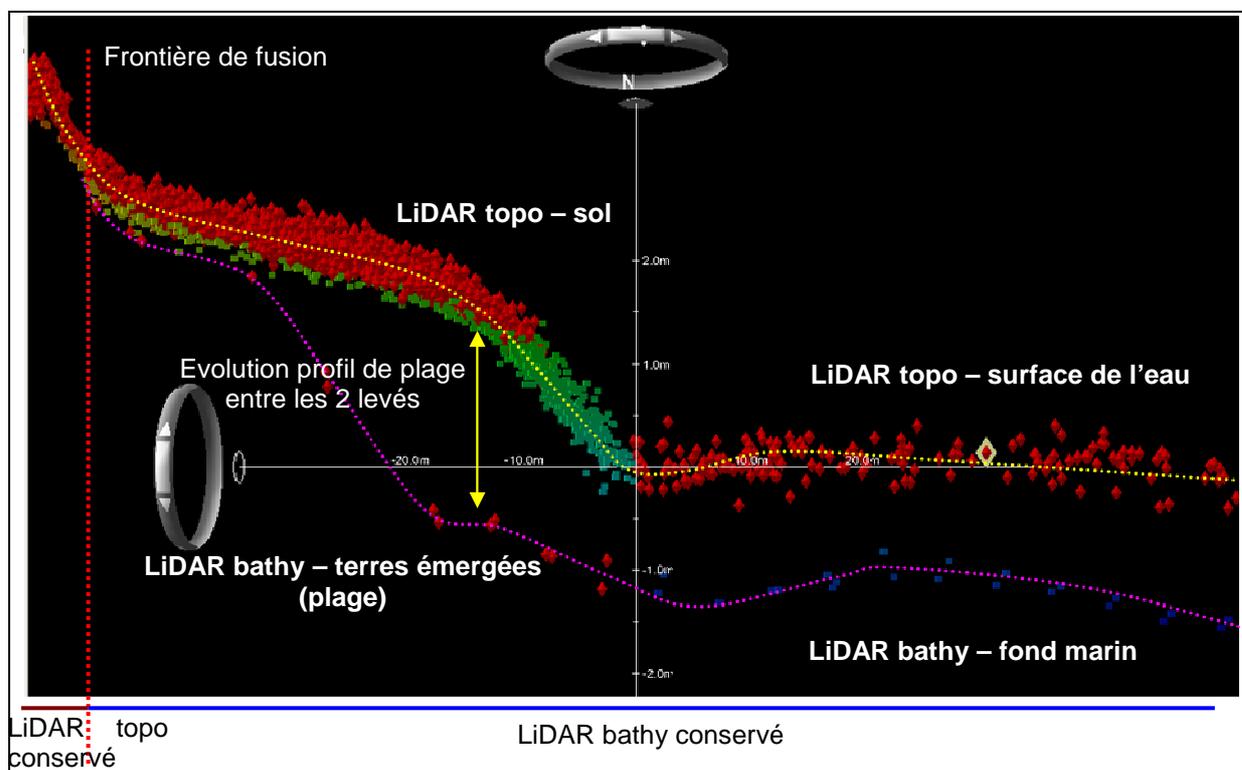


Figure 4 - évolution du terrain entre les levés topo et bathy

3. Une fois la fusion réalisée, le semi de points fusionnés est transmis au SHOM pour validation.
4. Après convergence et accord des deux partenaires, le semi de points Litto3D[®] final est généré. Les modèles maillés sont calculés par l'IGN à partir du semi de points. Le découpage en dalles est effectué, les métadonnées sont générées.