

# Calcul du quasi-géoïde QGF16 et de la grille de conversion altimétrique RAF16 état d'avancement et perspectives

■ François L'ÉCU

Le nouveau quasi-géoïde gravimétrique QGF16 est en phase finale de calcul et de test au SGN (Service de la géodésie et du nivellement à l'Institut national de l'information géographique et forestière). Il a été obtenu par utilisation de la méthode de Stokes, avec rayon d'intégration de 2° et retrait-restauration du terrain résiduel. Son évaluation par rapport aux points GNSS nivelés issus du programme ERNIT (Entretien du réseau de nivellement par les triplets) conduit à une précision de 5 cm, alors que les différents modèles globaux de champ ne permettent pas d'atteindre mieux que 12 cm. On démontre donc une fois de plus l'intérêt des modèles locaux par rapport aux modèles mondiaux. La grille de conversion altimétrique associée RAF16 est également en cours de dernière mise au point. Elle devrait permettre l'accès à la référence verticale NGF-IGN69 avec une précision voisine du centimètre.

## ■ MOTS-CLÉS

Quasi-géoïde, gravimétrie, grille de conversion altimétrique, modèle local, modèle global.

- pour la partie marine : BGI, Sandwell, SHOM, gravimétrie aéroportée ayant servi au calcul du quasi-géoïde de la Corse QGC02 effectué en 2002 par H. Duquenne (partie Sud-Est)

## MNT

Les MNT sont en provenance de :

- La BDTopo de l'IGN, pour la partie terrestre de la France continentale. Ils sont disponibles par dalles de 1°x1°, et sont au pas de 1'' en latitude et en longitude, soit environ 30 m.
- SRTM, pour les parties terrestres à l'étranger. Ils sont disponibles par

## Quasi-géoïde QGF16

Le quasi-géoïde a été calculé par la méthode de Stokes en utilisant un rayon d'intégration de 2°, avec retrait-restauration du terrain résiduel.

## ■ Spécifications

Son emprise concerne la France métropolitaine, et est identique à celle de son prédécesseur QGF98 : latitude comprise entre 42° et 51.5°, longitude comprise entre -5.5° et 8.5°. Il est disponible sous forme de grille au format GravSoft, dont le pas en latitude est de 0.025° et le pas en longitude de 0.033°.

## ■ Données en entrée du calcul

Les données nécessaires sont une couche dense de gravimétrie marine et terrestre, un MNT, et un modèle global de champ de pesanteur.

## Données gravimétriques

Elles se composent de 875 661 points, et sont en provenance de :

- pour la partie terrestre : BGI, BRGM, OPGC (Université de Clermont-Ferrand), IGN (réseau RBF), Sandwell

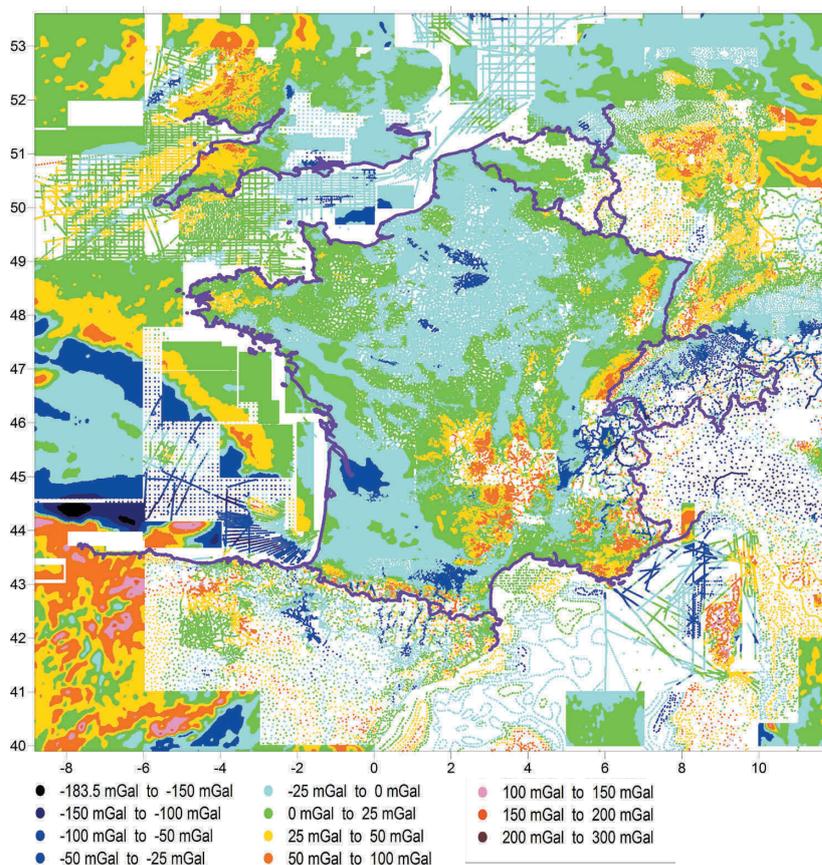


Figure 1. Les données gravimétriques terrestres et marines



dalles de 5°x5°, et sont au pas de 3'' en latitude et en longitude, soit environ 90 m. Ils ne contiennent pas de données bathymétriques.

- Sandwell : pour la partie marine de la zone d'intérêt. Les MNT sont fournis au pas constant de 1' en longitude soit environ 1.8 km, et à un pas variable en latitude (qui dépend justement du cosinus de la latitude). Ils contiennent des données bathymétriques.

Pour se rendre homogène au MNT BDTopo et disposer partout de dalles de 1°x1° au pas de 1'' dans les deux directions, on a ramené l'ensemble des MNT utilisés à ces mêmes spécifications. Il a donc fallu suréchantillonner SRTM et Sandwell, et constituer des MNT mixtes SRTM-Sandwell pour les dalles à l'étranger contenant à la fois une partie terrestre et une partie marine.

**Modèle global de champ**

Trois modèles ont été testés : EGM2008, EIGEN6-C4, et un modèle mixte confectionné par H. Duquenne pour le calcul du quasi-géoïde de la Réunion effectué en 2006, et qui intègre les coefficients de GGM02S jusqu'au degré 120 puis ceux d'EGM96 du degré 121 au degré 360. Les trois modèles ont été exploités jusqu'au degré 360. Avant de les intégrer au calcul du quasi-géoïde proprement dit, ils ont été testés sur un jeu de points GPS nivelés composé des 7 869 points ERNIT collectés sur le terrain entre 2008 et mi-2016, par retrait d'une tendance linéaire. Si on s'intéresse à l'écart-type des résidus après ce retrait, ainsi qu'à leurs valeurs minimale et maximale, les éléments statistiques ci-dessous montrent qu'EIGEN6-C4 sort légèr-

	EGM2008	EIGEN6-C4	Modèle mixte
<b>Biais (m)</b>	-0.299	-0.296	-0.274
<b>Pente nord-sud (m/100 km)</b>	-0.422 10 <sup>-1</sup>	-0.427 10 <sup>-1</sup>	-0.450 10 <sup>-1</sup>
<b>Pente est-ouest (m/100 km)</b>	0.306 10 <sup>-1</sup>	0.311 10 <sup>-1</sup>	0.333 10 <sup>-1</sup>
<b>Écart-type des résidus (m)</b>	0.050	0.050	0.047
<b>Résidu min (m)</b>	-0.233	-0.241	-0.276
<b>Résidu max (m)</b>	0.238	0.241	0.206

Tableau 2. QGF16 calculé avec différents modèles de champ : statistiques sur les résidus de retrait de tendance sur les points GPS nivelés ERNIT de 2008 à mi-2016

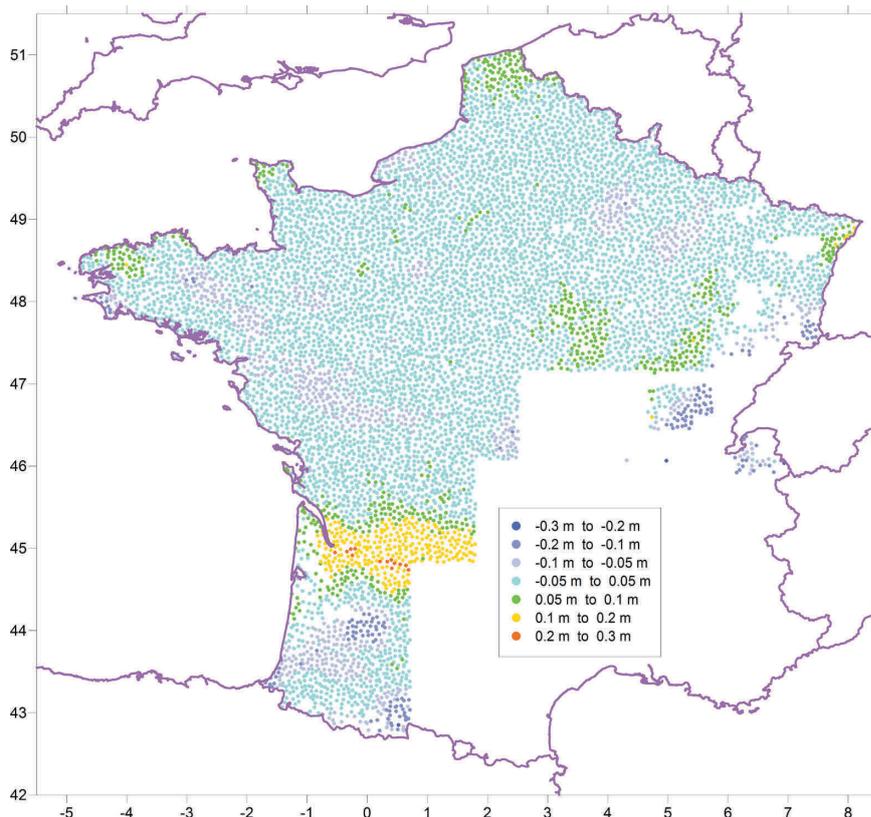


Figure 2. QGF16 calculé avec EGM08 degré 360 : carte des résidus de retrait de tendance sur les points GPS nivelés ERNIT de 2008 à mi-2016

ment vainqueur de cette comparaison. Néanmoins, les trois résultats n'étant pas sensiblement différents, on a réalisé trois calculs de quasi-géoïde,

dans l'idée de refaire cette même évaluation en fin de processus avec les trois modèles obtenus.

**■ Évaluation du quasi-géoïde sur des points GPS nivelés**

Une fois le calcul terminé, le quasi-géoïde QGF16 obtenu en utilisant EGM2008 comme modèle global de champ donne le meilleur résultat. Dans le *tableau 2*, on a en effet des valeurs de résidus minimum et maximum légèrement inférieures à celles issues de l'utilisation de EIGEN6-C4 (environ 1 cm), et en tout cas plus faibles en valeur absolue que celles obtenues en introduisant le modèle mixte (environ

	EIGEN6-C4	EGM2008	Modèle mixte
<b>Biais (m)</b>	-0.240	-0.234	-0.215
<b>Pente nord-sud (m/100 km)</b>	-0.317 10 <sup>-1</sup>	-0.325 10 <sup>-1</sup>	-0.216 10 <sup>-1</sup>
<b>Pente est-ouest (m/100 km)</b>	0.143 10 <sup>-1</sup>	0.110 10 <sup>-1</sup>	0.127 10 <sup>-1</sup>
<b>Ecart-type des résidus (m)</b>	0.121	0.122	0.126
<b>Résidu min (m)</b>	-0.642	-0.645	-0.792
<b>Résidu max (m)</b>	0.705	0.744	0.649

Tableau 1. Modèles de champ globaux : statistiques sur les résidus de retrait de tendance sur les points GPS nivelés ERNIT de 2008 à mi-2016

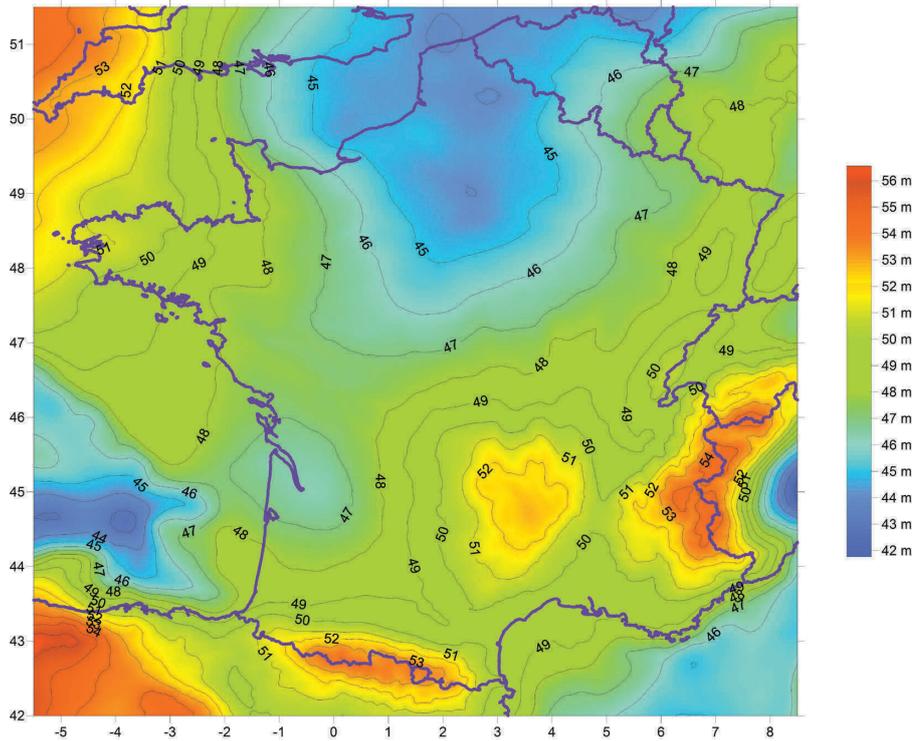


Figure 3. Le quasi-géοide QGF16 en courbes de niveau

4 cm pour la plus élevée d'entre elles). On constate des résidus élevés sur la partie Aquitaine, leur cause demeure inexpliquée à ce jour.

### ■ Conclusion sur le calcul du quasi-géοide

Dans ce cas précis d'un calcul sur la France continentale, les résultats obtenus prouvent qu'on améliore environ d'un facteur 2 les performances d'un quasi-géοide gravimétrique local par rapport à celles d'un modèle global de champ. En effet, après un retrait de tendance linéaire, on passe d'un écart-type des résidus d'environ 12 cm pour le modèle mondial à une valeur de 5 cm pour le modèle local. Ceci s'explique en tout premier lieu par l'apport, en entrée de processus, d'une information à courte longueur d'onde fournie par la gravimétrie dense terrestre et marine.

Prochainement, de nouveaux tests vont être menés, pour voir s'il est possible de mieux utiliser EGM2008 en augmentant son degré (720 ? 1080 ?). Ils viseront également à paramétrer en conséquence le calcul des MNT sous-échantillonnés et filtrés qui entrent en jeu dans le calcul ; ces deux éléments ayant une importance capitale dans

la détermination des effets à courte longueur d'onde de la topographie sur la gravimétrie.

### Grille de conversion altimétrique RAF16

La grille de conversion issue de l'adaptation de QGF16 à la référence altimétrique NGF-IGN69 n'existe pour le moment que sous forme de prototype. En effet, elle n'est pas réalisée de façon définitive à ce jour, car nous sommes en attente de l'exploitation des missions de terrain effectuées en 2016 par le SGN, qui vont apporter des points GPS nivelés qu'il serait dommage de ne pas prendre en compte : deuxième moitié des points ERNIT, campagne d'entretien du RBF, et quelques marégraphes. Donc encore un peu de suspense avant de connaître la précision de cette grille !

### Perspectives

Le SGN va publier en 2017 le quasi-géοide QGF16 et la grille de conversion altimétrique RAF16. Ensuite, il faudra attendre 2020 pour voir la fin du programme ERNIT. Le SGN mettra à

profit ces trois ans pour améliorer son processus de calcul de quasi-géοide. Il s'attachera tout d'abord à augmenter la qualité, l'homogénéité et l'actualité de la couche de gravimétrie dense, et cherchera à la mettre dans la même référence gravimétrique que son réseau RBF.

Il évaluera par ailleurs l'apport des MNT issus du LIDAR, et testera d'autres modèles globaux de champ. L'automatisation de certaines étapes du traitement et la diminution des temps de calcul seront également des sujets d'investigation. Tout ceci devrait conduire au calcul d'un nouveau quasi-géοide, quasiment en phase avec la fin d'ERNIT. On disposera alors d'un jeu de points GPS nivelés de grande qualité sur l'ensemble du territoire métropolitain, y compris sur les reliefs, pour permettre la réalisation d'une future RAF encore plus précise que celle qui va sortir cette année. ●

### Contact

François l'ÉCU

Institut national de l'information géographique et forestière  
francois.l-ecu@ign.fr

### ABSTRACT

*The last steps of computation and test of the new gravimetric quasi-geoid QGF16 are about to be finished at the SGN, within French Geographical Institute. This model has been obtained using the Stokes method, with a 2° integration radius, and retreat-restoration of residual terrain. Its comparison to GNSS levelled points leads to an accuracy of 5 cm, whereas the same comparison based on global model doesn't provide better than 12 cm. This one more time shows the higher quality of local models with respect to global models. The related altimetric conversion grid RAF16 is also practically achieved. It should allow an access to vertical reference NGF-IGN69 at around one centimeter accuracy level.*