

# Litto3D®

## Version 1.0

### Descriptif de contenu

Date du Document : Janvier 2015



[www.shom.fr](http://www.shom.fr)  
[www.ign.fr](http://www.ign.fr)



**IGN**  
INSTITUT NATIONAL  
DE L'INFORMATION  
GÉOGRAPHIQUE  
ET FORESTIÈRE

# SOMMAIRE

<b>SOMMAIRE .....</b>	<b>2</b>
<b>1. GÉNÉRALITÉS .....</b>	<b>4</b>
1.1 Ce que contient ce document .....	4
1.2 Introduction .....	4
1.3 Producteurs.....	4
1.4 Abréviations utilisées .....	4
1.5 Termes et définitions.....	5
<b>2. SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES .....</b>	<b>6</b>
2.1 Dénomination du produit.....	6
2.2 Définition du produit.....	6
2.3 Étendue du produit.....	6
2.3.1 Zones concernées.....	6
2.3.2 Emprise géographique .....	6
2.4 Systèmes de référence .....	7
2.4.1 Système de coordonnées bidimensionnelles.....	8
2.4.2 Système vertical .....	8
2.5 Techniques d'acquisition .....	8
2.6 Mise à jour du produit .....	9
2.7 Métadonnées du produit .....	9
2.8 Protection militaire .....	9
2.9 Qualité des données.....	9
2.10 Limite d'utilisation.....	9
<b>3. SPÉCIFICATIONS PARTICULIÈRES : SEMIS DE POINTS.....</b>	<b>10</b>
3.1 Structure et contenu.....	10
3.1.1 Généralités .....	10
3.1.2 Structuration des données .....	10
3.2 Mode de fabrication .....	12
3.2.1 Données bathymétriques .....	12
3.2.2 Données topographiques .....	12
3.3 Qualité des données.....	12

<b>4. SPÉCIFICATIONS PARTICULIÈRES : MODÈLE MAILLÉ</b>	13
4.1 Structure et contenu	13
4.1.1 Généralités	13
4.1.2 Définition de la grille	13
4.1.3 Grille d'altitude	14
4.1.4 Couches qualité	14
4.1.4.1 <i>Attribut Source</i>	14
4.1.4.2 <i>Attribut Distance</i>	14
4.1.5 Cas des nœuds sans altitude	15
4.2 Mode de fabrication	15
4.3 Qualité des données	15
4.4 Modélisation des surfaces d'eau	15
4.4.1 Cas des estuaires, des fleuves, des cours d'eau	15
4.4.2 Cas des étendues d'eau de type lacustre (étangs, lacs, marais, etc.)	18
4.4.3 Cas des bassins portuaires	19
<b>Annexe A : Tableau des précisions</b>	20
<b>Annexe B : Détail des Systèmes de Référence</b>	21
<b>Annexe C1 : Représentation colorimétrique du masque des sources</b>	25
<b>Annexe C2 : Représentation colorimétrique du masque des distances</b>	26
<b>Annexe D : Mode de fabrication du produit</b>	27
1. Levés bathymétriques	27
2. Levés topographiques	29
Rappel du principe du LiDAR	29
Acquisition des données	29
Densité des points	29
Contraintes horaires	29
Acquisition d'images numériques	29
Précision	29
Processus de traitement	29
3. Définition des zones d'acquisition SHOM et IGN	30
<b>Annexe E : Description de la fusion de données topo-bathy pour la constitution du produit « semis de points » Litto3D®</b>	31
1. Contexte et objectif	31
2. Données initiales	31
Au SHOM	31
A l'IGN	32
3. Fusion des données et traitement des incohérences	32

# 1. GÉNÉRALITÉS

## 1.1 Ce que contient ce document

Ce document décrit en termes de contenu, de précision géométrique et de qualité sémantique, les caractéristiques du produit Litto3D®.

Ce document ne décrit pas le produit Litto3D® en termes de structure de livraison qui est traitée dans le document appelé « Descriptif de livraison » (*DL\_Litto3D.pdf*).

Le terme Litto3D® fait référence au produit Litto3D® Version 1.0 dans l'ensemble de ce document.

Ce document n'est pas non plus un manuel d'utilisation du produit Litto3D®.

## 1.2 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.

## 1.3 Producteurs

Les producteurs de la base de données Litto3D® sont :

- Le Service hydrographique et océanographique de la marine, établissement public de l'État 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'État à caractère administratif, dont le siège est au 73 avenue de Paris – 94165 Saint-Mandé Cedex.

## 1.4 Abréviations utilisées

- BDDBS : Base de Données Bathymétriques du SHOM
- CB : Courbe Bathymétrique (profondeurs par rapport au zéro hydrographique)
- CN : Courbe de Niveau
- CNX : Courbe de niveau d'altitude X dans le système d'altitudes normales de la zone
- LiDAR : Light Detection And Ranging, système aéroporté de mesure du terrain par balayage laser.
- MNT : Modèle Numérique de Terrain
- SMF : Sondeur Multifaisceaux
- TCH, TdCH : Trait de Côte HistoLitt

## 1.5 Termes et définitions

**Altitude** : Distance verticale d'un point à une surface de référence. La surface de référence usuelle est le géoïde qui est une surface équipotentielle du champ de pesanteur proche du niveau moyen de la mer. Pratiquement, chaque pays définit sa propre référence (par exemple, à l'aide d'un marégraphe national - en France le marégraphe de Marseille).

**Altitude normale** : Altitude obtenue en divisant la cote géopotentielle d'un point par la valeur moyenne de la pesanteur normale à mi-altitude, comptée le long de la ligne de force du champ normal du point considéré. L'altitude normale dépend du choix d'un ellipsoïde de référence mais pas de la répartition des masses dans la croûte terrestre.

**Altitude orthométrique** : Altitude obtenue en divisant la cote géopotentielle d'un point par la valeur moyenne de la pesanteur réelle entre le géoïde et le point considéré, comptée le long de la ligne de force du champ de pesanteur. L'altitude orthométrique d'un point s'interprète comme la longueur de la ligne de force reliant ce point au géoïde. La surface de référence des altitudes orthométriques est donc, en théorie, le géoïde. Mais comme la variation de l'intensité de la pesanteur à l'intérieur de la croûte terrestre n'est pas mesurable en pratique, on la modélise et les altitudes orthométriques ne peuvent pas être exactement calculées.

**EMQ ou Erreur Moyenne Quadratique** : Calcul statistique utilisé généralement, s'agissant de données géographiques, pour qualifier la précision d'un positionnement. Il s'agit de la mesure de la dispersion des observations autour de la valeur vraie (correspond à l'anglais Root Mean Square ou rms). L'emq est le plus souvent exprimée en unité terrain.

**Géoïde** : Surface équipotentielle du champ de pesanteur terrestre voisine du niveau moyen de la mer au repos.

**LIDAR ou Light Detection And Ranging** : Système de mesure de terrain par balayage laser. Il est pris ici systématiquement au sens de Lidar aéroporté : système permettant de mesurer la distance entre un point d'un avion et des points au sol.

**Litto3D®** : 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.

**MNT ou Modèle Numérique de Terrain** : Ensemble de points référencés en planimétrie et en altimétrie doté d'une méthode d'interpolation modélisant le relief du sol sous forme numérique. Les données du MNT peuvent être structurées de différentes façons : grille de points, réseau de triangles, polygones matérialisant des courbes de niveaux. Note : les MNT dont il est fait mention dans ce document sont exclusivement des données exprimées sous forme d'une grille régulière de points.

**RIG ou Références Internes Géodésiques** : Ensemble de codes propres à l'IGN qui décrivent les systèmes de références de coordonnées utilisés par les produits de l'IGN (exemple : LAMB93 pour Lambert-93).

**TCH ou Trait de Côte Histolitt** : Le trait de côte correspond à la laisse des plus hautes mers dans le cas d'une marée astronomique de coefficient 120 et dans des conditions météorologiques normales (pas de vent du large, pas de dépression atmosphérique susceptible d'élever le niveau de la mer). Le produit TCH modélise cette entité théorique par un ensemble de polygones 2D.

## 2. SPÉCIFICATIONS GÉNÉRALES

### 2.1 Dénomination du produit

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

### 2.2 Définition du produit

Le produit Litto3D® est une base de données altimétriques 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.

### 2.3 Étendue du produit

#### 2.3.1 Zones concernées

Les zones concernées par le produit Litto3D® sont la France métropolitaine (y compris la Corse) et certains 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.

La constitution du référentiel Litto3D® est le fruit de partenariats entre les collectivités territoriales, le SHOM et l'IGN. Il n'y a pas de programmation globale sur tout le territoire. L'avancement dépend donc directement de la mise en œuvre de ces partenariats régionaux.

#### 2.3.2 Emprise géographique

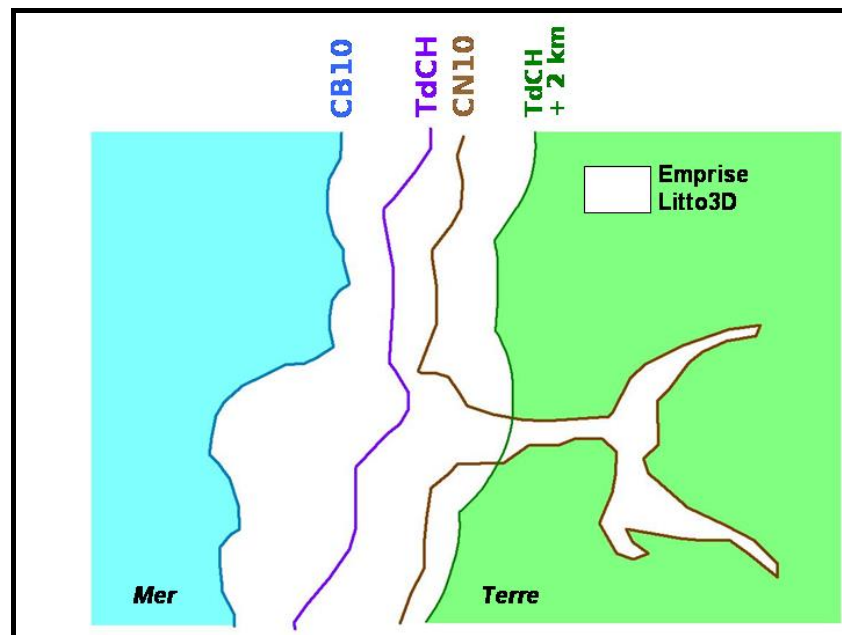
La base de données Litto3D® s'étend sur la frange littorale des zones concernées, selon les critères suivants :

- En mer, jusqu'à la courbe bathymétrique continue de profondeur 10 m (ligne « CB10 » sur la **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**) dans la limite de la zone de responsabilité hydrographique du SHOM. Les « trous<sup>1</sup> » éventuels pourront être inclus dans la zone couverte. L'emprise pourra être étendue au large, au plus jusqu'à 6 milles du TCH, 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 **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**), et au minimum jusqu'à 2 km à l'intérieur des terres à partir du Trait de Côte HistoLitt (ligne « TCH + 2 km » sur la **Erreur ! Référence non valide pour un signet.**), dans la limite du territoire français augmentée d'une zone buffer de 500 m au-delà des frontières. Les « trous<sup>2</sup> » éventuels pourront être inclus dans la zone couverte.

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

<sup>2</sup> Idem ci-après, 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.

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



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).

Cas particuliers des DOM insulaires (Réunion, Guadeloupe, Martinique, Mayotte, Saint-Pierre-et-Miquelon) : l'intérieur de ces îles (appelé également « cœur de l'île ») fait partie du produit Litto3D®. Ces DOM sont intégralement couverts dans leur partie terrestre par les données altimétriques : les MNT sont calculés au pas de 1m pour Guadeloupe, Martinique, Mayotte, Saint-Pierre-et-Miquelon, et 5m pour la Réunion (données n'ayant pas pu être acquises avec une précision suffisante pour calculer un MNT au pas de 1m).

## 2.4 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.

### 2.4.1 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
France métropolitaine	RGF93	IAG GRS 80	Greenwich	Lambert 93
Guadeloupe	WGS84	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 20 nord
Martinique	WGS84	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 20 nord
Guyane	RGFG95	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 21 et 22 nord
Mayotte	RGM04	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 38 sud
Réunion	RGR92	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 40 sud
Saint-Pierre-et-Miquelon	RGSPM06	IAG GRS 80	Greenwich	UTM 21 nord

### 2.4.2 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
France continentale		Normale	IGN 1969
Corse		Normale	IGN 1978
Archipel Guadeloupe	Grande Terre - Basse Terre	Orthométrique	IGN 1988
	Marie-Galante	Orthométrique	IGN 1988 MG
	La Désirade	Orthométrique	IGN 1992 LD
	Les Saintes	Orthométrique	IGN 1988 LS
	St-Barthélemy	Orthométrique	IGN 1988 SB
	St-Martin	Orthométrique	IGN 1988 SM
Guyane		Orthométrique	NGG 1977
Mayotte		Orthométrique	SHOM 1953
Martinique		Orthométrique	IGN 1987
Réunion		Orthométrique	IGN 1989
Saint-Pierre-et-Miquelon		Orthométrique	DANGER 1950

## 2.5 Techniques d'acquisition

Les acquisitions font appel selon les zones à un LiDAR topographique, un LiDAR bathymétrique, un LiDAR mixte ou un sondeur multifaisceaux. Les processus d'acquisition sont décrits en [Annexe D](#).



## 2.6 Mise à jour du produit

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

## 2.7 Métadonnées du 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. Le fichier de métadonnées est accessible en ligne sur le géocatalogue sur la page Litto3D® (<http://www.geocatalogue.fr/geocat/>).

## 2.8 Protection militaire

Le produit Litto3D® fait l'objet de restrictions sur certaines zones contrôlées. Les données fournies sur ces zones sont dégradées conformément à la réglementation en vigueur ou aux spécifications de l'autorité gestionnaire.

## 2.9 Qualité des données

Ainsi qu'indiqué au § 2.2, le produit Litto3D® existe sous plusieurs formes : un semis de points 3D et des MNT grille aux pas de 1m et 5m.

Toutes ces données sont issues de campagnes d'acquisition spécifiques, en l'occurrence de levés LiDAR aéroportés topographiques, bathymétriques ou mixtes ou encore de levés SMF.

Les éléments relatifs à la qualité géométrique de chacun de ces levés sont donnés en [Annexe A](#) et [D](#).

## 2.10 Limite d'utilisation

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

## 3. SPÉCIFICATIONS PARTICULIÈRES : SEMIS DE POINTS

### 3.1 Structure et contenu

#### 3.1.1 Généralités

Le produit Litto3D® « semis de points » est composé d'un nuage de points validés de densité variable et dépendant du mode d'acquisition. Ce semis de points résulte d'un filtrage destiné à modéliser le sol et les surfaces d'eau dans les zones dépourvues d'acquisition bathymétrique.

#### 3.1.2 Structuration des données

Chaque point possède les attributs suivants :

- x
- y
- z
- classe
- intensité du signal retour<sup>3</sup>
- temps GPS absolu<sup>4</sup>

#### x,y,z

Les coordonnées projetées (X, Y) et l'altitude (Z) sont exprimées dans le système de référence légal de la zone géographique du produit. Un tableau de l'ensemble des systèmes de référence est proposé en [Annexe B](#).

#### Classe

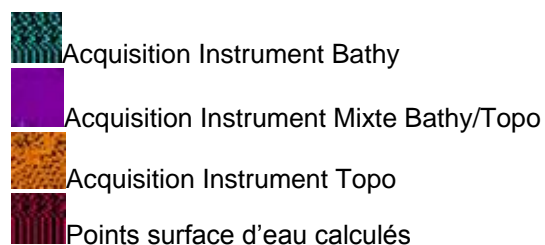
Ainsi qu'indiqué au § 3.1.1, le semis de points ne contient que des points sol ou de surface d'eau (dans les zones dépourvues d'acquisitions bathymétriques). La classe permet de différencier :

- les points sol issus d'une mesure ; ces points sont codés à
  - 20 : mesurés par un lidar mixte topo/bathy
  - 30 : mesurés par un lidar bathy
  - 40 : mesurés par un sondeur multifaisceaux
  - 50 : mesurés par un lidar topo
- les points eau calculés figurant les surfaces d'eau ; ces points sont codés à 60
- les points sol calculés dans les zones de couvert végétal étendues où seule la canopée a pu être mesurée ; ces points sont codés à 65
- les points sol saisis pour contraindre la modélisation (piles de ponts) ; ces points sont codés à 70

Pour des besoins de modélisation du MNT, en l'absence d'acquisitions bathymétriques des points virtuels à la surface de l'eau sont générés dans les ports, les estuaires, les plans d'eau de plus d'un hectare ainsi que sur les cours d'eau de largeur supérieure à 10m (cf. § 4.4).

---

<sup>3</sup> L'information n'est pas fournie systématiquement



### Temps absolu (attribut optionnel)

La valeur du temps du point est exprimée en temps standard GPS moins 1 000 000 000 (où le temps standard GPS correspond au nombre de secondes écoulées depuis le 06/01/1980 à 00 :00 :00 UTC). Ainsi la valeur 0 dans ce référentiel correspond à la date du 14/09/2011 à 01 :46 :25 en UTC, soit 1315964785 en temps POSIX.

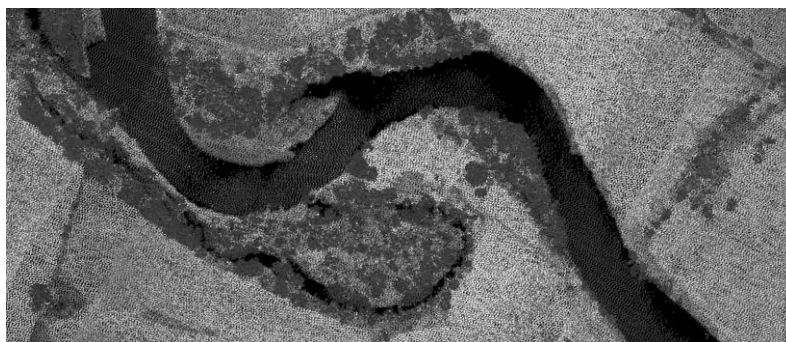
Temps absolu	Date correspondante
0.000000	14/09/2011
<b>50841147.520792</b>	<b>24/04/2013</b>

*Illustration du temps absolu*

Valeur par défaut du temps absolu : 0

### Intensité (attribut optionnel)

C'est une valeur sans unité qui indique l'intensité du signal retour lors de l'acquisition. Cette valeur est conditionnée par la calibration de l'instrument, l'angle d'incidence à la surface de l'objet rencontré et la nature de ce dernier.



*Illustration d'un nuage de point colorisé par intensité*

Ci-dessous une illustration des intensités relatives en fonction des éléments détectés :

Valeur basse	Valeur intermédiaire	Valeur haute
Goudron	Terre battue	Sable blanc

Valeur par défaut de l'intensité : 0.

## 3.2 Mode de fabrication

Le processus de fusion des données topographiques et bathymétriques est décrit en [Annexe E](#). Il consiste à mettre en commun les points sol topographiques et bathymétriques et à déterminer dans la zone de recouvrement lesquels conserver de façon à modéliser sans discontinuité le terrain.

### 3.2.1 Données bathymétriques

Les données de la zone maritime proviennent des données acquises par laser bathymétrique, par laser mixte topo-bathymétrique ou par sondeur multifaisceaux et archivées dans la BDDBS.

Aucun choix de sonde n'est effectué sur ces données, la densité des données sources validées et qualifiées est conservée.

Les points sol retenus et figurant dans le semis de points Litto3D<sup>®</sup> sont identifiés par les codes de classe 20, 30 et 40.

### 3.2.2 Données topographiques

Les données de la zone terrestre proviennent des données acquises par laser topographique ou bien par laser mixte topo / bathy. Les points sol retenus et figurant dans le semis de points Litto3D<sup>®</sup> sont identifiés par les codes de classe 20 et 50.

En zone de couvert végétal dense (ex : Réunion), le sol est modélisé localement par une translation en Z des points décrivant la canopée, la valeur de la translation en Z à appliquer étant estimée à partir des points pour lesquels le sol peut être mesuré. Sur ces zones, les points sol ainsi modélisés et figurant dans le semis Litto3D<sup>®</sup> sont identifiés par le code de classe 65.

Des points sol fictifs (classe 70) sont également saisis au pied des piles de ponts pour contraindre la modélisation et assurer l'écoulement des eaux.

Dans les estuaires, les ports et les surfaces d'eau de plus d'un hectare, la surface de l'eau est modélisée par des points fictifs calculés à partir des mesures effectuées sur les berges. Les points en question figurant dans le semis de points Litto3D<sup>®</sup> sont identifiés par le code de classe 60.

## 3.3 Qualité des données

Les éléments relatifs à la qualité géométrique des semis de points sont donnés en [Annexes A et D](#). Le mode de fabrication du produit est décrit en [Annexes D et E](#).

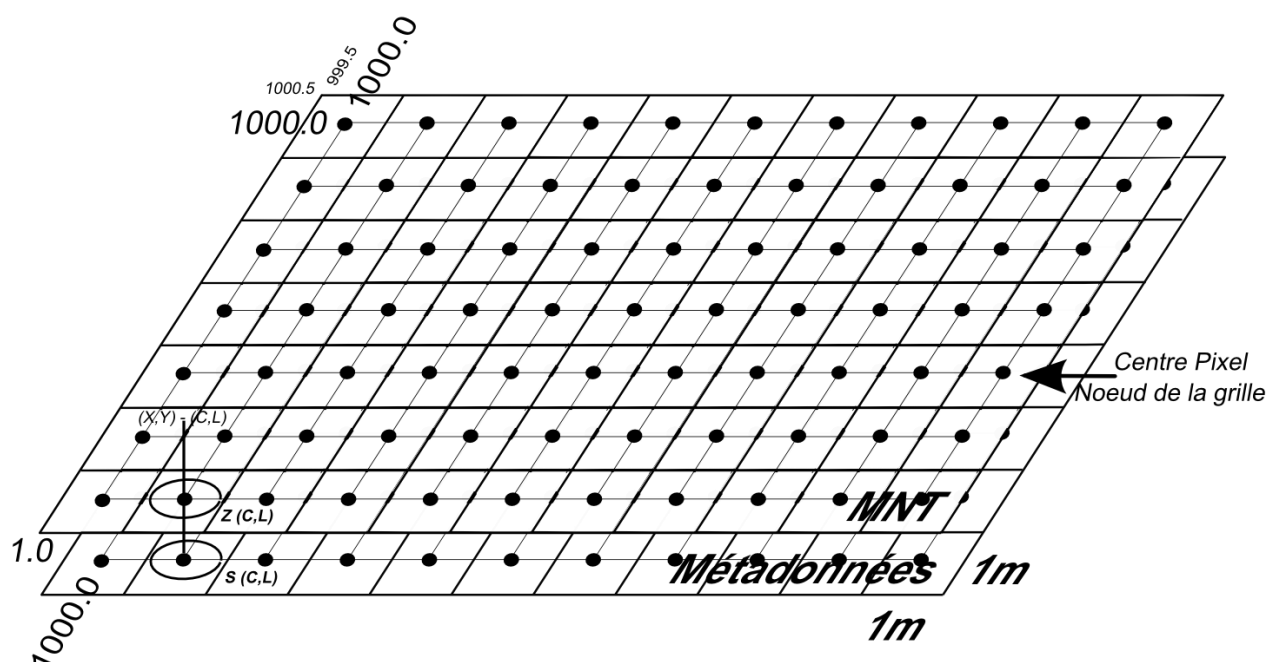
## 4. SPÉCIFICATIONS PARTICULIÈRES : MODÈLE MAILLÉ

### 4.1 Structure et contenu

#### 4.1.1 Généralités

Le produit Litto3D® « modèle maillé » est composée de deux grilles aux pas respectifs de 1m et 5m. Le MNT 1m est accompagné de métadonnées sous forme de deux grilles raster (masques *source* et *distance*).

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.



#### 4.1.2 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.



### 4.1.3 Grille d'altitude

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.

### 4.1.4 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.

#### 4.1.4.1 Attribut Source

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

#### Source LIDAR IGN & SHOM :

S	=	0	Aucune donnée
S	=	28	LiDAR mixte Topo Bathy
S	=	29	LiDAR mixte Topo Bathy interpolation > 10m
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 <sup>2</sup>
S	=	5n	LiDAR Topo densité d'acquisition n points au m <sup>2</sup> .
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 <sup>2</sup>
S	=	6n	Translation en Z à partir du MNE LiDAR Topo densité d'acquisition n points au m <sup>2</sup> .
S	=	68	LiDAR Topo sans corrections interactives
S	=	69	Point fictif
S	=	70	Origines multiples produit Litto3D

#### 4.1.4.2 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

#### 4.1.5 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.

## 4.2 Mode de fabrication

Le produit Litto3D® « modèle maillé » au pas de 1m est dérivé du produit Litto3D® « semis de points ». Les points sont triangulés sans contrainte particulière côté terre ; côté mer, les triangles de plus de 50 mètres de côté sont exclus. Le MNT est généré par interpolation des nœuds de la grille régulière sur le modèle triangulé.

Le produit Litto3D® « modèle maillé » au pas de 5m est obtenu par décimation 1/n du modèle maillé au pas de 1m.

Cas particuliers : lorsqu'un chantier présente globalement une densité de points sol critiquelement faible (zones de forêt tropicale, grands fonds), la production du MNT 1m peut ne pas être assurée.

## 4.3 Qualité des données

Les éléments relatifs à la qualité géométrique du MNT sont donnés en [Annexes A](#) et [D](#). Le mode de fabrication du produit est décrit en [Annexes D](#) et [E](#).

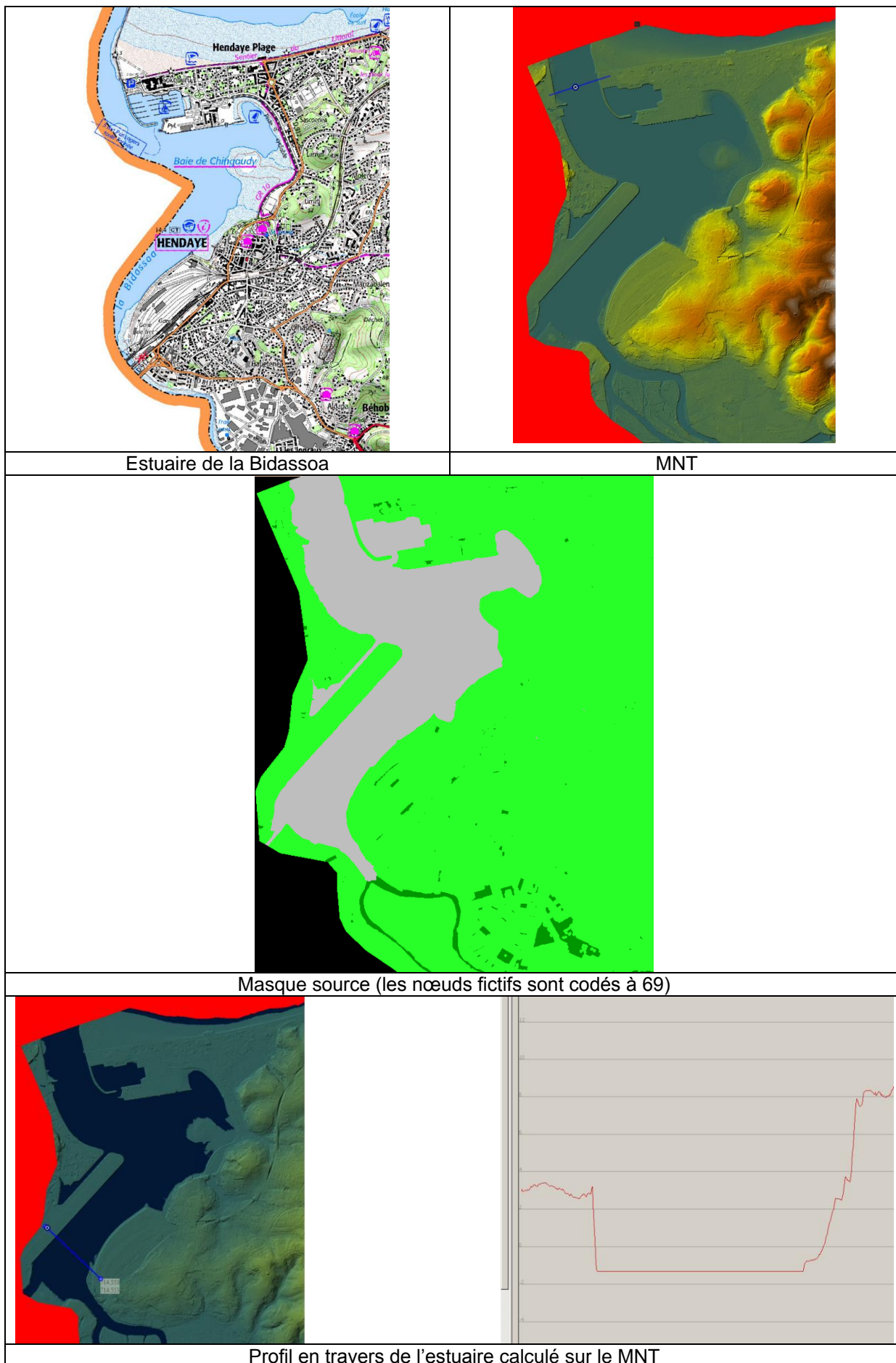
## 4.4 Modélisation des surfaces d'eau

Dans les estuaires, étangs, lacs, marais ainsi que dans les bassins portuaires, lorsqu'aucune donnée bathymétrique n'est disponible pour décrire le fond des zones submergées, des nœuds modélisant la surface de l'eau peuvent être artificiellement créés sur ces zones. Trois cas de figure sont à distinguer :

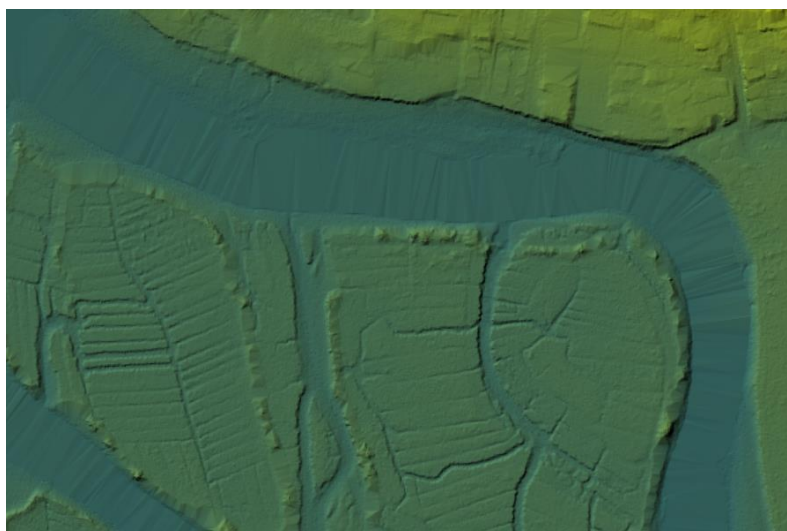
#### 4.4.1 Cas des estuaires, des fleuves, des cours d'eau :

Dans les estuaires et les pertuis de plus de 10m de large, la surface du cours d'eau fait l'objet d'une saisie vecteur et d'une mise à plat (éventuellement sous forme de plans affines successifs lorsque le cours d'eau à traiter s'étend sur une distance importante)

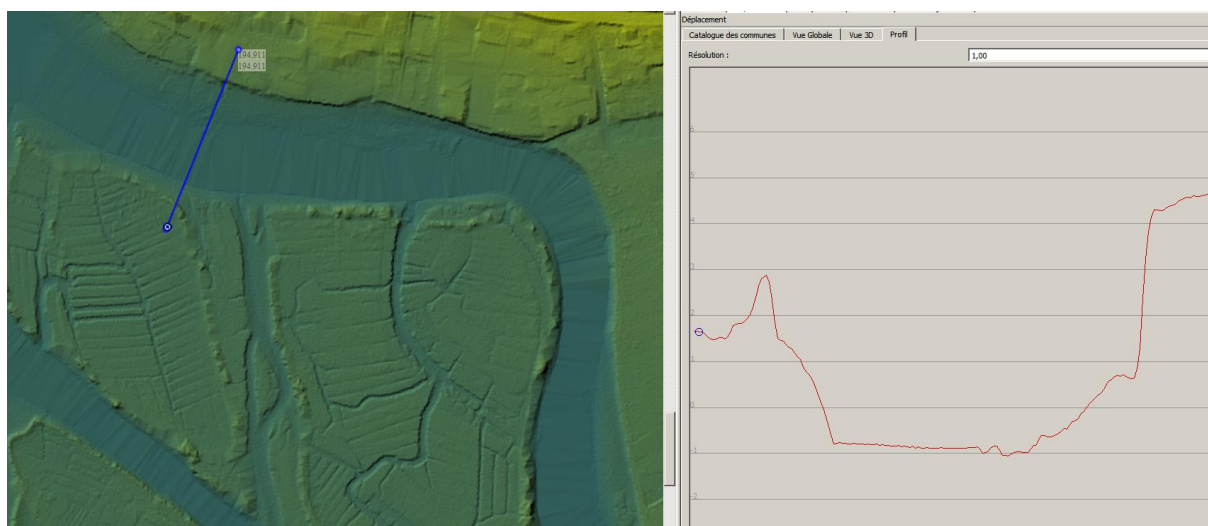
En dehors des estuaires, sur les cours d'eau aucun traitement n'est appliqué pour aplanir la surface: celle-ci est modélisée par une triangulation berge à berge, ce qui peut parfois générer des artefacts (dans le sens de l'écoulement et dans la direction transverse). Localement l'écoulement de l'eau n'est donc pas rigoureusement assuré (cf. figures suivantes)



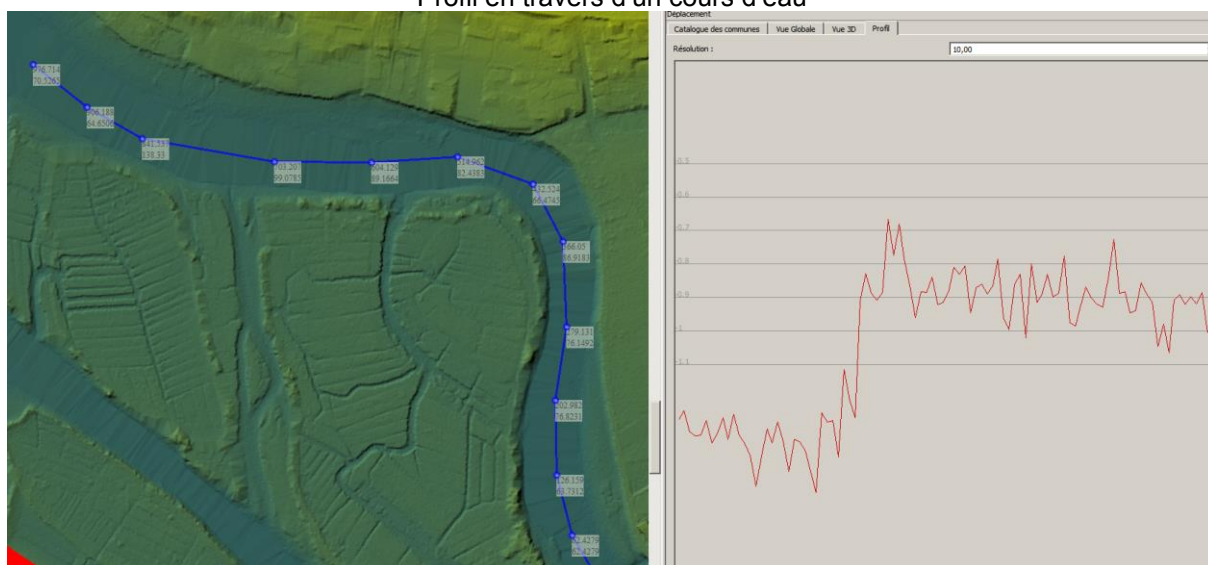




Modélisation par triangulation de la surface d'un cours d'eau



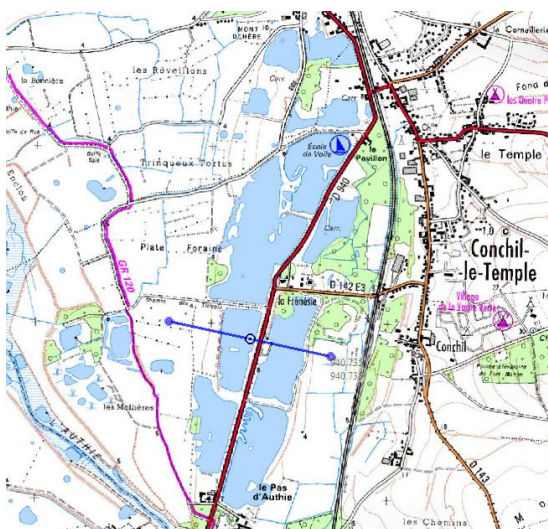
Profil en travers d'un cours d'eau



Profil en long sur un cours d'eau

#### 4.4.2 Cas des étendues d'eau de type lacustre (étangs, lacs, marais, etc.)

Les surfaces d'eau de plus d'un hectare font l'objet d'une saisie vecteur et d'une mise à plat. Pour les surfaces de moins d'un hectare aucun traitement n'est appliqué : la surface de l'eau est modélisée par une triangulation berge à berge.



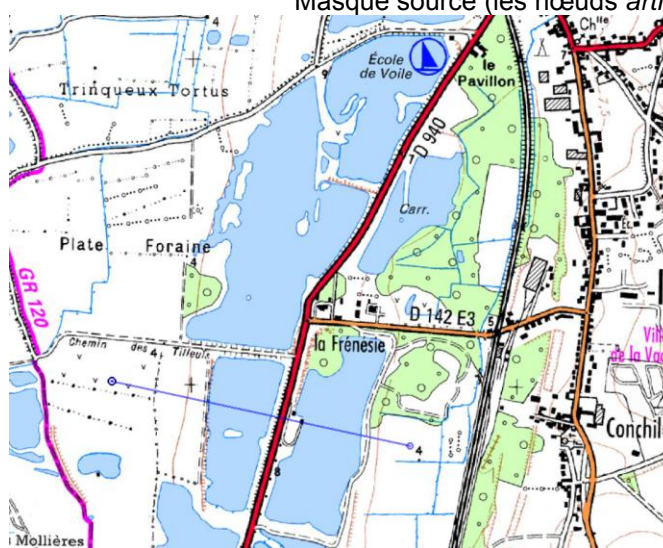
Etangs de Conchil-le-Temple



MNT



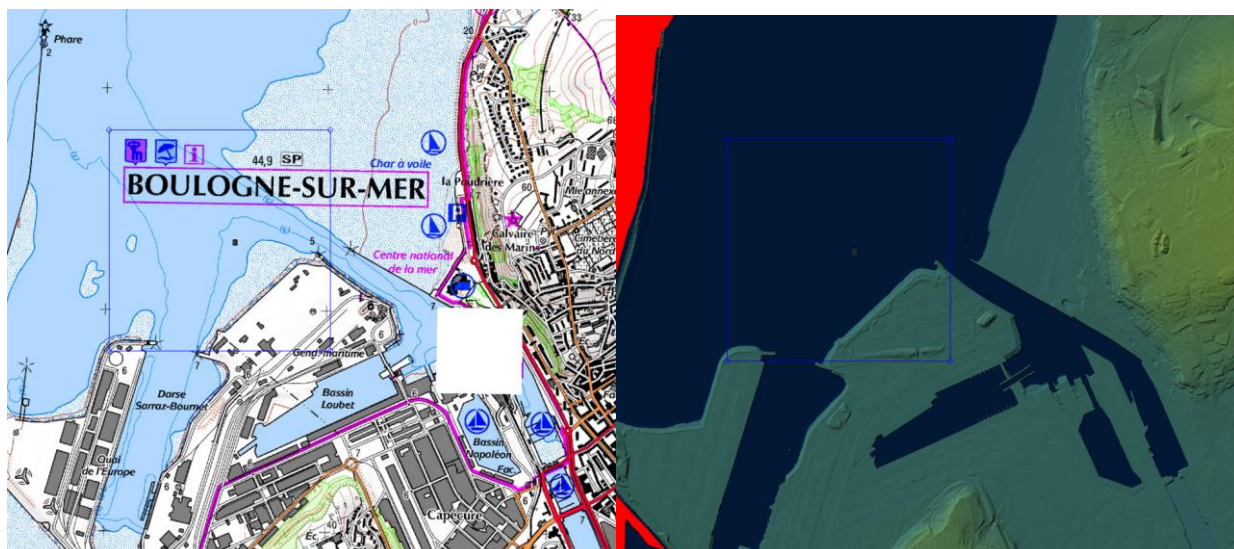
Masque source (les nœuds artificiels sont codés à 69)



Profil en travers

#### 4.4.3 Cas des bassins portuaires :

Les ports font l'objet d'une saisie vecteur et d'une mise à plat. En ce qui concerne le MNT, dans l'emprise de ces surfaces et en l'absence de des points fictifs sont générés afin de modéliser la surface.

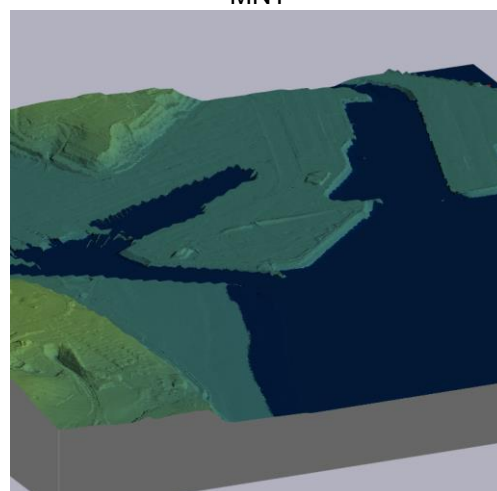


Port de Boulogne-sur-Mer

MNT



Masque source (nœuds fictifs codés à 69)



MNT en vue perspective

#### Remarque :

Les masques sources livrés avec le produit Litto3D® « modèle maillé » (cf. illustration ci-dessus) permettent d'identifier les zones ainsi traitées. Il est également rappelé que pour certaines applications, pour lesquelles ce traitement ne serait pas adapté, qu'un produit Litto3D® « semis de points » est également fourni afin si nécessaire de réaliser une modélisation différente du terrain.



## Annexe A : Tableau des précisions

Sauf mention du contraire, l'estimation de la précision géométrique concerne le produit MNT 1m et est exprimée à l'aide d'un EMQ.

Source	Maille initiale de production	Domaine	Densité	Précision Altimétrique (EMQ sauf mention contraire)	Précision Planimétrique (EMQ sauf mention contraire)
Laser aéroporté topographique	1 m	France Métropolitaine & Outre-Mer	$\geq 1 \text{ pts/m}^2$	contrôlée <b>0.2 m</b> <sup>4</sup>	contrôlée <b>0.6 m</b> <sup>5</sup>
Laser aéroporté bathymétrique	1 m	France Métropolitaine & Outre-Mer	$\geq 0.04 \text{ pts/m}^2$ <sup>6</sup>	contrôlée <b>0.5 m</b> , précision à 95% sur le produit « semis de points » <sup>7</sup>	contrôlée <b>2.8 m</b> précision à 95% sur le produit « semis de points » <sup>7</sup>
Laser aéroporté mixte topo bathy interface terre-mer	1 m	France Métropolitaine & Outre-Mer	$\geq 2 \text{ pts/m}^2$ (zones émergées) $\geq 1 \text{ pts/m}^2$ (zones immergées)	contrôlée <b>0.2 m</b> sur les zones émergées <b>0.3 m</b> <sup>7</sup> sur les zones immergées Précision à 95% sur le produit « semis de points »	contrôlée <b>0.5 m</b> <sup>8</sup> sur les zones émergées <b>2 m</b> <sup>7</sup> sur les zones immergées Précision à 95% sur le produit « semis de points »
Sondeur multifaisceaux	variable	France Métropolitaine & Outre-Mer	variable	Contrôlée <b>0,40 m</b> (précision à 95%)	<b>2 m</b> (précision à 95%) non contrôlée

<sup>4</sup> Contrôle réalisé sur des tronçons de réseau routier ainsi que sur des terrains de sport.

<sup>5</sup> Contrôle réalisé sur des lignes caractéristiques du terrain (comparaison de levés terrain et de vecteurs saisis sur le MNT)..

<sup>6</sup> Correspond à la densité minimale bathy « grands fonds » (1 pt/25 m<sup>2</sup>)

<sup>7</sup> Contrôle réalisé sur des zones de référence en mer levées au sondeur mutlifaisceau. Contrôle également réalisé sur les zones émergées par comparaison des données lidar bathymétrique avec les données topographiques

<sup>8</sup> Capacité supplémentaire en option sur certaines portions du littoral uniquement

## Annexe B : Détail des Systèmes de Référence

### France Continentale :

#### Système de référence de coordonnées

##### spatial :

Code RIG : LAMB93

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière - France

Version : 1.1

Code EPSG : 2154

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Identifiant du Champ d'application : franceCont

#### Système de référence d'altitudes :

Code RIG : IGN69

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5720

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Identifiant du Champ d'application : franceCont

### Corse :

#### Système de référence de coordonnées

##### spatial :

Code RIG : LAMB93

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 2154

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Identifiant du Champ d'application : corse

#### Système de référence d'altitudes :

Code : IGN78C

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5721

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Identifiant du Champ d'application : corse

### Guadeloupe :

#### Système de référence de coordonnées

##### spatial :

Code RIG : UTM20W84GUAD

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 4559

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guadeloupe

Champ d'application : Guadeloupe (Marie Galante)

#### Système de référence d'altitudes :

Code RIG : GUAD88

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5757

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guadeloupe (Grande Terre / Basse Terre)

#### Système de référence d'altitudes :

Code RIG : GUAD88MG

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5617

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guadeloupe (Marie Galante)

**Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : GUAD92LD

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5618

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guadeloupe (La Désirade)

**Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : GUAD88LS

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5616

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guadeloupe (Les Saintes)

**Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : GUAD88SB

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5619

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guadeloupe (Saint Barthélemy)

**Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : GUAD88SM

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5620

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guadeloupe (St-Martin)

**Martinique :****Système de référence de coordonnées spatial :**

Code RIG : UTM20W84MART

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 4559

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Martinique

**Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : MART87

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5756

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Martinique

## **Iles éparses (Bassas Da India, Europa) :**

### **Système de référence de coordonnées**

#### **spatial :**

Code RIG : non renseigné

CodeSpace :

<http://interop.ign.fr/registers/ign/RIG.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code : 32737

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

### **Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : non défini

CodeSpace : non défini

<http://interop.ign.fr/registers/ign/RIG.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code : non défini

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

## **Iles éparses (Geyser, les Glorieuses, Juan de Nova, Zelee) :**

### **Système de référence de coordonnées**

#### **spatial :**

Code RIG : non renseigné

CodeSpace :

<http://interop.ign.fr/registers/ign/RIG.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code : 32738

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

### **Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : non défini

CodeSpace : non défini

<http://interop.ign.fr/registers/ign/RIG.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code : non défini

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

## **Iles éparses (Tromelin) :**

### **Système de référence de coordonnées spatial :**

Code RIG : non renseigné

CodeSpace :

<http://interop.ign.fr/registers/ign/RIG.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code : 32740

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

### **Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : non défini

CodeSpace : non défini

<http://interop.ign.fr/registers/ign/RIG.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code : non défini

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

## **Guyane :**

### **Système de référence de coordonnées spatial :**

Code RIG : UTM22RGFG95

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 2972

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guyane

### **Système de référence d'altitudes :**

Code RIG : GUYA77

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5755

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Guyane

## Mayotte :

### Système de référence de coordonnées spatiales :

Code RIG : RGM04UTM38S

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information

géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 4471

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Mayotte

### Système de référence d'altitudes :

Code RIG : MAYO53

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information

géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5793

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Mayotte

## Réunion :

### Système de référence de coordonnées spatiales :

Code RIG : RGR92UTM40S

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information

géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 2975

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Réunion

### Système de référence d'altitudes :

Code RIG : REUN89

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information

géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5758

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Réunion

## Saint-Pierre-et-Miquelon :

### Système de référence de coordonnées spatiales :

Code RIG : RGSPM06U21

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information

géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 4467

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Saint-Pierre-et-Miquelon

### Système de référence d'altitudes :

Code RIG : STPM50

CodeSpace :

<http://librairies.ign.fr/geoportail/resources/IGNF.xml>

Autorité : Institut national de l'information

géographique et forestière– France

Version : 1.1

Code EPSG : 5792

Autorité : European Petroleum Survey Group

Version : 8.5.1

Champ d'application : Saint-Pierre-et-Miquelon



## Annexe C1 : Représentation colorimétrique du masque des sources

			R	V	B	
S	=	0	pas de données	0	0	0
S	=	28	Lidar mixte Topo Bathy	20	250	150
S	=	29	Lidar mixte Topo Bathy interpolation > 10m	60	210	150
S	=	30	Lidar Bathy	20	200	150
S	=	39	Lidar Bathy interpolation > 10m	10	120	90
S	=	40	SMF	0	90	90
S	=	49	SMF interpolation > 10 m	0	80	80
S	=	50	LIDAR Topo densité d'acquisition théorique non renseignée ou inférieure à 1 pt / m²	0	255	0
S	=	5n	LIDAR Topo densité d'acquisition théorique n points au m². (de 51 à 57)	20*n	255	20*n
S	=	58	LIDAR Topo densité d'acquisition théorique 8 points ou plus au m².	160	255	160
S	=	59	LIDAR Topo interpolation > 10m	0	150	0
S	=	60	Translation en Z à partir du MNE LIDAR Topo IGN densité acquisition théorique non renseignée ou inférieure à 1 pt / m²	150	230	40
S	=	6n	Translation en Z à partir du MNE LIDAR Topo IGN densité d'acquisition théorique n points au m². (de 61 à 66)	150+10*n	230+2*n	40+10*n
S	=	67	Translation en Z à partir du MNE LIDAR Topo IGN densité d'acquisition théorique 7 points ou plus au m².	220	244	110
S	=	68	LIDAR Topo sans corrections interactives	130	180	130
S	=	69	LIDAR Topo Point Fictif	190	190	190
S	=	70	Origines multiples produit Litto3D	90	130	0

## Annexe C2 : Représentation colorimétrique du masque des distances

Code	R	G	B	Code	R	G	B	Code	R	G	B	Code	R	G	B	Code	R	G	B	Code	R	G	B
0	210	250	100	49	229	155	97	98	182	52	21	147	145	36	15	196	108	19	8	245	71	3	1
1	181	234	93	50	228	151	95	99	181	52	21	148	144	35	14	197	107	19	8	246	70	3	1
2	153	218	86	51	227	148	92	100	181	51	21	149	144	35	14	198	107	19	7	247	70	2	1
3	125	202	80	52	226	144	89	101	180	51	21	150	143	35	14	199	106	18	7	248	69	2	0
4	96	186	73	53	225	140	87	102	179	51	21	151	142	34	14	200	105	18	7	249	68	2	0
5	68	170	66	54	224	137	84	103	178	50	21	152	141	34	14	201	104	18	7	250	67	1	0
6	40	155	60	55	223	133	81	104	178	50	20	153	141	34	14	202	104	17	7	251	67	1	0
7	58	158	58	56	222	130	79	105	177	50	20	154	140	33	14	203	103	17	7	252	66	1	0
8	76	160	56	57	220	126	76	106	176	49	20	155	139	33	13	204	102	17	7	253	65	0	0
9	94	163	54	58	219	123	73	107	175	49	20	156	138	33	13	205	101	16	6	254	64	0	0
10	112	165	52	59	218	119	70	108	175	49	20	157	138	32	13	206	101	16	6	255	0	0	0
11	130	168	50	60	217	116	68	109	174	48	20	158	137	32	13	207	100	16	6				
12	148	170	48	61	216	112	65	110	173	48	20	159	136	32	13	208	99	15	6				
13	166	173	46	62	215	109	62	111	172	48	20	160	135	31	13	209	98	15	6				
14	184	175	44	63	214	105	60	112	172	47	19	161	135	31	13	210	98	15	6				
15	202	178	42	64	213	102	57	113	171	47	19	162	134	31	12	211	97	14	6				
16	220	180	40	65	212	98	54	114	170	47	19	163	133	30	12	212	96	14	5				
17	224	186	52	66	211	95	52	115	169	46	19	164	132	30	12	213	95	14	5				
18	227	192	64	67	209	91	49	116	169	46	19	165	132	30	12	214	94	13	5				
19	231	197	76	68	208	88	46	117	168	46	19	166	131	29	12	215	94	13	5				
20	234	203	88	69	207	84	43	118	167	45	19	167	130	29	12	216	93	13	5				
21	238	208	100	70	206	81	41	119	166	45	18	168	129	29	12	217	92	12	5				
22	241	214	112	71	205	77	38	120	166	45	18	169	128	28	11	218	91	12	5				
23	245	220	124	72	204	74	35	121	165	44	18	170	128	28	11	219	91	12	5				
24	248	225	136	73	203	70	33	122	164	44	18	171	127	28	11	220	90	11	4				
25	252	231	148	74	202	67	30	123	163	44	18	172	126	27	11	221	89	11	4				
26	255	236	160	75	201	63	27	124	162	43	18	173	125	27	11	222	88	11	4				
27	253	232	157	76	199	59	24	125	162	43	18	174	125	27	11	223	88	10	4				
28	252	228	154	77	198	59	24	126	161	43	17	175	124	26	11	224	87	10	4				
29	251	225	151	78	197	59	24	127	160	42	17	176	123	26	10	225	86	10	4				
30	250	221	149	79	196	58	24	128	159	42	17	177	122	26	10	226	85	9	4				
31	249	218	146	80	196	58	24	129	159	42	17	178	122	25	10	227	85	9	3				
32	248	214	143	81	195	58	24	130	158	41	17	179	121	25	10	228	84	9	3				
33	247	211	141	82	194	57	24	131	157	41	17	180	120	25	10	229	83	8	3				
34	246	207	138	83	193	57	23	132	156	41	17	181	119	24	10	230	82	8	3				
35	245	204	135	84	193	57	23	133	156	40	16	182	119	24	10	231	82	8	3				
36	244	200	133	85	192	56	23	134	155	40	16	183	118	24	10	232	81	7	3				
37	242	197	130	86	191	56	23	135	154	40	16	184	117	23	9	233	80	7	3				
38	241	193	127	87	190	56	23	136	153	39	16	185	116	23	9	234	79	7	2				
39	240	190	124	88	190	55	23	137	153	39	16	186	116	23	9	235	79	6	2				
40	239	186	122	89	189	55	23	138	152	39	16	187	115	22	9	236	78	6	2				
41	238	183	119	90	188	55	22	139	151	38	16	188	114	22	9	237	77	6	2				
42	237	179	116	91	187	54	22	140	150	38	15	189	113	22	9	238	76	5	2				
43	236	176	114	92	187	54	22	141	150	38	15	190	113	21	9	239	76	5	2				
44	235	172	111	93	186	54	22	142	149	37	15	191	112	21	8	240	75	5	2				
45	234	169	108	94	185	53	22	143	148	37	15	192	111	21	8	241	74	4	1				
46	233	165	106	95	184	53	22	144	147	37	15	193	110	20	8	242	73	4	1				
47	231	162	103	96	184	53	22	145	147	36	15	194	110	20	8	243	73	4	1				
48	230	158	100	97	183	52	21	146	146	36	15	195	109	20	8	244	72	3	1				

## Annexe D : Mode de fabrication du produit

Le produit Litto3D<sup>®</sup> est issu de nouveaux levés bathymétriques et topographiques.

### 1. Levés bathymétriques

Les levés bathymétriques sont réalisés par les technologies LiDAR bathymétrique ou sondeur multifaisceaux (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 topographique offre des performances (densité, précision) équivalentes à 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, entre 1kHz et 10 kHz. 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<sup>®</sup> est réalisée pour fournir au minimum un point / 25 m<sup>2</sup>.

Des images aériennes sont acquises simultanément aux données LiDAR.

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

## **LiDAR mixte topo-bathymétrique**

En 2011 sont apparus de nouveaux capteurs LiDAR mixtes topo-bathymétriques (RIEGL VQ-820-G, AHAB CHIROPTERA, OPTECH AQUARIUS). Ces LiDAR, plus spécifiquement dédiés au levé des zones d'interface entre la terre et la mer, ont comme caractéristiques communes : une augmentation sensible de la cadence d'impulsion (typiquement 35 kHz), une réduction de la durée des impulsions et de l'énergie émise, et une électronique de numérisation beaucoup plus rapide. Ces nouveaux capteurs sont donc bien plus résolus et précis, mais au détriment de la profondeur de pénétration (en moyenne 3 fois inférieure aux lidars bathymétriques classiques).

Certains systèmes sont équipés uniquement d'un laser vert, exploité à la fois pour mesurer les reliefs immergés et émergés. D'autres disposent, en plus du laser vert, d'un mode topographique dédié (rayon PIR, pouvant opérer jusqu'à 400 kHz), offrant des performances (précision, densité) identiques aux meilleurs capteurs lidar topographiques pur.

Ces nouveaux capteurs ne sont pas systématiquement mis en œuvre dans le cadre des opérations Litto3D<sup>®</sup>.

Ces capteurs étant mis en œuvre à basse altitude (altitude identique aux vols LiDAR bathymétrique « purs »), ils permettent de décrire avec grande précision et densité les reliefs :

- zones émergées : densité 2 à 15 pts / m<sup>2</sup> précision verticale meilleure que 20 cm (@95%)
- zones immergées : densité 1 à 4 pts / m<sup>2</sup> précision verticale meilleure que 30 cm (@95%)

## **Sondeur multifaisceaux**

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 multifaisceaux sont :

- Sa fréquence acoustique : fréquence de l'impulsion sonore émise. La fréquence détermine la portée du sondeur multifaisceaux. 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 multifaisceaux doit être associé à un système de positionnement (GPS par exemple), une centrale d'attitude, un bathycélémètre et un célémètre 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 (BDBS). La BDBS est une base de données qui rassemble les mesures de profondeur disponibles sous forme numérique au SHOM.

## 2. 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 (de quelques dizaines de kiloHertz à quelques centaines 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/m<sup>2</sup>.

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 (1 sigma, soit précision donnée à 68%).

La précision planimétrique dépend directement de la hauteur de vol : elle varie de 20 à 50 cm (1 sigma, soit précision donnée à 68%) pour des altitudes variant de 1000 à 3000m.

### Acquisition des données

#### Densité des points

L'acquisition LiDAR est réalisée de telle façon qu'elle fournisse en moyenne 2 impulsions/m<sup>2</sup>.

#### 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 de traitement sont les suivantes :

- 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 RGE ALTI® de l'IGN. Le RGE ALTI® est la composante altimétrique du RGE®.

### 3. 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. En cas d'utilisation d'un laser mixte topo-bathy, la ligne de partage peut être située sur la terre ferme.

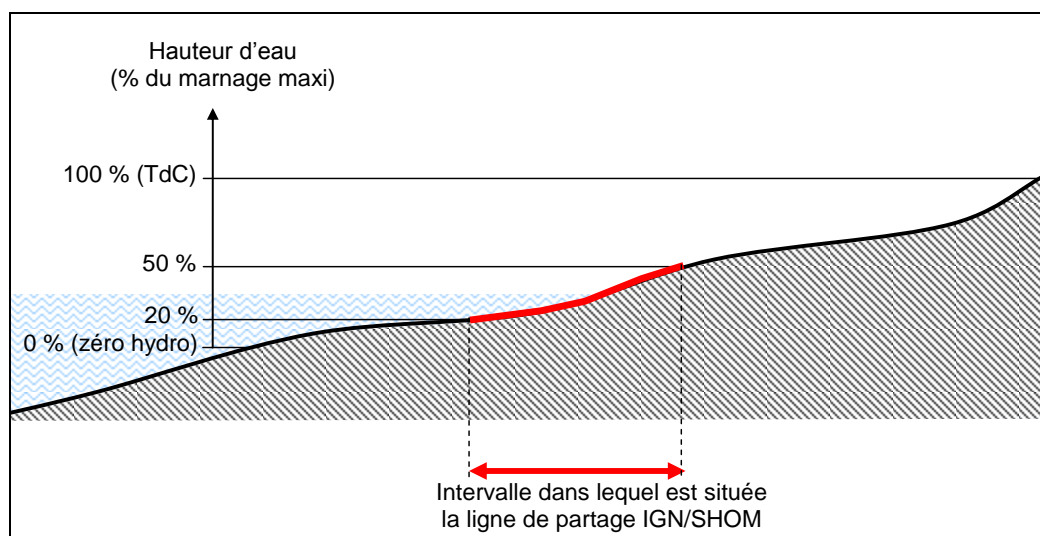


Figure 2 - Position de la ligne de partage des zones de levé SHOM et IGN

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

## 1. 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 assurés. 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 :

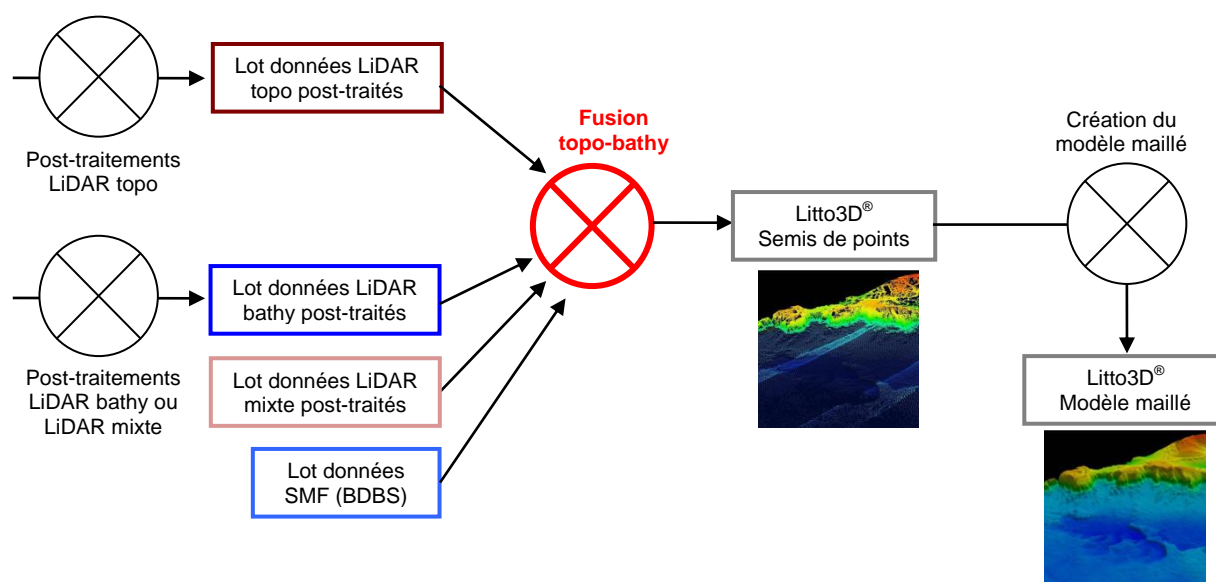


Figure 3 – Schéma de la fusion des données topo et bathy

## 2. Données initiales

### Au SHOM

Les données maritimes sont issues de levés LiDAR bathymétriques, de levés LiDAR mixtes topo-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'à 15 mètres à l'intérieur des terres au-delà du trait de côte HistoLitt®.
- lot de données LiDAR mixte post-traitées : ensemble des points validés et qualifiés décrivant le fond marin et les terres émergées situées dans les emprises des vols. Les données topographiques sont validées par le SHOM jusqu'à 15 mètres à l'intérieur des terres au-delà du trait de côte HistoLitt®. Lorsque le LiDAR mixte mis en œuvre possède un mode topographique dédié (PIR), les points correspondants sont classés en points LiDAR Topo (caractéristiques géométriques identiques aux points LiDAR Topo IGN) ;
- 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 sol (les éléments de sursol sont filtrés) validés pour la production du MNT RGE ALTI®.

### 3. 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, LiDAR mixte topo/bathy et SMF.
2. A partir du trait de côte HistoLitt une ligne de fusion est générée à 10m à l'intérieur des terres. De part et d'autre de cette ligne, deux cas peuvent alors se présenter :
  - Les deux jeux de données sont géométriquement cohérents : les points IGN sont retenus côté terre, les points SHOM côté mer.
  - Les deux jeux de données diffèrent (évolution du littoral entre les deux dates d'acquisition) : une zone de buffer autour de la ligne de fusion est réalisée. Dans cette zone, on assure la continuité de la modélisation topographique.
3. Une fois la fusion réalisée, le semis de points fusionnés est transmis au SHOM pour validation.

Après convergence et accord des deux partenaires, le semis de points Litto3D® final est généré. Les modèles maillés sont calculés par l'IGN à partir du semis de points. Le découpage en dalles est effectué, les métadonnées sont générées.