

La nouvelle grille de conversion altimétrique RAF18b

■ François L'ÉCU

Après la publication de l'ITRF2014 et du repère de référence IGS14, le SGM a traité à nouveau les données GNSS des stations du RGP¹ et publié le 5 janvier 2021

un nouveau jeu de coordonnées dans le repère de référence géométrique RGF93, le RGF93V2b aligné sur l'ETRF2000 époque 2019.0. La nouvelle grille de conversion altimétrique RAF18b, associée à ce repère RGF93V2b et définie dans cet article, permet le passage des hauteurs ellipsoïdales à des altitudes NGF-IGN69.

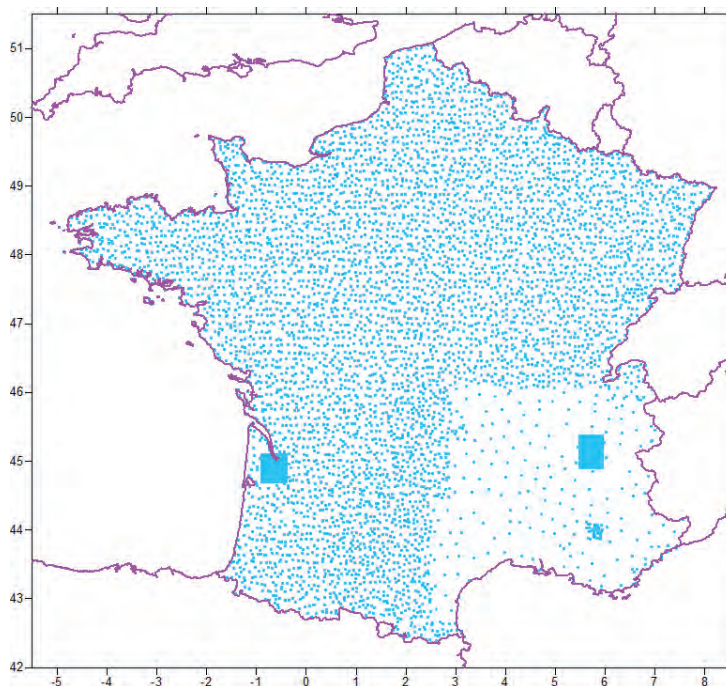
MOTS-CLÉS

GNSS, ITRF14, IGS14, RGF93, grille, conversion, hauteurs, altitudes

Après la publication de l'ITRF2014 et du repère de référence de l'IGS, l'IGS14, le SGM (Service de géodésie et de métrologie de l'Institut national de l'information géographique et forestière) a traité à nouveau les données GNSS des stations du RGP et des stations IGS de référence de 1998 à 2018, cumulé les solutions hebdomadaires et journalières obtenues et aligné la solution retenue sur l'IGS14. Ceci a conduit à la publication d'un nouveau jeu de coordonnées dans le repère de référence géométrique RGF93 pour les stations du RGP, nommé RGF93V2b, qui est aligné sur l'ETRF2000 époque 2019.0. Celui-ci remplace, à partir du 5 janvier 2021, la solution de référence qui était en vigueur depuis juin 2010, à savoir le RGF93v2, qui était, quant à elle, directement compatible avec l'ETRF2000 époque 2009.0 (*lire l'article RGF93v2 en page 26*).

La surface de conversion altimétrique RAF18b, associée à la version RGF93V2b, permet le passage des hauteurs ellipsoïdales dans ce repère à des altitudes NGF-IGN69. Elle est obtenue par adaptation du quasi-géoïde QGF16 à un ensemble de 10 658 points d'appui GNSS nivelés (*figure 1*). On

Figure 1.
L'ensemble des 10 658 points d'appui GNSS nivelés.



note que les plus récents d'entre eux ont été collectés sur le terrain en 2018, d'où le millésime "18" adopté pour la nouvelle grille. Ils ont été choisis en fonction de la qualité de leur détermination géométrique par mesures GNSS et altimétrique par nivellement, mais aussi d'après une analyse spatiale ayant permis d'obtenir une bonne répartition géographique de l'ensemble.

Leurs sources sont multiples : points issus des processus NIVAG² et ERNIT³ d'entretien de l'infrastructure altimétrique par mesures GNSS, des campagnes d'entretien du réseau géodésique RBF, des stations RGP nivelées et des données fournies par des partenaires : Grand port maritime du Havre, OGE, SHOM, SONEL...

Le quasi-géoïde QGF16 a été adapté sur les points d'appui en utilisant le logiciel Surfer. Le principe consiste à déterminer, aux points d'appui, l'écart entre l'ondulation observée Nobs et l'anoma-

lie d'altitude ζ issue du quasi-géoïde, d'en faire une grille, puis s'en servir pour interpoler par krigeage cet écart aux nœuds de la future grille de conversion altimétrique RAF. En ces mêmes nœuds, on détermine par ailleurs la valeur de ζ issue du quasi-géoïde. Enfin, on la corrige de l'écart interpolé, pour la rendre conforme à l'observation, ramenée à la référence altimétrique.

Le résultat est un fichier de grille au format GravSoft, d'emprise : $42^\circ \leq \phi \leq 51.5^\circ$ et $-5.5^\circ \leq \lambda \leq 8.5^\circ$; et de pas 0.025° en latitude et 0.033° en longitude. En *figure 2*, la grille représentée en teintes hypsométriques et courbes de niveaux.

Pour évaluer sa qualité, un autre jeu de 5 728 points de contrôle a été utilisé. Ils sont globalement de même source que les points d'appui et ont été choisis selon les mêmes critères : qualité des déterminations géométriques et altimétriques et bonne répartition spatiale (*figure 3*).

On détermine l'écart entre l'ondulation N fournie par les mesures combinées

² NIVAG : nivellement aidé par GPS.

³ ERNIT : entretien du réseau de nivellement par les triplets.

¹ RGP : réseau GNSS permanent.



de GNSS et de nivellement et celle fournie par le modèle, aussi bien sur les points d'appui (test interne) que sur les points de contrôle (test externe). On obtient les résultats statistiques exposés au *tableau 1*.

	Test interne	Test externe
Nombre de points	10 658	5 728
Moyenne	$2.930 \cdot 10^{-5}$ m	0.001 m
Écart-type	0.003 m	0.011 m
Valeur minimale	-0.019 m	-0.029 m
Valeur maximale	0.022 m	0.029 m

Tableau 1. Tests de qualités interne et externe de RAF18b.

Ces valeurs permettent de dire que la précision de la grille RAF18b, déterminée grâce à la valeur de l'écart-type sur les points de contrôle, est de 1 cm à 1 sigma. L'écart-type de 3 mm sur les points d'appui atteste par ailleurs de la cohérence interne du modèle.

Cet indicateur est global et est avant tout pertinent dans la zone couverte par les données ERNIT, c'est-à-dire la France privée de sa zone Sud-Est. Qu'en est-il pour les autres parties du territoire ? Jusqu'alors, pour toutes les grilles produites au SGM, on avait affecté à chaque nœud un code de précision par simple attribution

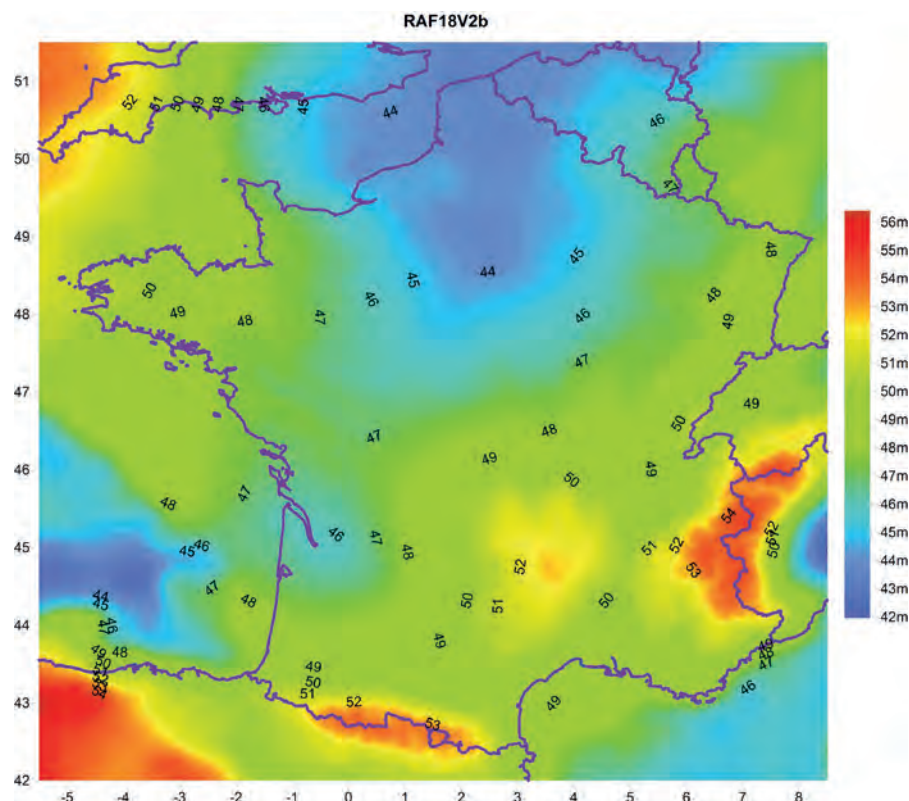


Figure 2. Représentation graphique de la grille de conversion.

zonale, en fonction de la connaissance empirique que l'on pouvait avoir de la précision des points d'appui et de contrôle dans telle ou telle partie du territoire. Pour affiner, on a développé cette fois une méthode d'interpolation de la précision en chaque nœud de la grille qui s'appuie sur les écarts réels

entre le modèle et l'observation. Pour ce faire, on a à nouveau utilisé l'outil de krigeage sous Surfer. L'écart brut aux points de contrôle entre ondulation issue du modèle et ondulation observée a été interpolé aux nœuds de la grille RAF18b, rendant ainsi l'information plus fine et plus réaliste, tout en

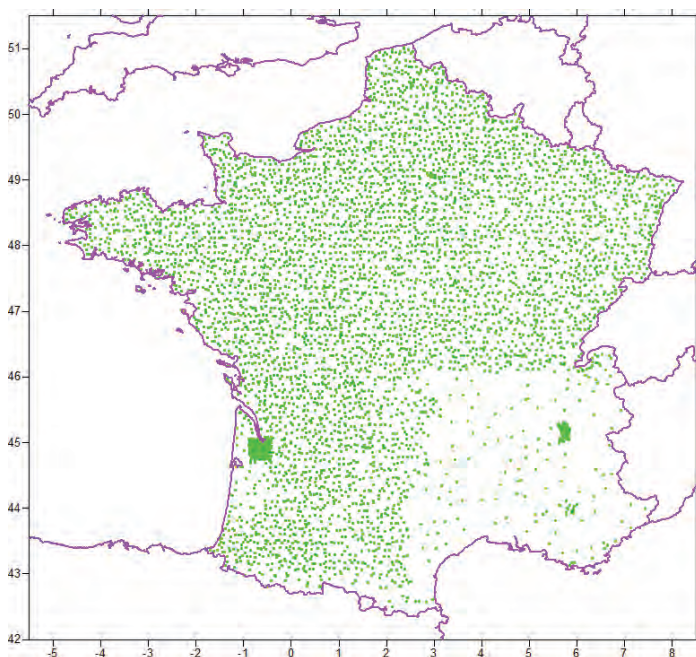


Figure 3. Les points de contrôle utilisés pour le test externe.

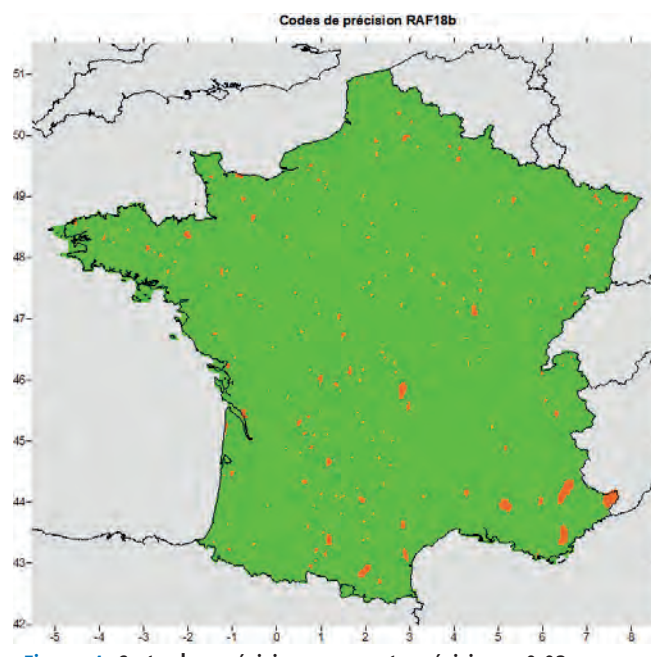


Figure 4. Carte des précisions, en vert, précision < 0.02 m ; en orange, précision > 0.02 et < 0.05 m ; en gris, pas d'information.

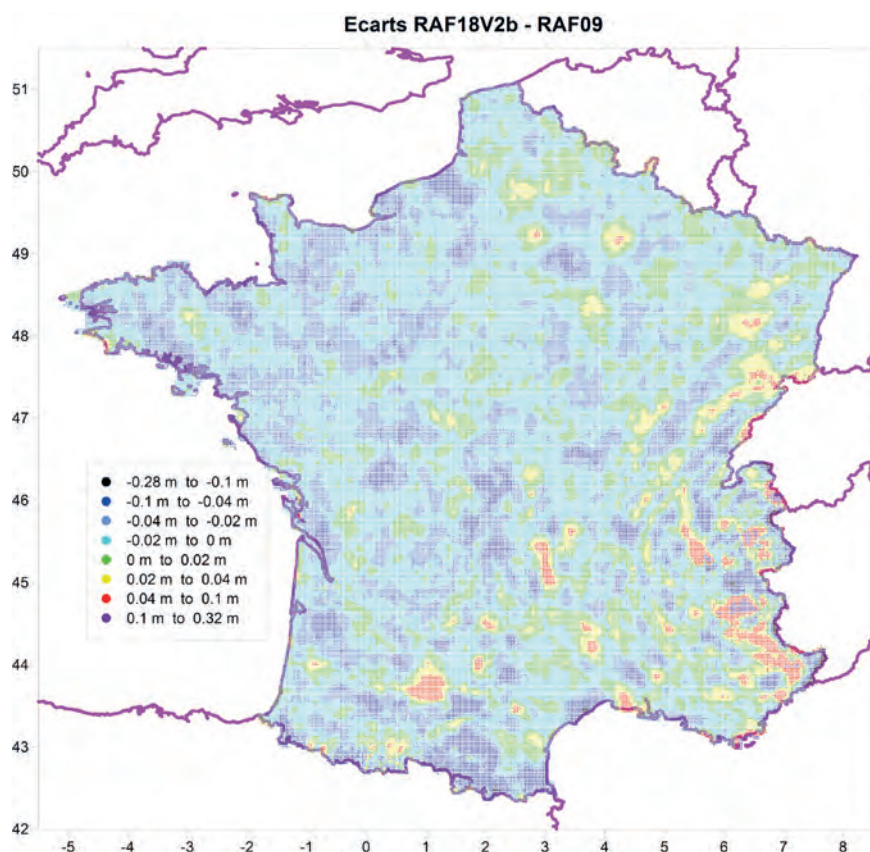


Figure 5. Carte des écarts entre la grille RAF18b et la grille RAF09.



bénéficiant des progrès accomplis. La carte en figure 4 illustre la répartition zonale de ces codes, avec la légende suivante : en vert, précision meilleure que 0.02 m ; en orange, précision comprise entre 0.02 et 0.05 m ; en gris, zone non utile, pas d'information. Le terme "précision" est employé ici comme un indice de la précision estimée par les écarts calculés.

Enfin, il convient de comparer la grille RAF18b à celle en usage ces dernières

années, à savoir la grille RAF09. L'utilisateur averti aura sans doute vu passer durant l'année 2020 une autre grille nommée RAF18. Nous n'en parlons volontairement pas ici, car d'une part sa durée de vie n'a été que d'un an et que, d'autre part, ses écarts à RAF18b sont au plus de l'ordre du centimètre, donc peu significatifs. Pour cela, nous déterminons, pour les points de contrôle exprimés dans la référence RGF93V2, leurs écarts bruts à la grille

RAF09. Nous calculons ensuite, pour ces mêmes points exprimés en RGF93V2b, leurs écarts bruts à la grille RAF18b. Les résultats statistiques sont donnés dans le tableau 2, où "e" désigne la valeur absolue de l'écart entre l'observation et les deux modèles testés.

À la lecture de ces résultats, on constate :

- un gain d'environ 1 cm sur l'écart-type, donc sur la précision à 1 sigma,
- une nette diminution des valeurs minimales et maximales des écarts entre observations et modèle,
- une forte augmentation du nombre des points à écart faible,
- la disparition des points à écart important.

On peut donc annoncer qu'en passant de la grille RAF09 (compatible RGF93V2) à RAF18b (compatible RGF93V2b), nous avons amélioré la précision de l'accès par GNSS à la référence verticale pour la France continentale de 1 cm à 1 sigma.

Pour terminer, la carte des écarts entre la grille RAF18b et la grille RAF09 est en figure 5. ●

Lien de téléchargement de la grille et explications associées sur le site de l'IGN.

<https://geodesie.ign.fr/index.php?page=grilles>

Contact

François L'ÉCU

Chef de l'équipe produits Géodésie du SGM, Institut national de l'information géographique et forestière
francois.lecu@ign.fr

ABSTRACT

After the publication of ITRF2014 and IGS14 reference frame, the SGM reprocessed the GNSS data from the RGP stations and published on January 5, 2021 a new set of coordinates in the geometric reference frame RGF93, the RGF93V2b aligned with the ETRF2000 epoch 2019.0. The new RAF18b altimetric conversion grid, associated with this RGF93V2b reference frame and defined in this paper, allows the conversion from ellipsoidal heights to NGF-IGN69 altitudes.

Tableau 2. Écarts des points de contrôle aux différentes grilles RAF09 et RAF18b.

	Écarts bruts à RAF09	Écarts bruts à RAF18b
Moyenne	-0.003m	0.001 m
Écart-type	0.020 m	0.011 m
Valeur minimale	-0.109 m	-0.029 m
Valeur maximale	0.181 m	0.029 m
Points avec : $0 \leq e \leq 1$ cm	2892, soit 50.49 %	3892, soit 67.95 %
Points avec : $1 \text{ cm} < e \leq 2$ cm	1522, soit 26.57 %	1472, soit 25.7 %
Points avec : $2 \text{ cm} < e \leq 3$ cm	789, soit 13.77 %	364, soit 6.35 %
Points avec : $e > 3$ cm	525, soit 9.17 %	0, soit 0 %