



HAL
open science

Post traitements de donnees GNSS du site d'Aurignac. Traitements et restitutions.

François Baleux

► **To cite this version:**

François Baleux. Post traitements de donnees GNSS du site d'Aurignac. Traitements et restitutions.. TRACES UMR 5608. 2023. hal-04270134

HAL Id: hal-04270134

<https://hal.science/hal-04270134v1>

Submitted on 3 Nov 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Post traitements de données GNSS du site de Aurignac

traitements et restitutions.

François BALEUX, laboratoire TRACES, CNRS-UMR 5608 le 13 avril 2023

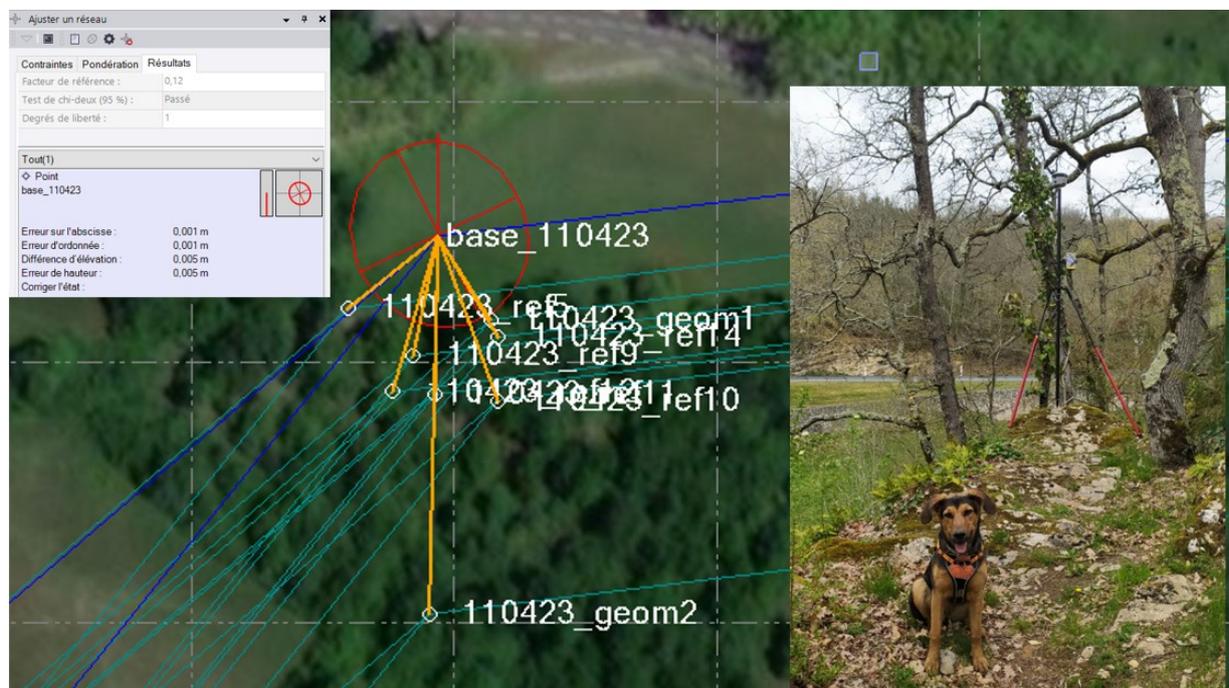


Table des matières

1- Introduction.....	3
2- Matériel utilisé : Récepteurs GNSS Trimble R2.....	3
3- Les levés.....	4
3.1- La base.....	4
3.2- Le mobile.....	5
4- Post-traitements.....	5
4.1- Un peu de théorie.....	5
4.2- Post-traitement des données du site de Aurignac.....	5
5- Transformations de coordonnées locales en RGF93-Lambert93.....	8
6- Conclusion.....	9

1- Introduction

Dans le cadre des activités du plateau P5 de la plateforme ArchéoScience du laboratoire TRACES, François Baleux (FB), IECN CNRS, a réalisé des levés topographiques à l'aide de deux GPS différentiels sur le site de Aurignac avec l'aide de Mathieu Lejay (ML), responsable d'opérations sur ce site et Marianne Deschamps (MD), CRCN CNRS. L'objectif de ce levé était de former ML et MD à l'utilisation des GPS et à permettre la bascule coordonnées locales vers coordonnées légales. Le cadre de ce rapport est de décrire le post traitement des données acquises et d'analyser les résultats.

2- Matériel utilisé : Récepteurs GNSS Trimble R2

Ce levé topographique a été réalisé avec deux récepteurs GNSS (que nous appellerons abusivement «GPS») de la marque Trimble, modèle R2. Ces appareils ont été utilisés en mode «base-mobile» avec post traitement. Cela consiste à mettre en acquisition un des GPS sur un trépied lourd pendant toute la durée de la mission dans une zone dégagée, ce GPS sera considéré comme la base (Figure 1), et d'utiliser l'autre GPS pour mesurer différents points, c'est le mobile. Dans la suite de ce rapport, ce sont ces termes de «base» et «mobile» qui seront utilisés pour identifier les récepteurs.



Figure 1: A gauche la base sur trépied Lourd et à droite le mobile en phase d'acquisition sur tripode léger. Ensérune 2021 photos FB

Pour défaut, les paramètres d'acquisition pour les récepteurs du laboratoire TRACES sont les suivant :

- Base: Enregistrement 1Hz (un par seconde) sur le récepteur en mode Fastatic avec poursuite du signal GNSS des constellations GPS L1+L2, Glonass, Galileo, QZSS et BeiDou.
- Mobile: Enregistrement 1Hz (un par seconde) sur le récepteur en mode Cinématique PT avec poursuite du signal GNSS des constellations GPS L1+L2, Glonass, Galileo, QZSS et BeiDou.

La durée d'acquisition avec le mobile varie en fonction des points levés. Pour des points de référence, Trimble préconise une durée de 3 minutes ou 180 acquisitions. Pour ce site, c'est 5 minutes et 300 acquisitions qui ont été choisies.

Ces paramètres favorisent une acquisition de précision mais obligent pour le mobile à utiliser un trépied léger pour le maintenir parfaitement vertical sur le point mesuré pendant une minute (Figure 1).

Pour assurer une acquisition de qualité avec le mobile, un point très important à prendre en compte est l'initialisation et de la perte d'initialisation.

Les informations qui suivent sont tirées de la documentation TRIMBLE.

En type de levé « Cinématique PT » du mobile, un élément important pour une qualité optimale des coordonnées et le temps d'initialisation PPK. Afin d'obtenir des précisions centimétriques dans un levé cinématique PT lorsque les données sont traitées, il faut que le levé s'initialise. Avec des récepteurs à bifréquence tels que les R2 utilisés, le procédé d'initialisation en vol commence automatiquement si au moins cinq satellites L1/L2 sont observés.

Dans un levé post-traité, il ne faut se fier à une initialisation en vol (OTF) (automatique) que si on est certain que le récepteur observera au moins 5 satellites en continu pendant les 15 minutes suivantes, ou 6 satellites en continu, pendant les 8 minutes suivantes.

Pendant l'initialisation, une suffisance de données sont collectées pour que le logiciel de post-traitement puisse les traiter avec succès. Les temps d'initialisation recommandés sont de 8 minutes pour 6 satellites et plus.

Les contraintes liées à la végétation peuvent donc limiter la précision des acquisitions mais imposent surtout de vérifier qu'il n'y a pas de perte d'initialisation pendant les trajets entre les points.

3- Les levés

3.1- La base

Les levés ont été effectués sur le terrain par FB d'abord, puis par MD et ML afin de s'approprier la technique. La base a été placée dans une zone dégagée permettant une acquisition sans être gênée par le relief, la végétation ou des bâtiments.

Pour ce site, la base a été activée pendant plus de 3 heures. Cette acquisition nous a permis d'enregistrer 12204 «époques», la base étant paramétrée à 1 Hz, avec 16 satellites GPS, 11 Glonass, 11 Galileo et 6 Beidou.

Les acquisitions nous assurent un nombre suffisant de données pour pouvoir réaliser un post-traitement de qualité.

3.2- Le mobile

Avec l'autre GPS, différents points ont été acquis. Afin d'avoir assez d'information pour obtenir un post-traitement optimal, une durée de 5 minutes a été utilisée par défaut avec 300 époques. Sur le site de Aurignac, 8 points ont été levés (Figure 2).

ID du point	Heure de démarrage	Durée	Occupations		
			Méthode sur terrain	Nom du fichier	Hauteur ant.
110423_geom1	11/04/2023 14:18:18	00:05:01	Arrêt et marche	39791010.T02	2,000
110423_geom2	11/04/2023 14:52:55	00:05:01	Arrêt et marche	39791010.T02	2,000
110423_ref5	11/04/2023 13:07:01	00:05:01	Arrêt et marche	39791010.T02	2,000
110423_ref9	11/04/2023 14:00:11	00:05:01	Arrêt et marche	39791010.T02	2,000
110423_ref10	11/04/2023 14:29:43	00:05:01	Arrêt et marche	39791010.T02	2,000
110423_ref11	11/04/2023 14:37:07	00:05:01	Arrêt et marche	39791010.T02	2,000
110423_ref12	11/04/2023 14:44:59	00:05:01	Arrêt et marche	39791010.T02	2,000
110423_ref14	11/04/2023 14:09:17	00:05:01	Arrêt et marche	39791010.T02	2,000

Figure 2: Heure et durée d'acquisition ainsi que méthode d'enregistrement pour les points levés à Aurignac

Pour ces points, le nombre de satellites captés est de 37. Cependant, tous ne seront pas utilisés car uniquement les satellites « vus » par la base au moment des acquisitions sont utilisés pour le post-traitement.

4- Post-traitements

4.1- Un peu de théorie

Le levé topographique a été réalisé selon la méthode Base-mobile avec post-traitement. Les données acquises par un récepteur GNSS sont entachées d'erreurs diverses provenant de différentes sources. Afin de les corriger au mieux, la méthode consiste en une correction des coordonnées de la base à partir de stations de références, puis à la correction des données mobiles à partir des coordonnées corrigées de la base.

Le logiciel Trimble Business Center est utilisé pour traiter les données. Il s'agit du logiciel de référence chez Trimble pour l'ensemble des traitements des données spatiales acquises avec du matériel Trimble ou autre.

Le logiciel compare les coordonnées de quelques stations de références proches de la base¹ et dont il connaît parfaitement les coordonnées avec celles calculées à partir des données satellites sur la période d'enregistrement de la base et en déduit les corrections à apporter pour corriger les différences entre coordonnées calculées et coordonnées de référence. Le logiciel corrige ensuite les coordonnées de la base à partir des corrections affectées aux stations de références.

Le principe est de considérer que pour des stations distantes de quelques kilomètres, les erreurs sont les mêmes au même instant.

Une fois les coordonnées ajustées de la base connues, le logiciel affecte les mêmes corrections aux données du mobile.

4.2- Post-traitement des données du site de Aurignac

Les stations de références du réseau géodésique Français RGP choisies sont celles de Saint-Gaudens (19 km), Sauveterre de Comminges (21 km) et Lavelanet-de-Comminges (26 km) (Figure 3). Elles entourent la base permettant une meilleure répartition des erreurs lors de

1 En France, il s'agit des stations du réseau GNSS permanent (RGP). Ce sont principalement des stations de l'IGN

l'ajustement des coordonnées. Toutes ces stations donnent accès à un enregistrement à 1Hz comme la base.

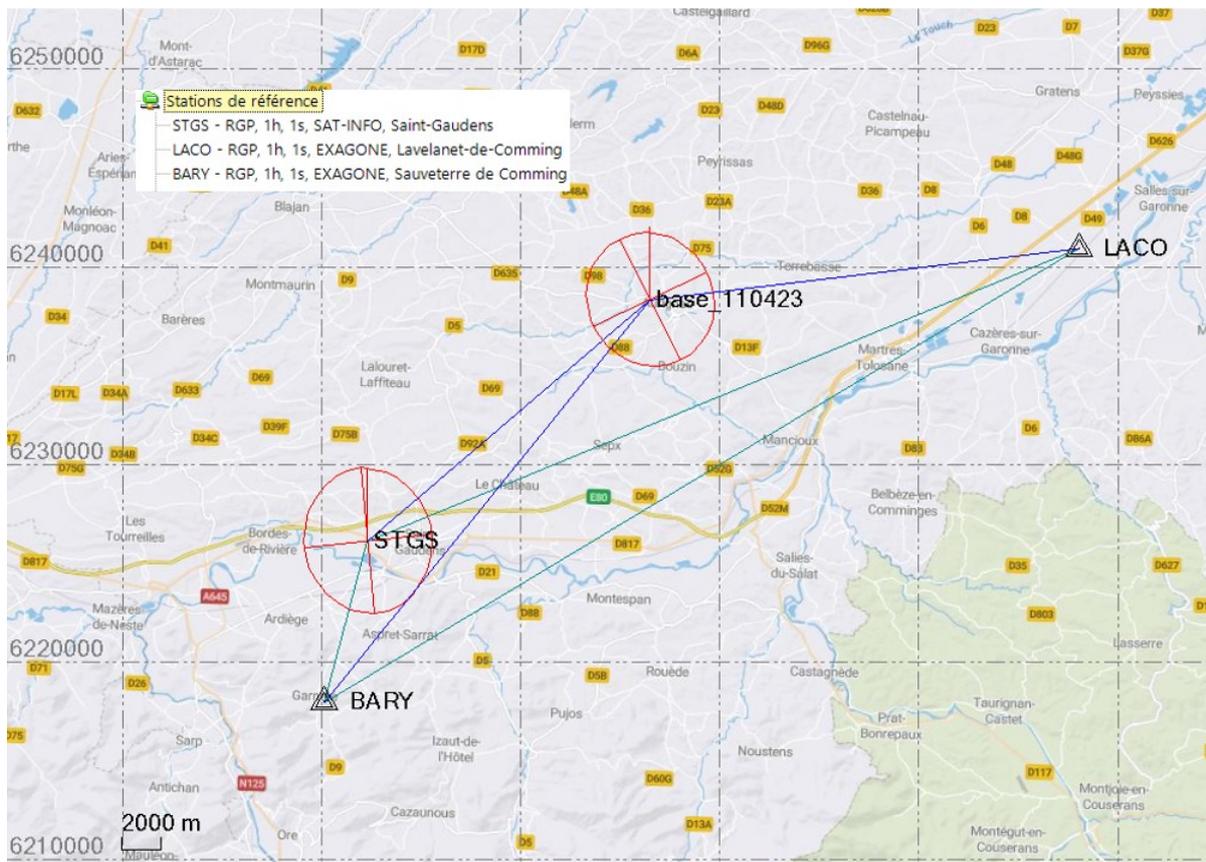


Figure 3: Les 3 stations de références du RGP entourant les points du levé de Aurignac

Le premier traitement de correction des coordonnées de la base, appelé traitement des lignes de base donne des précisions horizontales proches du centimètre (10 à 12 mm), un intervalle de confiance pour les altitudes de 55 à 64 mm pour une erreur en X, Y, Z de 21 à 26 mm pour des distances entre les stations et la base de 19 à plus de 26 km (Figure 4).

▽ Traiter des lignes de base

Résultats du traitement						
Enre	Observation	Type de s	Précision horizon	Précision vert. (95	RMS	Longueur
▶ <input checked="" type="checkbox"/>	BARY --- base_110423	Fixe	0,012	0,064	0,026	26108,456
<input checked="" type="checkbox"/>	LACO --- base_110423	Fixe	0,010	0,055	0,021	21679,767
<input checked="" type="checkbox"/>	STGS --- base_110423	Fixe	0,011	0,061	0,021	18732,948

Figure 4: Résultats du traitement des lignes de base pour la base du site de Aurignac

Comme les données sont redondantes, on peut effectuer un ajustement des coordonnées de la base. Le principe est de minimiser les erreurs de positionnement de la base en choisissant toutes ou une partie des stations RGP. Avec les 3 stations RGP, si l'erreur en planimétrie est réduite, 4mm en X et 5mm en Y, l'erreur sur Z est de 98mm. En ne gardant que les stations de Sauveterre de Comminges et Lavelanet-de-Comminges, l'erreur de positionnement en planimétrie est presque nulle et seulement de 5mm en Z (Figure 5).

Contraintes	Pondération	Résultats
Facteur de référence :		0,88
Test de chi-deux (95 %) :		Passé
Degrés de liberté :		2

Contraintes	Pondération	Résultats
Facteur de référence :		0,12
Test de chi-deux (95 %) :		Passé
Degrés de liberté :		1

Tout(1)	
Point	base_110423
Erreur sur l'abscisse :	0,004 m
Erreur d'ordonnée :	0,005 m
Différence d'élévation :	0,098 m
Erreur de hauteur :	0,098 m
Corriger l'état :	

Tout(1)	
Point	base_110423
Erreur sur l'abscisse :	0,001 m
Erreur d'ordonnée :	0,001 m
Différence d'élévation :	0,005 m
Erreur de hauteur :	0,005 m
Corriger l'état :	

Figure 5: Résultat de l'ajustement des coordonnées pour la base. A gauche avec toutes les stations RGP et à droite avec seulement 2.

Avec ses coordonnées post-traitées et ajustées, la Base est transformée en « référence locale », c'est à dire que ses coordonnées sont basculées en qualité de contrôle.

Une fois les points acquis avec le mobile importés, les lignes de base peuvent être traitées. La précision horizontale est comprise entre 5 et 6 mm, la précision verticale entre 7 et 12 mm pour une RMS 3D de 13 mm (Figure 6).

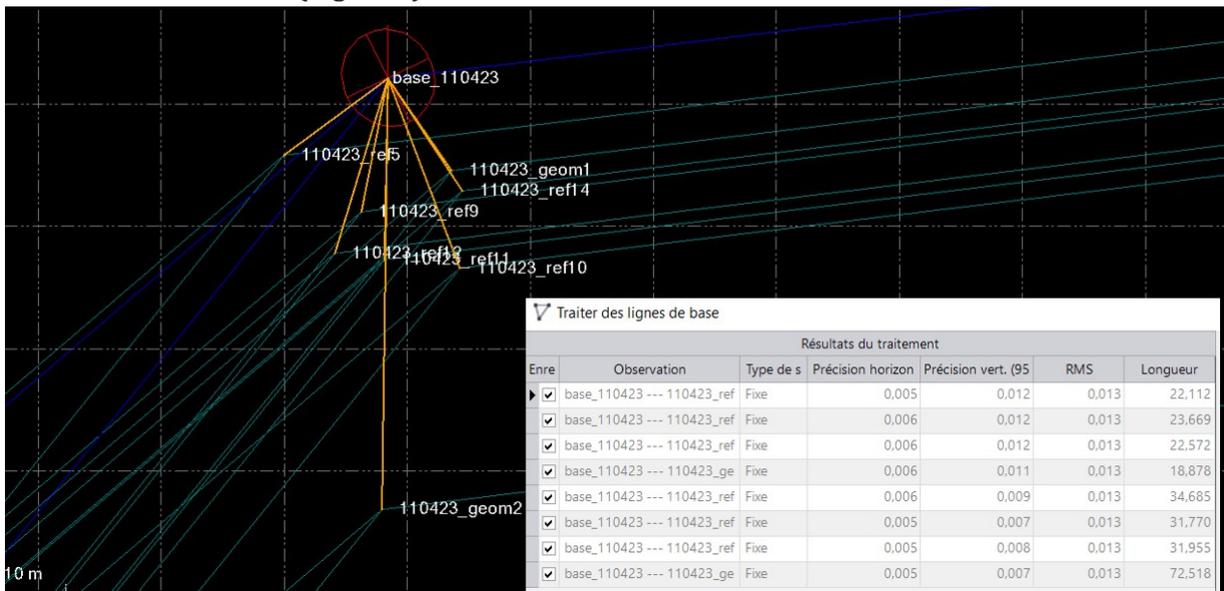


Figure 6: Résultats des traitements de lignes de base pour les points mobiles du site de Aurignac

Le post-traitement des données GPS est terminé. Les coordonnées des points peuvent être exportées en RGF93 Lambert-93.

5- Transformations de coordonnées locales en RGF93-Lambert93

Pour pouvoir transformer des coordonnées locales vers le référentiel légal, il faut connaître les coordonnées d'un certain nombre de points (au moins 3) dans les deux systèmes. Pour le site de Aurignac, 8 points ont été utilisés, il s'agit des points Geom1, REF5, REF9, REF10, REF12 et REF14. La méthode utilisée est la méthode des moindres carrées avec pour les données horizontales rotation, translation, changement d'échelle et pour Z, une translation et rotation sans changement d'échelle. Le résultat est dans la Figure 7. On notera surtout les très faibles résidus avec une moyenne X,Y,Z de -0.083 mm.

Rapport sur la transformation des points stationnés							
Points mesurés (depuis)							
ID de point	Abscisse	Ordonnée	Altitude	Code	Résidu pour l'Est	Résidu pour le Nord	Résidu pour l'élévation
GEOM_1	1008,268 m	2010,962 m	3317,890 m		0,004 m	-0,012 m	0,002 m
Ref_5	980,990 m	2011,783 m	3316,614 m		-0,001 m	-0,007 m	-0,002 m
REF_9	993,859 m	2003,299 m	3319,732 m		-0,009 m	0,011 m	-0,007 m
REF_10	1010,438 m	1995,549 m	3325,640 m		0,005 m	0,005 m	-0,011 m
REF_12	990,293 m	1996,297 m	3324,296 m		-0,001 m	0,003 m	0,007 m
REF_14	1009,898 m	2007,761 m	3319,343 m		0,003 m	0,000 m	0,011 m

Points de contrôle (jusqu'à)				
ID de point	Abscisse	Ordonnée	Altitude	Code
110423_geo m1	526506,821 m	6238308,170 m	325,011 m	
110423_ref5	526479,626 m	6238310,257 m	323,708 m	
110423_ref9	526492,087 m	6238301,166 m	326,841 m	
110423_ref10	526508,260 m	6238292,656 m	332,767 m	
110423_ref12	526488,186 m	6238294,345 m	331,382 m	
110423_ref14	526508,299 m	6238304,885 m	326,456 m	

Transformation par moindres carrés			
Translation		Echelle	
Est :	525498,255 m	Horizontal:	0,9996826358
Nord :	6236297,638 m	Vertical:	1,0000000000
Elévation :	-2992,892 m	Origine Echelle/Rotation	
la rotation		Est :	998,958 m
Axe X :	-0°02'14"	Nord :	2004,275 m
Axe Y :	0°03'58"	Elévation :	3320,586 m
Axe Z :	2°40'20"	Durée de transformation :	13/04/2023 19:36:21

Remarque : point final = rotation * (échelle * (point initial - origine)) + origine + translation. Les rotations sont positive dans le sens des aiguilles d'une montre et sont appliquées dans l'ordre YXZ.

Statistiques de transformation			
Résidu global		Résidu pour le Nord	
Écart type :	0,012 m	Écart type :	0,007 m
Maximum (REF_9) :	0,016 m	Maximum (GEOM_1) :	-0,012 m
Moyenne :	0,000 m	Moyenne :	0,000 m
Résidu pour l'Est		Résidu pour l'élévation	
Écart type :	0,005 m	Écart type :	0,008 m
Maximum (REF_9) :	-0,009 m	Maximum (REF_10) :	-0,011 m
Moyenne :	0,000 m	Moyenne :	0,000 m

Figure 7: Résultat de la transformation des coordonnées locales en RGF93-Lambert93 pour le site de Aurignac

Avec cette transformation, les coordonnées locales des points acquises avec une station totale peuvent être basculées vers le référentiel légal. La Figure 8 représente les points avec leurs coordonnées dans les deux systèmes. Pour les points sans altitude locale comme les REF 6 et 7 ou les croisements du carroyage, l'altitude RGF93 Lambert93 est faussée car la transformation se fait sur les 3 coordonnées avec les paramètres indiqués dans la figure Figure 7. Nous avons laissé les coordonnées Z post traitées pour information.

Coordonnées Locales				Coordonnées Lambert 93 Calculées			
Nom	X	Y	Z	Nom	X_L93_calc	Y_L93_calc	Z_L93_calc
Ref_1	1 010.243	2 007.664	3 319.429	Ref_1	526 508.640	6 238 304.768	326.547
Ref_2	1 010.345	1 995.557	3 325.627	Ref_2	526 508.177	6 238 292.666	332.734
Ref_3	998.544	1 996.079	3 326.203	Ref_3	526 496.415	6 238 293.735	333.304
Ref_4	990.473	1 996.362	3 324.331	Ref_4	526 488.368	6 238 294.393	331.429
Ref_5	980.990	2 011.783	3 316.614	Ref_5	526 479.617	6 238 310.242	323.720
Ref_6	1 024.562	2 062.497	0.000	Ref_6	526 527.336	6 238 361.732	-2 992.824
Ref_7	971.521	2 003.875	0.000	Ref_7	526 471.642	6 238 305.645	-2 992.904
Ref_8	994.049	2 003.237	3 319.730	Ref_8	526 492.261	6 238 301.098	326.836
REF_9	993.859	2 003.299	3 319.732	REF_9	526 492.074	6 238 301.169	326.837
REF_10	1 010.438	1 995.549	3 325.640	REF_10	526 508.269	6 238 292.654	332.747
REF_11	998.388	1 996.179	3 326.215	REF_11	526 496.264	6 238 293.842	333.317
REF_12	990.293	1 996.297	3 324.296	REF_12	526 488.185	6 238 294.337	331.393
REF_13	971.476	2 003.890	3 317.275	REF_13	526 469.748	6 238 302.799	324.369
REF_14	1 009.898	2 007.761	3 319.343	REF_14	526 508.300	6 238 304.881	326.461
REF_15	1 021.244	1 992.315	3 329.051	REF_15	526 518.910	6 238 288.920	336.161
REF_16	1 028.216	1 998.055	3 328.256	REF_16	526 526.140	6 238 294.330	335.375
REF_17	1 034.868	2 005.363	3 323.754	REF_17	526 533.125	6 238 301.324	330.883
REF_18	1 130.620	1 951.758	3 341.769	REF_18	526 626.259	6 238 243.328	348.899
REF_19	1 139.753	1 946.832	3 342.745	REF_19	526 635.152	6 238 237.984	349.876
REF_20	1 126.928	1 952.469	3 341.024	REF_20	526 622.605	6 238 244.210	348.153
REF_21	1 136.189	1 950.426	3 340.286	REF_21	526 631.760	6 238 241.741	347.418
REF_22	1 180.525	1 923.788	3 346.397	REF_22	526 674.801	6 238 213.074	353.528
REF_23	1 194.373	1 926.150	3 339.890	REF_23	526 688.745	6 238 214.796	347.031
REF_24	1 185.891	1 919.337	3 346.616	REF_24	526 679.954	6 238 208.380	353.746
REF_25	1 180.431	1 920.693	3 348.445	REF_25	526 674.563	6 238 209.986	355.574

Figure 8: Coordonnées de tous les points du site de Aurignac dans les deux systèmes

6- Conclusion

Ce rapport décrit les post-traitements de points acquis avec des récepteurs GNSS en mode Base-Mobile. Les traitements ont été réalisés pour le site de Aurignac à l'aide de 3 stations du réseau RGP. Les précisions des coordonnées ajustées des bases sont de l'ordre du millimètre en planimétrie et de 5 mm en altimétrie. Les points mobiles ont été traités avec cette base ajustée pour des précisions allant de 5 à 6 mm en planimétrie et de 7 à 12 mm en altimétrie.

Une fois ces post-traitements réalisés, tous les points locaux ont pu être transformés dans le référentiel légal RGF93-Lambert93. Cela a été possible en utilisant des points connus dans les deux systèmes. Le résultat des transformation a été donné et les résidus, très faibles, permettent d'avoir une grande confiance dans les transformations.