

# Étude de faisabilité et choix optimal d'une station RIMS d'EGNOS en Algérie

■ Tabti LAHOUIA - Kahlouche SALEM - Benadda BELKACEM

Les performances du système EGNOS ont été évaluées en matière de disponibilité au travers des variables suivantes : les niveaux de protection HPL et VPL (Horizontal and Vertical Protection Level) basés sur des seuils d'alarme HAL et VAL (Horizontal and Vertical Alarm Limit) et l'analyse de l'erreur ionosphérique. Pour effectuer notre étude, nous avons opté pour cinq aéroports à savoir : Tamanrasset, Ghardaïa, Laghouat, Ouargla et Timimoun, ces sites ont été ajoutés aux réseaux actuels des stations RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Stations) du système EGNOS. En Algérie, nous avons constaté que le système EGNOS permet d'avoir une bonne couverture au Nord, par contre ; en se dirigeant vers le Sud cette couverture s'affaiblit. La mise en place d'une station au centre de l'Algérie permettrait une bonne exploitation du système et en même temps étendrait la zone de couverture. Les résultats de simulation de la station Ghardaïa montrent qu'en Algérie les performances du système EGNOS deviennent meilleures, en particulier dans la zone comprise entre  $[0^\circ, 5^\circ]$  en longitude et de  $30^\circ$  en latitude.

## Introduction

Les GNSS (Global Navigation Satellite System) parmi lesquels le système américain GPS (Global Positioning System) ont tous pour objectif principal de donner la position et la vitesse d'un utilisateur à tout instant, en tout lieu et dans un référentiel global. La modernisation du GPS, du système Russe GLONASS et l'arrivée de nouvelles constellations, à l'instar de Galiléo pour l'Europe ou de Beidou pour la Chine, et même les systèmes d'augmentation créeront de nouvelles applications innovantes.

Les systèmes d'augmentation spatiaux ou SBAS pour "Space Based Augmentation Systems" sont des systèmes de radionavigation par satellites destinés à compléter les systèmes GNSS pour fournir conjointement des performances supérieures en termes de précision de positionnement, de disponibilité, de continuité du service et d'intégrité des informations fournies. Ces systèmes permettent la transmission des corrections différentielles et des messages d'intégrité pour les satellites de navigation qui sont en vue par un réseau de stations de référence.

## MOTS-CLÉS

EGNOS, GPS, niveau de protection, alarme limite, correction ionosphérique, stations RIMS.

Plusieurs nations ont mis en place leur propre système d'augmentation satellitaire ; ainsi, les Européens ont mis en place le SBAS nommé EGNOS : European Geostationary Navigation Overlay Service. Il couvre le continent européen et s'appuie sur un segment spatial de 3 satellites géostationnaires (PRN 120, PRN 123 et PRN 136) et sur un réseau de stations terrestres composé des stations de références RIMS, des stations MCC de calcul (Mission Control Centres) et des stations de transmission NLES (Navigation Land Earth Stations). Les stations RIM comprenant 39 stations pour lequel la station d'Agadir (Maroc) a été ajoutée à la fin de



Figure 1. Distribution géographique des stations RIMS du système EGNOS [ESSP, 2015]

2013 et la station de Djerba (Tunisie) est opérationnelle depuis 2009. La distribution géographique de ces stations est donnée par la figure 1.

## Messages transmis par EGNOS

Le système EGNOS diffuse ses messages sur la bande L1 (1575.42 MHz) à un débit de 250 bits par seconde. Il utilise la même modulation que celle du GPS, mais avec un débit 5 fois plus élevé. Donc à chaque seconde un message est à la disposition de l'utilisateur sous le format suivant [ESA ; 2011] : - 8 bits de préambule, 6 bits pour identifier le type de message, 212 bits de correction actuelle d'EGNOS, et 24 bits de parité ; permettant de s'assurer que les données n'ont pas été corrompues pendant la transmission (pas d'erreur de bit).

Un total de 63 types de messages peut être transmis, mais pour l'instant seulement 20 sont définis et 18 sont utilisés par EGNOS [Jimenez-Baños D. et al. ; 2011].

## ■ Corrections rapides

Les corrections rapides ( $PRC_f$ ) sont diffusées par EGNOS pour chaque satellite vu par les stations RIMS dont le but est de corriger les erreurs qui varient rapidement comme les erreurs d'horloge et les erreurs d'éphémérides. L'application de ces corrections est effectuée au niveau des pseudo-distances mesurées par le récepteur, en plus de cette correction, une variation de correction RRC (Range Rate Correction) est aussi ajoutée à la mesure afin de compenser celle-ci lors de la réception des messages [Guay, J.-C. ; 2010]. L'équation (1) présente le calcul de pseudo-distance corrigée [EUROCONTROL ; 2003] :

$$PR_{\text{corrigé}}(t) = PR_{\text{mesuré}}(t) + PRC_f(t_{0f}) + RRC(t - t_{0f}) \quad (1)$$



Tel que :

$$RRC(t_{of}) = \frac{PRC_{f\text{courant}} - PRC_{f\text{précédent}}}{t_{of\text{courant}} - t_{of\text{précédent}}} \quad (2)$$

Où :  $t$  est instant d'applicabilité, et  $t_{of}$  est le temps d'applicabilité du message le plus récent en  $s$ ,  $PR_{\text{corrigé}}$  est la pseudo-distance corrigée, et  $PR_{\text{mesuré}}$  la pseudo-distance mesurée en (m),  $PRC_f$  est la correction rapide, et  $RRC$  est la variation de la correction en (m).

### ■ Corrections lentes

Le but des corrections lentes ou corrections à long terme transmises par EGNOS est :

- de corriger les erreurs qui varient lentement comme la position des satellites fournie par les éphémérides radio diffusées ;
- d'actualiser les erreurs d'horloges des satellites ( $\delta a_{f0}$ ).

L'application des corrections lentes est effectuée au niveau du biais d'horloge et de la position des satellites dans le format WGS-84. La correction d'horloge des satellites  $\delta\Delta T_{\text{sat}}$  doit être ajoutée à la correction  $\Delta T_{\text{sat}}$  provenant des éphémérides du GPS [Guay J-C. ; 2010]. La mise à jour des horloges est donnée par l'équation suivante [Gillieron P.Y. ; 2004] :

$$\delta\Delta T_{\text{sat}}(t) = \delta a_{f0} + \delta a_{f1}(t - t_0) \quad (3)$$

Où  $t$  : instant d'applicabilité, et  $t_0$  : instant de réception du message (s),  $\delta\Delta T_{\text{sat}}$  est la correction d'horloge (s) ;  $\delta a_{f0}$  est la correction d'erreur d'horloge (s) ;  $\delta a_{f1}$  est la dérive de correction et elle est égale à zéro lorsque le *Velocity Code* est nul (s). La correction de pseudo-distance est donnée par :

$$RC_{\text{clock}}(t) = \delta\Delta T_{\text{sat}}(t) \times c \quad (4)$$

### ■ Corrections ionosphériques

Les corrections ionosphériques sont diffusées par EGNOS pour chacun des points d'une grille virtuelle située à 350 km d'altitude. Ces points sont appelés IGP (*Ionospheric Grid Points*). L'application des corrections ionosphériques par l'utilisateur se divise en cinq étapes :

1. Récupérer les points ionosphériques de la grille IGP transmise par EGNOS.
2. Récupérer le délai à chacun des IGP transmis.
3. Calculer les lignes de vue entre le récepteur et les satellites pour déter-

miner les IPP (*Ionospheric Pierce Point*). Le IPP est défini comme étant l'intersection entre la couche d'atmosphère située à 350 km d'altitude et la demi-droite ayant pour origine le récepteur, et pour direction celle du satellite GPS considéré.

4. Calculer les délais ionosphériques par interpolation aux IPP pour chacun des satellites corrigés.
5. Appliquer la correction ionosphérique correspondante (IC), elle est donnée par :

$$IC = F_{PP} \times \tau_{IPP}(m) \quad (6)$$

Tel que  $\tau_{IPP}(m)$  est le délai pour chaque IPP. Le récepteur prend en compte une fonction d'élévation ( $F_{PP}$ ) entre l'IPP et l'utilisateur [Arbesser-Rastburg.B ; 2002]. Le  $F_{PP}$  se calcule par :

$$F_{PP} = \left[ 1 - \left( \frac{R_e \cos E}{R_e + h_I} \right)^2 \right]^{-1/2} \quad (5)$$

Où  $E$  est l'angle d'élévation du satellite par rapport à l'utilisateur (radians) ;  $R_e$  est le rayon approximatif de la Terre (6378,1363 km) ;  $h_I$  est la hauteur de la densité maximale d'électrons.

À ces trois types de corrections s'ajoutent l'information sur le système EGNOS, l'information sur la dégradation des corrections et l'information sur l'intégrité [Sauer K. ; 2003].

Pour la correction troposphérique, le système EGNOS ne transmet pas de corrections troposphériques. Elle est corrigée grâce à un modèle assez simple en utilisant la position estimée du récepteur, élévation du satellite et le jour de l'année (VanLeeuwen S. et al. ; 2004). L'estimation du retard troposphérique prend alors la forme suivante (Eurocontrol ; 2003) :

$$RC_{\text{tropo}} = -(d_{\text{hyda}} + d_{\text{wet}}) \frac{1.001}{\sqrt{0.002001 + \sin^2(Eli)}} \quad (7)$$

Avec :  $RC_{\text{tropo}}$  estimation du retard troposphérique ;  $Eli$  angle d'élévation du satellite,  $d_{\text{hyda}}$  contribution sèche au délai zénithal et  $d_{\text{wet}}$  contribution humide au délai zénithal.

La variance des résidus des corrections troposphériques est donnée par :

$$\sigma_{i,\text{tropo}} = 0.12 \times m(Eli) \quad (8)$$

$m(Eli)$  est calculé par l'équation 9 pour des angles d'élévations supérieures à 5°.

$$m(Eli) = \frac{1.001}{\sqrt{0.002001 + \sin^2(Eli)}} \quad (9)$$

## Niveau de protection

EGNOS diffuse des paramètres permettant à l'utilisateur d'évaluer le degré de confiance dans les corrections différentielles et d'estimer une limite de son erreur de position ; ces paramètres appelés niveaux de protection (PL) définissent une zone où la position réelle de l'utilisateur se trouve avec une très haute certitude. Les niveaux de protection sont calculés à chaque instant par le récepteur en utilisant les paramètres suivants :

- UDRE : erreur de distance différentielle de l'utilisateur (*User Differential Ranging Error*), qui caractérise l'estimation des erreurs résiduelles sur les corrections orbite/horloge de chaque satellite ;
- GIVE (*Grid Ionospheric Vertical Error*) qui décrit le niveau d'erreur des corrections ionosphériques [Perrin O. ; 2004].

Ces deux paramètres sont transmis par EGNOS, tandis que les niveaux de protection horizontale et verticale sont calculés par le récepteur, ils sont calculés par :

$$HPL = K_h \times \sigma \quad VPL = K_v \times d \quad (10)$$

Pour l'aviation civile  $K_h$  est fixé à 6 et  $K_v$  est fixé à 5.33 pour les phases PA (*Precision Approach*). Ce paramètre peut néanmoins être modifié pour d'autres applications, par exemple terrestres ou maritimes, permettant ainsi de disposer de HPL réduits pour des probabilités plus importantes.

$\sigma$  et  $d$  : Variance verticale et horizontale de la position estimée en fonction de la matrice G et W telle que :

$$G_i = [-\cos Eli \sin Azi \quad -\cos Eli \cos Azi \quad -\sin Eli] \quad (11)$$

= ième ligne de G

$$W = \begin{bmatrix} 1/\sigma_1^2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1/\sigma_2^2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1/\sigma_N^2 \end{bmatrix} \quad (12)$$

$\sigma_i^2$  est la somme des variances pour chaque satellite ( $m^2$ ), elle est calculée par :

$$\sigma_i^2 = \sigma_{i,\text{flt}}^2 + \sigma_{i,\text{UIRE}}^2 + \sigma_{i,\text{air}}^2 + \sigma_{i,\text{tropo}}^2 \quad (13)$$

Tel que  $\sigma_{i,\text{flt}}^2$  est la variance des résidus des corrections lentes et rapides ( $m^2$ ),  $\sigma_{i,\text{UIRE}}^2$  est la variance des résidus des corrections ionosphériques ( $m^2$ ) ;  $\sigma_{i,\text{air}}^2$  est la variance des erreurs du récepteur aéroporté ( $m^2$ ), elle est



donnée par l'équation (14),  $\sigma_{i,tropo}^2$  est la variance des résidus des corrections troposphériques (m<sup>2</sup>) [Guay J-C. ; 2010].

$$\sigma_{i,air}^2 = \sigma_{i,noise}^2 + \sigma_{i,multipath}^2 + \sigma_{i,divg}^2 \quad (14)$$

$$\sigma_{i,multipath} = 0.13 + 0.53e^{(-ele_i/10deg)}(m) \quad (15)$$

Tel que  $ele_i$  est l'élévation du satellite. Les deux valeurs  $\sigma_{i,noise}^2$ ,  $\sigma_{i,divg}^2$  dépendent de la catégorie du récepteur GNSS.

## Résultats et Analyses

L'objectif de ce travail est d'analyser l'amélioration des performances du système EGNOS atteint lors de l'introduction d'une station RIMS pour différents sites nationaux, et comme EGNOS a été destiné aux applications de la navigation aérienne, les critères de cette application ont été considérés dans cette simulation. Le choix a été porté dans un premier temps sur les stations opérationnelles en 2015 qui sont au nombre de 39 (ESSP), et dans un deuxième temps l'analyse a été faite par l'ajout d'un site national aux stations déjà opérationnelles ; cinq sites ont été testés pour évaluer les meilleures performances du système EGNOS en Algérie :

1. EGNOS actuel (39 stations, sans station en Algérie).
2. EGNOS actuel + ajout d'une station à Tamanrasset : 22°83' Nord, 5° 46' Est (choix initial de l'Agence Spatiale européenne).
3. EGNOS actuel + ajout d'une station à Ghardaïa : 30° 34' 08" Nord, 2° 51' 53" Est.
4. EGNOS actuel + ajout d'une station à Laghouat : 33° 45' 52" Nord 2° 55' 42" Est.
5. EGNOS actuel + ajout d'une station à

Ouargla : 31° 55' 53" Nord 5° 24' 24" Est.

6. EGNOS actuel + ajout d'une station à Timimoun : 29° 14' 28" Nord 0° 17' 01" Est.

Ces tests ont été analysés avec le logiciel SBAS Simulator de l'ESA, les résultats dépendent du choix de plusieurs paramètres (RIMS filtre, RIMSnetwork) et des conditions initiales (constellation, date, zone...) :

- date : 18 février 2015 (journée 49) ; la constellation GPS contient 30 satellites ;
- dans cette étude on a choisi une zone qui contient tout le territoire algérien, elle est déterminée par : longitude min = -10°, longitude max = 15° et latitude min = 15°, latitude max = 40° ;

Les paramètres utilisés dans cette simulation sont les niveaux d'alarme (HAL et VAL) qui sont définis comme étant le maximum acceptable pour l'erreur de positionnement, ils sont fonction de la phase de vol considérée.

Pour cette étude l'approche avec guidage vertical APV I a été prise, elle est caractérisée par HAL = 40 m et VAL = 50 m [Shiun Jan S. ; 2003].

### ■ Choix optimal d'une station RIMS en Algérie

Le projet d'extension du système EGNOS vise à renforcer son segment terrestre dans le continent africain par l'installation de stations RIMS dans les pays concernés. Il a été prévu par l'ESA l'installation d'une station (RIMS) au niveau de l'aéroport international de Tamanrasset.

Les résultats de la simulation effectuée sur ce site ont montré que les performances du système ne peuvent

pas être atteintes sur tout le territoire algérien, mais garantissent plutôt une meilleure couverture dans la direction du réseau principal de stations RIMS (vers l'Europe, donc plus au Nord). Les conclusions tirées de cette étude ont été les suivantes [Kahlouche S., Tabti L. ; 2015] :

- les corrections fournies par chaque station RIMS dépendent des stations voisines ;
- l'amélioration de service EGNOS est interne du réseau des stations RIMS ;
- la portée entre deux RIMS est importante ; plus les stations sont voisines plus l'amélioration est importante, c'est-à-dire les stations isolées n'ont pratiquement aucune influence.

Pour toutes ces raisons, le déplacement de la station de Tamanrasset vers le centre de l'Algérie est primordial pour assurer une couverture meilleure et étendue du système EGNOS en Algérie. C'est dans ce cadre, que la suite de ce travail est portée sur l'analyse des performances du système EGNOS avec l'ajout de différents sites nationaux. Ces sites abritent des aéroports situés entre 30 et 35 degrés de latitude, en excluant ceux situés à l'extrême Ouest, proches de la station marocaine d'Agadir, ou à l'extrême Est, couverts par la station de Djerba (Tunisie).

### ■ Disponibilité du système EGNOS

L'utilisation des niveaux de protection (PL) offre une meilleure interprétation de la disponibilité du système EGNOS. La disponibilité d'EGNOS est calculée par rapport au pourcentage de temps où les niveaux de protection (HPL et VPL) se situent en dessous de leurs valeurs seuils (fixées pour un type d'opération par les limites d'alarme, i.e. HAL et VAL. On a deux cas :

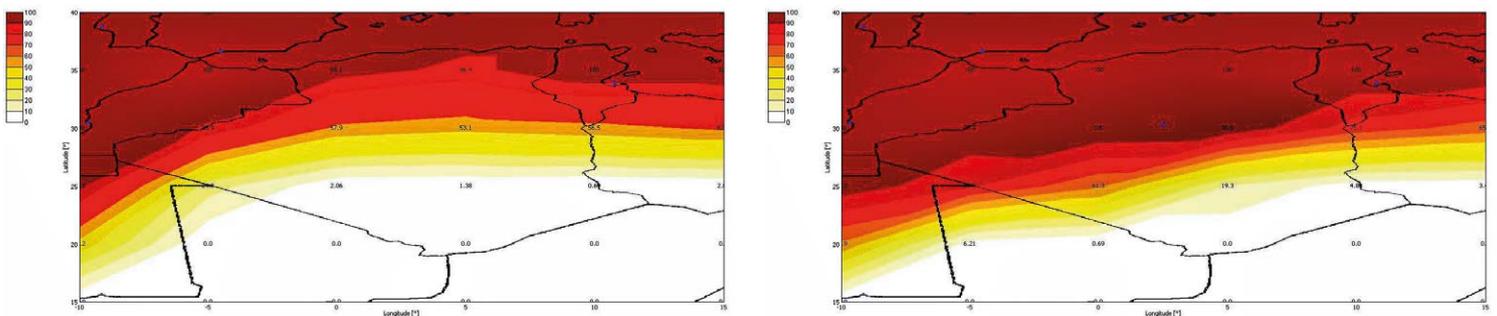


Figure 2. Disponibilité horizontale en % avec 39 stations RIMS (gauche) et 39 stations RIMS + la station de Ghardaïa (droite)



$\varphi$ : Latitude $\lambda$ : Longitude Sites	25° [0° 5°]	30° [0° 5°]	35° [0° 5°]
39 stations	[1.38 4.13]	[54.4 65.5]	[91.0 97.6]
39 stations + Ghardaïa	[22.0 66.9]	[98.6 100]	100
39 stations + Laghouat	[8.27 12.4]	[72.4 81.3]	100
39 stations + Ouargla	[14.4 22.7]	[88.9 83.4]	100
39 stations + Timimoun	[13.1 62.0]	[95.8 80.0]	100

**Tableau 1.** Disponibilité horizontale en % (HPL<HAL=40 m) avec 39 stations RIMS incluant le site choisi

$\varphi$ : Latitude $\lambda$ : Longitude Sites	25° [0° 5°]	30° [0° 5°]	35° [0° 5°]
39 stations	[1.38 4.83]	[66.9 71.0]	[96.5 97.2]
39 stations + Ghardaïa	[34.4 76.5]	[95.8 97.6]	99.3
39 stations + Laghouat	[10.3 14.4]	[89.6 92.4]	99.3
39 stations + Ouargla	[19.3 26.2]	[91.7 92.4]	99.3
39 stations + Timimoun	[29.1 74.4]	[93.7 97.9]	99.3

**Tableau 2.** Disponibilité verticale en % (VPL<VAL=50 m) avec 39 stations RIMS incluant le site choisi

Les résultats de simulation montrent que la disponibilité horizontale et verticale du système a été améliorée en Algérie, en particulier au nord, en incluant une station au centre de l'Algérie. Néanmoins cette disponibilité diminue en se déplaçant vers le sud. La disponibilité verticale du système EGNOS passe à plus de 95 % en incluant la station de Ghardaïa ; dans la zone comprise entre [0°,5°] en longitude et de 30° en latitude comme le montrent les *figures 2 et 3*.

- PL < AL Système disponible (intégrité garantie) ;
- PL ≥ AL Système non disponible (intégrité pas garantie) [Bureau. J ; 2012].

Les résultats de disponibilité en approche APV I pour les quatre sites sont donnés par les *tableaux 1 et 2* pour des latitudes 25, 30 et 35 degrés et entre [0° 5°] en longitudes.

### ■ Erreur sur la précision verticale de la grille ionosphérique

L'erreur sur la précision verticale de la grille ionosphérique est évaluée à

partir des indicateurs de précision sur la grille ionosphérique délivrés par le système EGNOS.

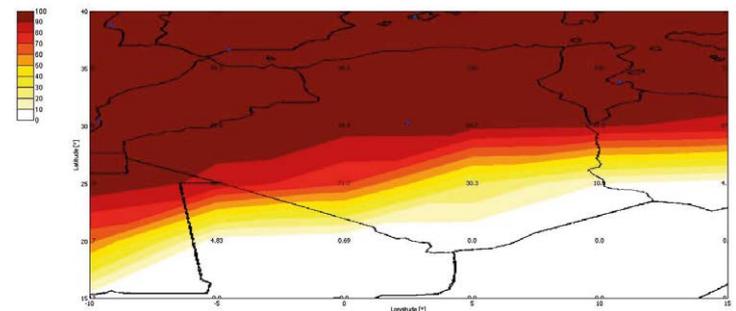
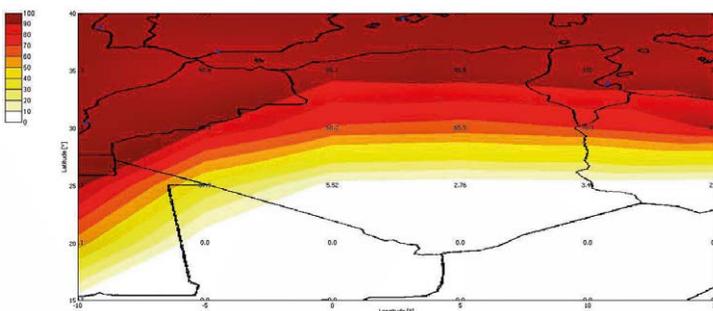
$\varphi$ : Latitude $\lambda$ : Longitude Sites	25° [0° 5°]	30° [0° 5°]	35° [0° 5°]
39 stations	[38.3 43.1]	[4.98 12.6]	0.54
39 stations + Ghardaïa	[0.73 0.74]	0.54	0.54
39 stations + Laghouat	[32.2 35.2]	[0.55 0.56]	0.54
39 stations + Ouargla	[3.2 31.5]	[0.54 0.56]	0.54
39 stations + Timimoun	[0.66 8.54]	[0.54 0.56]	0.54

**Tableau 3.**  $\sigma_{GIVE}$  avec 39 stations RIMS incluant le site choisi en mètres

La précision de la grille de corrections ionosphériques dépend du nombre des points IPP, ce nombre est directement lié au nombre des stations au sol, plus ce nombre augmente par l'ajout des stations RIMS, plus le nombre de points IPP augmente, plus la précision des corrections ionosphériques sera meilleure.

Le calcul de sigma GIVE permet de donner l'erreur verticale de la grille ionosphérique et chaque valeur correspond aux nombres de points IPP surveillé par les points ionosphériques de la grille IGP. Les résultats de sigma GIVE varient en mètres entre 0.54 (Latitude 35°) et 43 (Latitude 25°) et sont fournis par le tableau suivant. On peut constater que l'ajout d'une station RIMS permet de diminuer les valeurs de sigma GIVE, cela est expliqué par l'augmentation de satellites surveillés donc l'augmentation du nombre de points IPP qui permettent d'améliorer la précision verticale de la grille ionosphérique.

D'après les résultats du *tableau 3*, on peut constater que l'ajout de la station de Ghardaïa permet d'avoir une valeur maximale de sigma GIVE égale à 0.74 m alors que sa valeur était 38.3 m avec le réseau actuel (39 stations).



**Figure 3.** Disponibilité verticale en % avec 39 stations RIMS (gauche) et 39 stations RIMS + la station de Ghardaïa (droite)

## Conclusion

A partir de cette étude on constate que le choix du site dépend principalement de l'application considérée en priorité, en fixant préalablement les paramètres de la simulation.

À terme de ce travail nous avons atteint notre objectif qui est de tester les performances du système EGNOS dans différents sites nationaux. Quatre sites ont été testés pour évaluer les meilleures performances du système EGNOS en Algérie.

Les tests effectués sur nos sites nous ont permis de conclure que les corrections d'EGNOS peuvent être utilisées seulement pour le territoire couvert par les stations RIMS du système. Les conclusions tirées de cette étude ont été les suivantes :

- l'ajout d'une station en Algérie permet d'augmenter la disponibilité du système et de réduire l'erreur sur la précision verticale de la grille ionosphérique ;
- la mise en place d'un site au centre de l'Algérie, en particulier à Ghardaïa permet d'avoir une bonne exploitation du système et en même temps étendre sa zone de couverture ;
- les sites de Ghardaïa, Laghouat, Ouargla ou même Timimoun permettent d'avoir les meilleurs résultats, spécialement au-dessus de latitude 30 degrés ; de ce fait, l'ajout de l'une de ces stations permet d'améliorer la couverture d'EGNOS.

Finalement, les critères pour sélectionner le meilleur emplacement d'une station RIMS dépendent de nombreux facteurs, non seulement techniques, mais aussi institutionnels, politiques ou réglementaires et sans oublier les considérations de sécurité. ●

## Contacts

**Tabti LAHOUIA - Kahlouche SALEM**  
Département de Géodésie Spatiale  
Centre des Techniques Spatiales  
Email : ltabti@cts.asal.dz

**Benadda BELKACEM**  
Laboratoire de Télécommunications  
de Tlemcen

## Bibliographie

- Arbesser-Rastburg B. [2002]** : *Ionospheric Corrections for satellite navigation using EGNOS*, European Space Agency, ESA-ESTEC, TOS-EEP.
- Bureau J. [2012]** : *Définition et analyse statistique d'une mesure d'intégrité pour données GPS/EGNOS*, thèse de doctorat, Université Toulouse 3 Paul Sabatier.
- Commission des Communautés Européennes [2003]** : *Intégration du programme EGNOS dans le programme GALILEO*.
- ESA [2011]** : *GUIDE EGNOS; à l'usage des Développeurs d'Applications*. Commission Européenne, ED 2.0.
- ESSP [2015]** : <http://egnos-user-support.essp-sas.eu/>
- EUROCONTROL [2003]** : *Technical Notes on SBAS, PEG-TN-SBAS*. V, 15, 20, 21, European Space Agency (SBASimulator) ; <http://www.egnos.pro.esa.int/sbasimulator>
- Gillieron P-Y. [2004]** : *Principes et Architecture des Systèmes d'Augmentation*, Laboratoire de topométrie, EPFL. Réf : EGN-SDD EDAS, V2.0.
- Guay J-C. [2010]** : *Récepteur SBAS-GNSS logiciel pour des applications temps réel*, École De Technologie Supérieure, Université du Québec, maîtrise en génie électrique.
- Jimenez-Baños D., Powe M., Rajmather A., Toran F., Flament D., Chatre E. [2011]** : *EGNOS Open Service Guidelines for receivers manufacturers* ; 24th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, Portland OR.
- Kahlouche S., Tabti L. [2015]** : *Feasibility study and site choice for an EGNOS station in Algeria*, International Committee on Global Navigation Satellite Systems, Experts Meeting on Global Navigation Satellite Systems (GNSS) Services. Vienna, Austria.
- Perrin O. [2004]** : *Performances d'EGNOS et applications Cours IGSO -EPFL*, Agence Spatiale Européenne.
- Sauer K. [2003]** : *Integrated high precision kinematic positioning using GPS and EGNOS observations*; thèse de doctorat, University of London.
- Shiunjan S. [2003]** : *Aircraft landing using a modernized global positioning system*

*and the wide area augmentation system*; thèse de doctorat, Stanford University.

**Van Leeuwen S., Vander Marel H., Tossaint Mand Martelluci A. [2004]** : *Validation of SBAS MOPS troposphere model over the EGNOS service area*, Naational Lucht, En Ruimtevaartlaboratorium, National Aerospace Laboratory NLR.

**Ventura-Traveset J., Michel P. and Gauthier. L [2004]** : *Architecture, mission and signal processing aspects of the EGNOS System: the first European implementation of GNSS*; European Space Agency (ESA).

**Walter T. [2012]** : *Satellite Navigation for Guidance of Aircraft*, Presented to Workshop on Science Application of GNSS in Developing.

## ABSTRACT

**Key world:** EGNOS, GPS, protection level, alarm limit, ionospheric correction, RIMS stations.

*The performance of the EGNOS system was analyzed in terms of availability through the following variables, protection level HPL and VPL (Horizontal and Vertical Protection Level) based on alarm limit (HAL Horizontal or VAL Vertical alarm Limit) and ionospheric error analysis. To carry out our study, we opted for five airports namely: Tamanrasset, Ghardaïa, Laghouat, Ouargla and Timimoun, these sites have been added to the existing networks of the RIMS (Ranging and Integrity Monitoring Stations) stations of the EGNOS system.*

*In Algeria, we found that EGNOS provides good coverage in the north, however heading to the south this coverage is decreasing. The addition of one station in the center of Algeria should allow a good service of the system and at the same time should extend its coverage area. The results simulation of the Ghardaïa station show that in Algeria, the performance of EGNOS system is better, especially in the area between [0 °, 5 °] in longitude and 30 ° in latitude.*