



UFR DES SCIENCES DE L'INGENIEUR

FEDERATION INTERNATIONALE DES GEOMETRES (FIG)
WORKING WEEK 2024

"Your World, Our World: Resilient Environment and Sustainable Resource Management for All," highlights the role of geospatial technologies and innovations in ensuring a resilient environment and sustainable natural resource management".

Accra (Ghana) du 19 au 24 mai 2024

ITRF et Référentiels géodésiques en Afrique

Diogoye DIOUF, Sénégal

ITRF and Geodetic Reference Frames in Africa (12365)
Diogoye Diouf (Senegal)

FIG Working Week 2024
Your World, Our World: Resilient Environment and Sustainable Resource Management for all
Accra, Ghana, 19–24 May 2024

ABSTRACT

The establishment and adoption of a global terrestrial reference frame in line with the new technologies used in positioning for various needs has materialized with the realization of the International Terrestrial Reference Frame (ITRF). The many stations (VLBI, SLR, GNSS and DORIS) that define this geodetic terrestrial reference frame are spread over the entire globe. To this end, with the many data collected continuously and the computing and analysis centers involved, they make it possible to provide quality products and solutions for both professionals and researchers in different fields (geodesy, geodynamics, geophysics, meteorology, etc.). This situation makes the ITRF the global geodetic reference frame that must be covered and serve as a basis for the various regional and national geodetic benchmarks in order to arrive at a global, homogeneous, precise, reliable and accessible geodetic frame for all the applications made of it.

This study thus aims to show the situation of the ITRF on the African continent with the distribution of the various stations that compose it and to map the attachment of the Datums in force in relation to the ITRF.

It has, for this purpose, been noted that the alignment with the ITRF of the geodetic reference systems in Africa still remains to be improved if one refers to this noted heterogeneity of the geodetic reference systems in force in the African countries, to the delay in the concretization from the only continental initiative for the implementation of a regional terrestrial reference system of the EUREF, NAD83 or SIRGAS type and to the still rather limited and disparate densification of the stations of the International GNSS Service (IGS). The possibilities of using the ITRF in Africa, like in other regions of the world, remain relatively limited for this purpose. An even more correct densification of the ITRF would make it possible to further improve the quality of certain products in Africa, such as the tropospheric models useful for the PPP, especially the PPP-RT, the velocity models which would better integrate the intra-plate movements and a ease of adopting a common frame of reference in cross-border projects.

Key words : ITRF; AFREF; Africa ; IGS

RESUME :

La mise en place et l'adoption d'un référentiel géodésique mondial en phase avec les nouvelles technologies utilisées dans le positionnement pour des besoins divers se sont concrétisées avec la réalisation du repère international de référence terrestre (ITRF). Les nombreuses stations (VLBI, SLR, GNSS et DORIS) qui définissent ce repère géodésique sont réparties sur l'ensemble du globe. Elles permettent à cet effet, avec les nombreuses données collectées continuellement et les centres de calculs et d'analyse impliqués, de fournir des produits et solutions de qualité aussi bien pour les professionnels que pour les chercheurs de différents domaines (Géodésie, géodynamique, géophysique, météorologie, etc.). Cette situation fait de l'ITRF le repère de référence mondial devant coiffer et servir de base aux différents repères géodésiques régionaux et nationaux afin d'arriver à un référentiel géodésique global, homogène, précis, fiable et accessible pour toutes les applications qui en sont faites.

Cette étude a ainsi pour objectifs, de montrer la situation de l'ITRF sur le continent africain avec la répartition des différentes stations qui le composent et de faire la cartographie du rattachement des référentiels géodésiques en vigueur par rapport à l'ITRF.

Il a, à cet effet, été noté, que l'alignement à l'ITRF des référentiels géodésiques en Afrique reste encore à améliorer si on se réfère à cette hétérogénéité notée des repères géodésiques en vigueur dans les pays africains, au retard dans la concrétisation de la seule initiative continentale pour la mise en place d'un référentiel régional de type EUREF, NAD83 ou SIRGAS et à la densification encore assez limitée et disparate des stations de l'International GNSS Service (IGS). Les possibilités d'utilisation de l'ITRF en Afrique à l'image des autres régions du monde restent à cet effet relativement limitées. Une densification encore plus correcte de l'ITRF permettrait, d'améliorer encore la qualité de certains produits en Afrique comme les modèles troposphériques utiles pour le PPP surtout le PPP-RT, les modèles de vitesses qui intégreraient davantage les mouvements intra-plaques et une facilité d'adoption d'un référentiel commun dans les projets transfrontaliers.

Mots clés : ITRF ; AFREF ; Afrique ; IGS

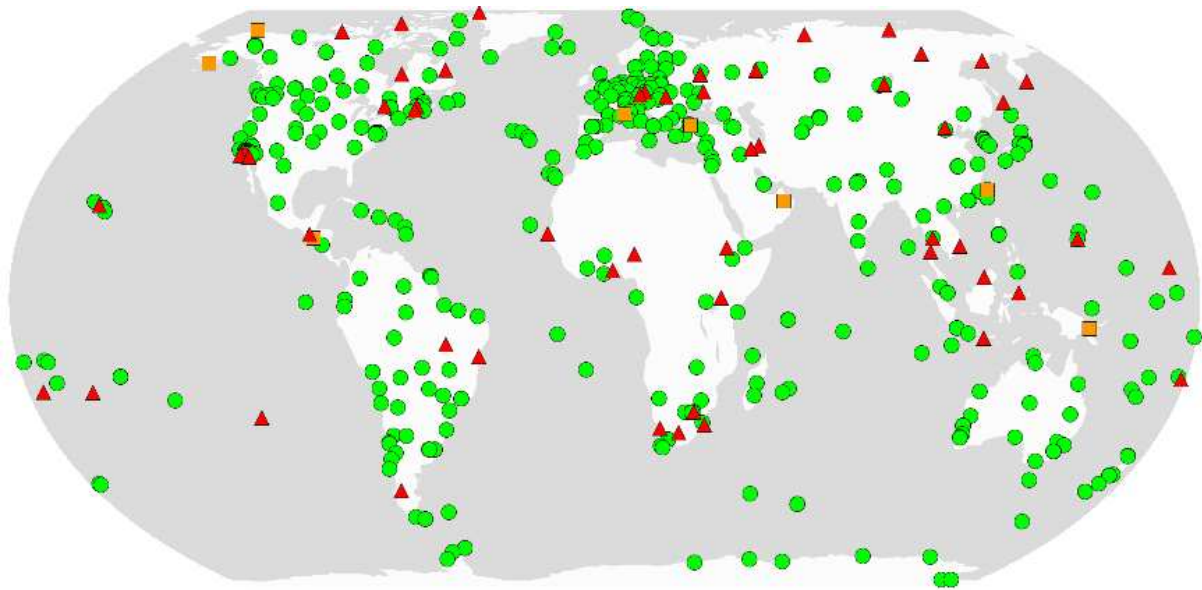
INTRODUCTION

Le repère de référence géodésique mondial (ITRF) est devenu depuis une dizaine d'années, le référentiel géodésique de référence de la communauté scientifique et internationale. Plusieurs régions et pays ont à cet effet, depuis sa mise en place, modernisé leurs infrastructures géodésiques afin de les aligner à l'ITRF conformément à la résolution des Nations Unies (ONU) du 26 février 2015 sur la mise en place d'un référentiel géodésique mondial pour le développement durable (United Nations, 2015).

Cette approche devrait permettre dès lors, de remplacer les réseaux géodésiques traditionnels dont certains n'étant pas en phase avec les nouvelles techniques de positionnement utilisées, mais aussi, de disposer d'un référentiel mondial précis, fiable, homogène et accessible à tous. A cet effet, de nombreuses évolutions du dit référentiel ont été notées depuis son adoption, qui ont permis d'améliorer la qualité des produits qui en sont issus et de le rendre plus accessible. Néanmoins, cette évolution notée reste encore assez limitée et plus faible en Afrique, qui représente le plus grand continent après l'Asie.

1. ITRF EN AFRIQUE

Le développement de l'infrastructure géodésique mondiale s'est fait en Afrique de manière assez limitée et pas homogène, avec peu de stations GNSS permanentes encore appelées *Continuously Operating Reference Station (CORS)* qui s'ajoutaient en chaque version de l'ITRF pour ce continent. Il faut noter que la répartition des stations de l'ITRF représentant les quatre techniques précédemment citées n'est pas homogène. On peut facilement voir que l'Afrique représente, malgré son étendue, le continent abritant moins de stations de l'ITRF (cf. figures 1 et 2).



- En vert, les CORS pour lesquelles les données ont été reçues les 10 derniers jours
- En orange, les CORS pour lesquelles les données n'ont pas été reçues les 30 derniers jours
- En rouge, les CORS pour lesquelles les données n'ont pas été reçues depuis plus de 30 jours

Figure 1 : Répartition des 516 CORS de l'IGS en juillet 2023 (<https://network.igs.org/>, 10 juillet 2023)

Nous pouvons noter, qu'en plus de ce nombre de stations assez limité, l'Afrique présente une densité de stations (CORS) présentant des anomalies plus importantes dans le long terme. Cette situation pourrait être expliquée par différents facteurs dont certains sont plus répandus en Afrique :

- ✓ Ressources humaines qualifiées pour assurer la gestion et la maintenance des stations pas toujours disponibles ;
- ✓ Stations mises en place sans un plan clair de pérennisation et de gestion durable ;
- ✓ Ressources financières affectées à la gestion des stations pas toujours disponibles ;
- ✓ Plan d'accompagnement pour la maintenance et le transfert de compétence pas toujours intégré dans les contrats d'acquisition et de mise en place de ces stations GNSS permanentes ;
- ✓ Insuffisance dans l'harmonisation et la centralisation par une structure dédiée comme les instituts géographiques nationaux par exemple, des CORS ou des données issues des différentes CORS mises en place dans le cadre d'initiatives pouvant être différentes

dans un même pays :
ITRF and Geodetic Reference Frames in Africa (12365)

Diogoye Diouf (Senegal)

- ✓ Absence d'un cadre d'échange et de partage d'expérience et de bonnes pratiques entre

les acteurs

en charge des infrastructures géodésiques des différents pays et des

Your World, Our World: Resilient Environment and Sustainable Resource Management for all

Accra, Ghana, 19–24 May 2024

organismes internationaux comme l'AFREF (African Reference Frame) et l'IGS (International GNSS Service) ;

- ✓ Connexion internet parfois défaillante, voir absente dans certaines zones ;
- ✓ Absence d'un système d'alerte et d'assistance aux organismes locaux gérant des stations rattachées au réseau de l'IGS.



Figure 2 : Répartition spatiale des CORS de l'IGS en 2022

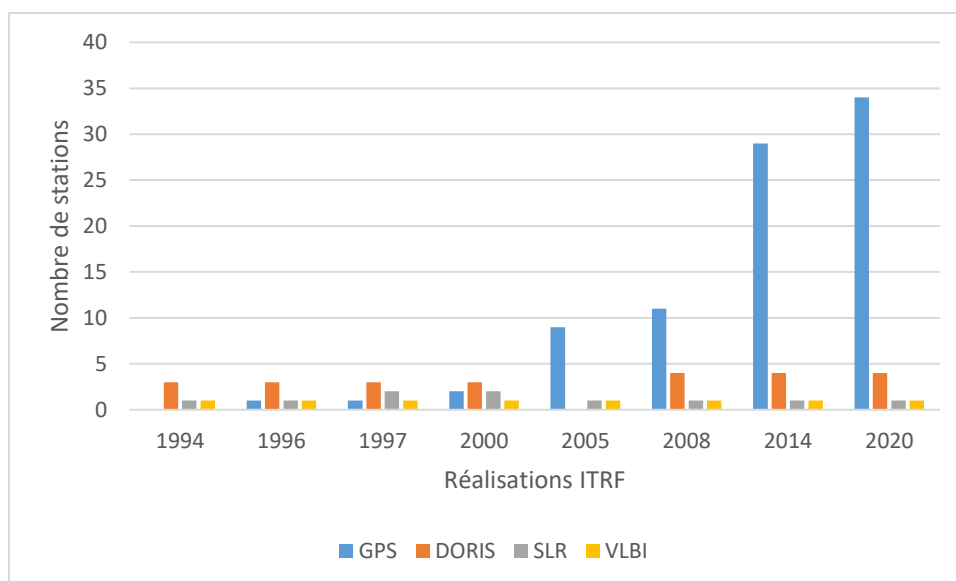


Figure 3 : Evolution des stations de l'IGS en Afrique

Il faut noter que cette évolution assez limitée des stations de l'IGS en Afrique (cf. figure 3) s'est également faite de manière disproportionnée. L'Afrique du sud abrite à elle seule, en tant qu'Etat, 47% des stations de l'IGS de l'ITRF2020 en Afrique au moment où on répertorie qu'une seule station (CORS) en Afrique du nord qui se trouve au Maroc. Une telle répartition pourrait ne pas offrir une couverture géométrique optimale pour l'estimation précise de certains produits IGS. On peut noter par exemple, au même moment, douze nouvelles CORS en France et 15 nouvelles CORS en Allemagne, intégrées dans l'ITRF2020.

Malgré cette évolution lente du nombre de stations en Afrique intégrées dans le réseau de l'IGS, de nombreuses initiatives de modernisation des infrastructures géodésiques et de mise en place de stations GNSS permanentes ont été notées ces dernières années dans de nombreux pays africains. A cet effet, beaucoup de pays en Afrique ont pu aligner leurs référentiels géodésiques nationaux aux standards internationaux en la matière, par la mise en place d'un réseau géodésique actif ou hybride. On peut citer par exemples, l'Afrique du Sud, le Maroc, l'Algérie, le Nigéria, le Burkina Faso, le Sénégal (projet en cours), etc. Mais certains pays font malheureusement, souvent face au défi de la pérennisation de ces stations, ce qui est fondamental pour une infrastructure géodésique fiable et pour une densification plus aboutie du réseau de l'IGS.

2. SITUATION DES REFERENTIELS GEODESIQUES EN AFRIQUE FACE A L'ITRF

Les référentiels géodésiques actuellement utilisés dans les pays africains sont caractérisés par leur hétérogénéité malgré les nombreuses avancées notées. L'inventaire que nous avons fait sur les systèmes géodésiques actuellement en vigueur en Afrique nous a permis de constater que parmi les pays pour lesquels nous avons obtenu des informations (43 sur les 54), 37% disposent de repères de référence rattachés à une version ITRF (yyyy) à une époque (eeee.ee) connue. Les autres pays utilisent soit des canevas officiellement rattachés à une version de l'ITRF ou WGS84 sans qu'on ait trouvé l'époque associée (Rwanda, Togo, Erythrée, etc.), soit des canevas locaux qui peuvent parfois être associés à la définition de quelques points indépendants déterminés dans le WGS84 (Niger, Gabon, Guinée Equatoriale, etc.).

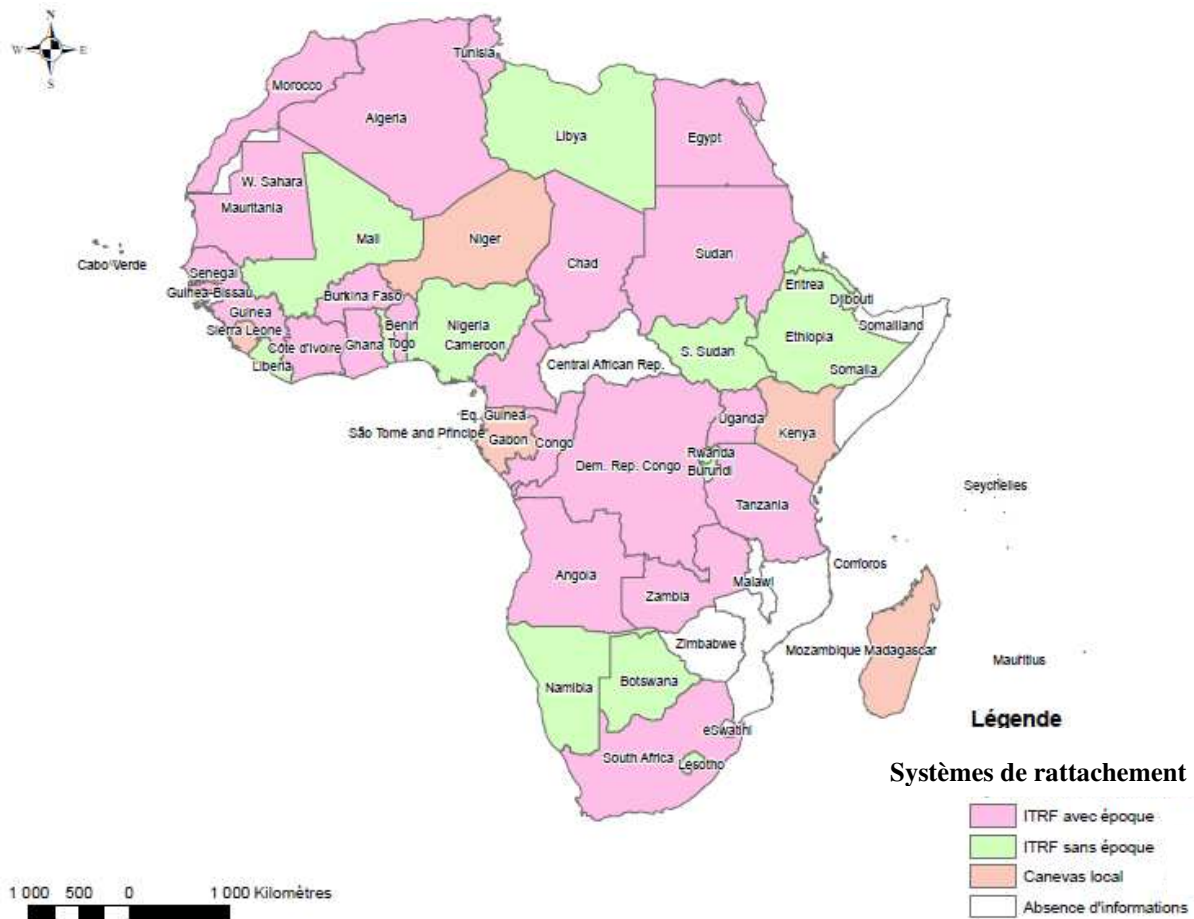


Figure 10 : Systèmes de rattachement des référentiels géodésiques en Afrique en 2020

La répartition spatiale (voir figure 12) des systèmes de rattachement des référentiels géodésiques nationaux utilisés actuellement en Afrique, montre que malgré les efforts faits par Diogoye Diouf (Senegal)

certains pays, en s'alignant aux recommandations de la communauté internationale en matière FIG Working Week 2024

de gestion de l'information géospatiale, des efforts restent encore à faire pour un bon nombre de pays. Il serait donc judicieux, d'encourager, de sensibiliser et d'appuyer ces pays, à mettre leur infrastructure géodésique en phase avec le repère de référence international Terrestre (ITRF) pour un accès et une utilisation de l'information géo-spatiale cohérent et équitable au service du développement de tous les Etats. L'initiative de mise en place d'un référentiel unifié pour l'Afrique dénommé African Referentiel Frame (AFREF), si elle aboutit pleinement, pourrait être une bonne opportunité pouvant permettre d'avoir des stations GNSS permanentes dans les différents pays en Afrique (Wonnacott, 2006).

3. RECOMMANDATIONS

Une densification encore plus correcte de l'ITRF permettrait certainement, d'améliorer la qualité de certains produits en Afrique comme les modèles troposphériques utiles pour le PPP surtout le PPP-RT, les modèles de vitesses qui intégreraient davantage les mouvements intra-plaques.

A cet effet, pour concrétiser une telle ambition, nous préconisons les recommandations suivantes :

- ✓ Mieux faire connaître les exigences de l'IGS pour les stations GNSS permanentes rattachées auprès des acteurs locaux impliqués dans la mise en place et la gestion des CORS ;
- ✓ Encourager les Etats et les structures nationales en charge des infrastructures géodésiques nationales à proposer à l'IGS l'intégration des CORS de leurs pays répondant aux normes de l'IGS ;
- ✓ Partager ou établir un manuel des bonnes pratiques de mise en place, de gestion et de pérennisation de CORS, basées sur les expériences acquises avec les CORS installées en Afrique en particulier et dans les autres régions en général ;
- ✓ Appuyer la formation des acteurs locaux pour une expertise locale suffisamment outillée ;
- ✓ faire adopter aux Etats africains (ou aux organismes sous régionaux) des résolutions permettant l'installation de stations GNSS permanentes de niveaux 1 et 2 dans chaque projet de modernisation d'infrastructures géodésiques et/ou par rapport à un agenda défini ;

ITRF and Geodetic Reference Frames in Africa (12365)

Diogoye Diouf (Senegal)

Favoriser et faire précéder des études de faisabilité claires avant la mise en place de stations GNSS permanentes particulièrement dans le cadre de la modernisation et/ou

FIG Working Week 2024

Your World, Our World: Resilient Environment and Sustainable Resource Management for all

Accra, Ghana, 19–24 May 2024

de la densification de réseaux géodésiques, afin d'identifier à minima, les différents atouts, les risques et les solutions dans le court, moyen et long termes préconisées pour la concrétisation d'un tel projet ;

- ✓ répertorier les stations GNSS permanentes installées dans le cadre d'autres initiatives pour leur intégration à l'AFREF après contrôle et validation ;
- ✓ Faire l'état des lieux, le diagnostic et relancer le projet AFREF.

CONCLUSION

L'ITRF, à travers les quatre techniques de géodésie utilisées (VLBI, SLR, DORIS et GNSS) permet de collecter différentes données sur les mouvements globaux de la croûte terrestre, les mouvements du géocentre, de l'axe de rotation de la Terre, etc. L'un de ses avantages, par rapport aux autres initiatives dans ce sens, réside dans la collecte de quantités de données importantes et croissantes au fur des années sur l'ensemble du globe. On pourrait, à cet effet, même si la détermination précise de certains produits comme les orbites ne nécessitent pas une certaine densité de stations, se demander si certaines déterminations ou produits de l'IGS ne pourraient pas encore gagner une certaine fiabilité si le deuxième plus grand continent du monde fournissait encore plus de données relatives à la Terre à l'image des autres continents ?

Il faudra également noter que seule une densification suffisante des stations GNSS permanentes de l'IGS dans les différents pays et régions du monde reste le seul gage d'arriver à un référentiel géodésique mondial partout accessible et fiable pour une gestion des informations géo spatiales plus cohérentes au niveau interétatique ou mondial. L'Afrique a, à cet effet, un important rôle à jouer à travers les différents Etats, afin de répondre d'abord aux besoins et aux enjeux de l'information géo spatiale actuels et ensuite aux besoins scientifiques et techniques de manière général.

BIBLIOGRAPHIE

Bnetd/cct/2013/rs02 - juillet 2013. Troisième session du comité d'experts des nations unies sur la gestion de l'information géospatiale à l'échelle mondiale » Cambridge (Royaume-Uni), 24-26 juillet 2013

Carme J.L., 2012. Le nouveau réseau géodésique national du Cameroun. Revue XYZ n° 131 – 2e trimestre 2012

Carrere J., Mestrallet C., Perrichet C. et Sallat R., 1987. L'œuvre de l'Institut Géographique National en Afrique au sud du Sahara et à Madagascar (1945-1985). Bulletin d'information de l'IGN 90/2.

Degbegnon L., 2012. Enjeux et perspectives du réseau géodésique béninois avec la mise en place des stations permanentes, FIG Working Week, May Rome Italie.

E/eca/codist/1/6, février 2009. Mise en place du référentiel géodésique africain (AFREF) proposition de projet.

El Fettah N., 2003. Vers une redéfinition du référentiel géodésique Marocain. 2nd FIG Regional Conference Marrakech, Morocco, December 2-5, 2003

El Hussieny M. et al., 2021. Assessment of NRCAN PPP online service in determination of crustal velocity : case study Northern Egypt GNSS Network. Arabian Journal of Geosciences · February 2021 DOI: 10.1007/s12517-021-06530-8

Salem A., 2002. Sur l'unification des systèmes géodésiques en Tunisie, Communication proposée pour le Colloque Scientifique International sur le Cadastre Tunis, 25-26 Octobre 2002.

Wonnacott R., 2006. The AFREF Project: Background, Rationale and Progress. Workshop of 5th FIG Regional Conference Accra, Ghana, March 8-11, 2006.

Wonnacott R., 2012. AFREF: Concept and Progress. United Nations Regional Cartographic Conference For Asia and the Pacific, Bangkok 2 November 2012.

<http://afrefdata.org/>

<http://www.epsg.org/>

www.fao.org/3/W7238F/w7238f04.htm

<http://www.igs.org/products>

CONTACTS

Diogoye DIOUF
ITRF and Geodetic Reference Frames in Africa (12365)

Diogoye Diouf (Senegal),
UR Sciences de l'Ingénieur,

FIG Working Week 2024

Your World, Our World: Resilient Environment and Sustainable Resource Management for all
Accra, Ghana, 19–24 May 2024

Université Iba Der Thiam de Thiès,

Thiès, site VCN, Thiès

Sénégal

Tél : +221 77 273 72 75

Email : diogoye.diouf@univ-thies.sn