



HAL
open science

Les biais systématiques des indicateurs globaux de précipitations en zones arides et montagneuses: un essai d'analyse régionale.

Jean-Claude Bergès, Gérard Beltrando

► To cite this version:

Jean-Claude Bergès, Gérard Beltrando. Les biais systématiques des indicateurs globaux de précipitations en zones arides et montagneuses: un essai d'analyse régionale.. XXVème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Sep 2012, Grenoble, France. p.125-130. hal-01021007

HAL Id: hal-01021007

<https://hal.science/hal-01021007v1>

Submitted on 4 Aug 2014

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.

Les biais systématiques des indicateurs globaux de précipitations en zones arides et montagneuses: un essai d'analyse régionale.

J.C.Bergès¹, G. Beltrando²

¹ UMR PRODIG/université Paris 1, 2 rue Valette 75005 Paris,

² UMR PRODIG/université Paris 7, rue du Javelot 750013, beltrando@univ-paris-diderot.fr

Résumé :

Le dispositif d'observation spatiale des précipitation s'étend rapidement avec la mise en orbite de nouveaux capteurs micro-onde. Et plusieurs produits globaux de précipitation sont disponibles sur le Web. Ce papier se concentre sur deux produits : le GSMAP-MVK+ et le GPCP-1DD. Il effectue une analyse régionale des biais et met en relation les erreurs avec les caractéristiques des algorithmes d'estimation. Le résultat principal est que, bien que la méthode micro-onde la plus avancée se comporte mieux pour les estimations à échelle locale, les phénomènes orographiques sont largement sous-estimés. Cette conclusion amène à considérer une adaptation des méthodes de réduction d'échelle en face de phénomènes orographiques significatifs.

Abstract :

Satellite observation system of rain events is quickly expanding with the new microwave sensors. And several global rainfall products are broadcasted on the Web. This paper focuses on two products : the GSMAP-MVK+ and the GPCP-1DD. It performs a bias regional analysis and relates the estimation errors to the algorithm design. The main results is, whereas the most advanced microwave estimator performs better for local scale rainfall retrieval, the orographic phenomena are deeply underestimated. This conclusion raises the issue of adapting the downscaling method in front of significant orographic effects.

Mot clés: *précipitations, télédétection, effets orographiques*

Introduction

Depuis 1980, l'extension progressive des dispositifs de mesures spatiales a eu un impact positif sur la disponibilité et la précision des produits globaux de restitution de champs de précipitation. La disponibilité de cette information est particulièrement sensible en zone intertropicale ou d'une part le réseau sol est insuffisant et ou d'autre part les précipitations, essentiellement associées à la convection profonde, présentent une grande variabilité. (Houze, 2004). La plupart de ces produits sont disponibles en temps quasi-réel sur le Web et fournissent des cumuls de précipitation à différentes échelles.

Cette multiplicité amène à questionner la qualité relative de ces produits et la nature de leurs biais. La question de l'échelle de validité est d'autant plus sensible que les problématiques aujourd'hui dominantes portent sur les questions de changement climatique global. Un même produit peut présenter des caractéristiques statistiques correcte à cette échelle et présenter des biais systématiques pour des analyses locales. Dans ce travail, nous nous proposons d'analyser régionalement de la qualité d'estimation et de relier les erreurs aux caractéristiques des algorithmes de production des estimateurs.

Nous comparerons deux produits de précipitation qui diffèrent profondément bien qu'ils utilisent des sources de données très similaires : le Global Precipitation Climatology Product (GPCP) et le Global Satellite MApping of Precipitation (GSMAP). Les champs de réanalyse du Global Precipitation Climate Center (GPCC) seront utilisés pour la validation. Ce centre, rattaché au service météorologique allemand (DWD), maintient une base de postes pluviométriques et fournit des champs interpolés à partir de ces données (Beck et al, 2005).

1. Le dilemme de la conception d'un produit de précipitation

Les satellites météorologiques fournissent deux types d'information susceptibles d'être intégrés dans un produit global de précipitation : d'une part les enregistrements dans les longueurs d'onde infrarouges et visibles des géostationnaires et d'autre part ceux réalisés à travers les capteurs micro-ondes passives des défilants. Ces deux types de données différents aussi bien par la relation physique avec les précipitations que par leurs caractéristiques de prises de vue.

La relation statistique entre température de sommet de nuage et intensité de précipitation est bien connue. Déjà en 1981, une première méthode d'estimation globale, le GOES Precipitation Index, se basait sur les images des géostationnaires (Arkin et Meisner, 1987). Les algorithmes de restitution ont été considérablement raffinés depuis mais reposent toujours sur le même postulat implicite : les canaux infra-rouges thermiques permettent d'opérer une classification nuageuse pertinente en terme d'intensité de précipitation. La validité de cette approche est purement statistique et dépend donc étroitement des échelles de restitution.

Les longueurs d'onde utilisées en micro-ondes passives se trouvent dans la bande de fréquence de 10 GHz (30mm) à 150 GHz (2 mm). Pour ces fréquences le signal enregistré correspond principalement à une émission provenant de la surface et de l'atmosphère terrestre. L'intérêt de cette bande par rapport à l'infrarouge thermique est que le signal émis sera peu perturbé par les cristaux de glace de petites tailles et ne sera sensible qu'aux plus gros hydrométéores. Le capteur micro-onde ne verra donc pas l'ensemble du couvert nuageux mais seulement les zones de précipitation. Sur terre, seules les longueurs d'onde les plus courtes de la bande seront utilisées. Dans ces longueurs d'onde l'effet principal des précipitations est de rétro-diffuser une partie du signal de surface et donc d'atténuer le signal mesuré par le satellite (Kummerow, 1996).

Bien que la relation avec les précipitations soit plus directe dans le domaine des micro-ondes que dans celui de l'infrarouge thermique, les conditions d'acquisition sont beaucoup moins favorables. Les capteurs micro-ondes ne sont installés qu'à bord de satellites défilants et leur résolution spatiale est plus grossière que celle des radiomètres imageurs en orbite géostationnaire. Concevoir un produit satellite global de précipitation revient donc à combiner des deux sources d'information offrant une bonne couverture temporelle et spatiale et indirectement reliée au phénomène avec une autre source d'information plus directement reliée aux pluies mais à la couverture plus discontinue. Et sur ce point les deux produits GSMaP et GPCP diffèrent très sensiblement.

Un autre point qui doit être souligné est que la relation entre émission micro-onde et intensité de précipitation ne peut en aucun cas être explicitement résolue même si le profil vertical d'atmosphère et les paramètres de surface sont connus. Il n'est pas possible d'appliquer une relation inverse à partir d'un modèle de transfert radiatif qui déduirait une température de brillance pour chaque classe de taille d'hydrométéore. Ceci est dû à l'hétérogénéité, à différentes échelles, des caractéristiques microphysiques de ces hydrométéores. Les deux produits de précipitation adoptent également des stratégies différentes pour les restitutions d'intensité de précipitation à partir de l'information micro-onde mais dans les deux cas l'estimation se fait à travers une méthode Bayésienne. Les probabilités a priori sont définies à partir du satellite TRMM qui combine radar de précipitation et micro-ondes passives. Enfin les difficultés d'inter-calibration des différents satellites ne doivent pas être sous-estimées. Sur des plate-formes pour la plupart héliosynchrone, ceci est susceptible d'introduire des biais significatifs dans l'échantillonnage du cycle diurne.

Le GPCP (Adler et al, 2003) est diffusé sous forme deux produits : 1° quotidien et 2.5° mensuel. La première étape consiste en une estimation micro-onde basée sur le canal 85 GHz de l'ensemble des satellites disponibles. La répétitivité à l'équateur de ce premier produit est d'environ trois heures et il est combiné par une adaptation d'histogramme avec un canal infra-rouge thermique de géostationnaire pour assurer la continuité temporelle. Ce nouvel estimateur est ensuite ajusté sur les postes pluviométriques provenant du produit GPCC-suivi à l'échelle du produit GPCP 2.5° mensuel. Le GPCP 1° quotidien est ensuite obtenu par une réduction d'échelle basée uniquement sur l'information satellite.

Le GSMAP (Kubota et al, 2007) donne un poids beaucoup plus fort à l'estimation micro-onde des précipitations. Cet algorithme d'estimation est une évolution de celui du GPCP : deux canaux micro-ondes sont utilisés et les probabilités *a priori* intègrent les champs d'analyse des prévisions météorologiques. L'intégration de l'infrarouge repose sur un procédé très différent du GPCP. Des trajectoires sont déduites des images de géostationnaire et utilisées pour simuler une propagation des zones de pluie identifiées par l'estimation micro-onde. Ce produit qui n'intègre pas de données sol est beaucoup plus orienté vers le temps quasi-réel que le GPCP. La version MVK+ (0.1° quotidienne) sera utilisée ici.

2. Comparaison des deux produits

La **figure 1** représente la moyenne sur quatre ans (2003-2006) des cumuls annuels de précipitation telle que restituée par ces deux produits. Même à cette échelle d'agrégation des différences sensibles apparaissent au delà de l'évidente plus fine granularité de GSMaP. La plus notable est que le GPCP surestime le GSMaP dans les zones de fortes précipitations sur terre. Ce phénomène a été signalé (Seto et al, 2009) qui, en prenant comme référence le radar de précipitation TRMM, attribuent cette différence à un biais positif du GPCP. Le meilleur comportement du GSMaP serait du à l'intégration du canal 37 GHz qui fournit des estimations plus efficace lorsque le sommet du nuage précipitant dépasse 10 km. Sur mer où les deux produits utilisent des algorithmes différents intégrant tous les canaux les résultats paraissent beaucoup plus similaires. A cette échelle l'impact de la méthode d'intégration de l'information infra-rouge est plus difficile à apprécier. On remarquera toutefois sur le produit GPCP des artefacts sous forme de discontinuités linéaires verticales correspondant aux limites des zones de couverture des géostationnaires. La procédure d'adaptation d'histogramme sur fenêtre glissante du GPCP repose sur un postulat d'homogénéité spatiale qui n'est plus valide à la frontière de deux zones d'acquisition. La même propriété pourrait expliquer les différences observées sur les massifs montagneux de Colombie. Les deux produits présentent de forts gradients de pluviométrie à proximité des côtes qui peuvent aussi bien être attribués à un phénomène physique qu'à des effets d'algorithme.

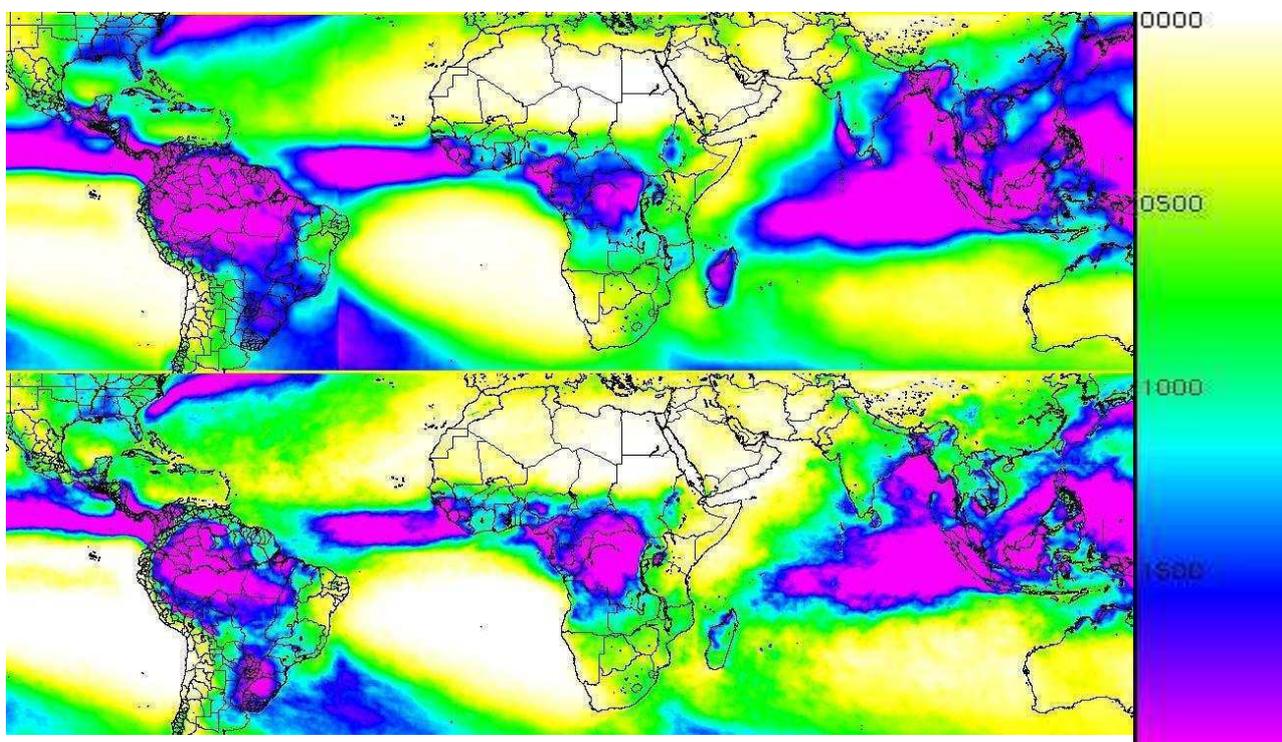


Fig. 1. Cumul de précipitations 2003-2006 à partir des estimateurs GPCP-1DD (haut) et GSMAP-MVK+ (bas). Codage en mm.

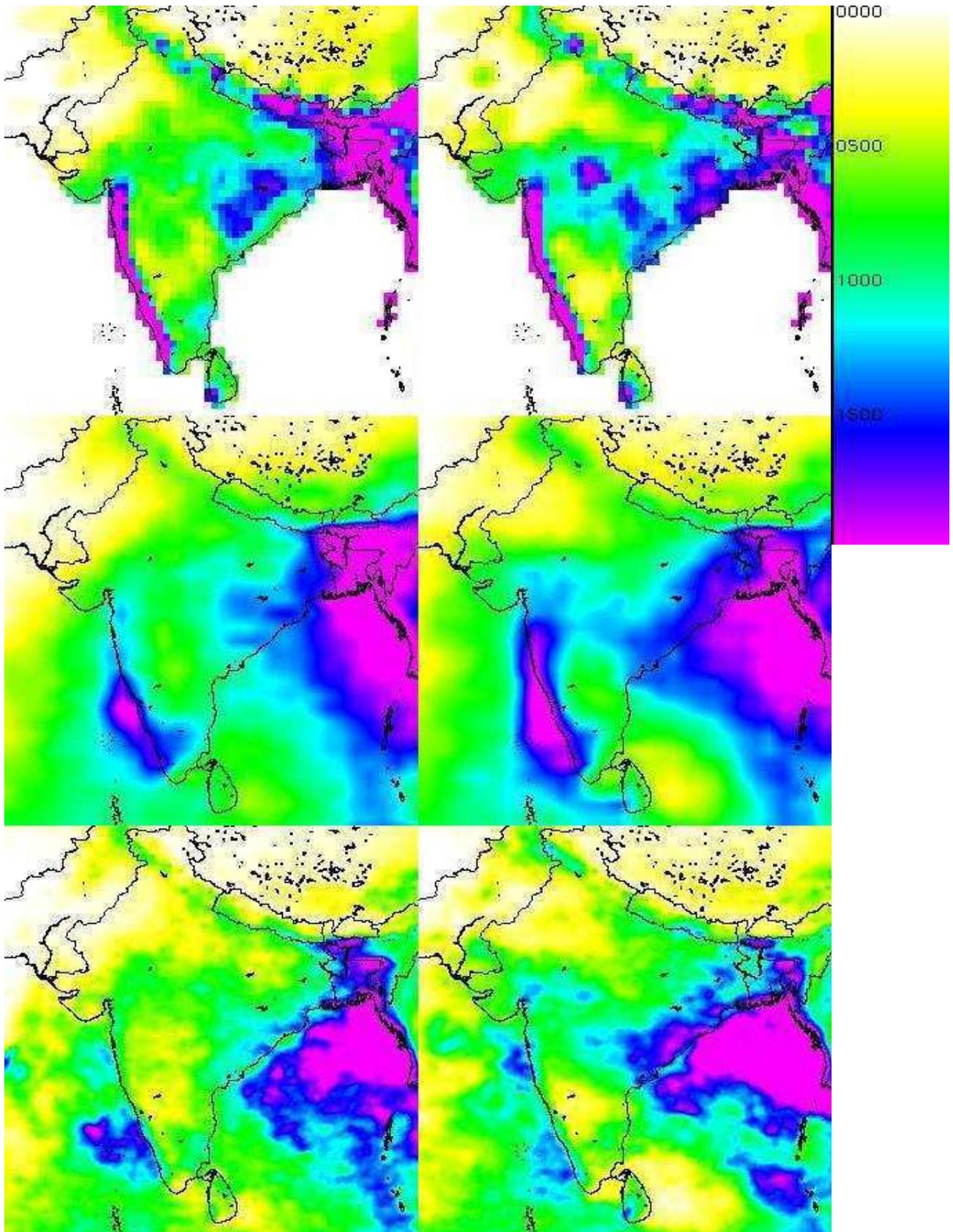


Fig. 2 : Cumuls de précipitation en mm de mai à octobre pour 2004 (resp. 2006) à gauche (resp. droite). En haut le GPCP, un produit généré exclusivement à partir de postes pluviométriques, au centre le GPCP-1DD et en bas le GSMAP. Les produits ont été ramenés à une même grille par interpolation, et projeté sur la zone 5N-35N/65E-95E.

Pour valider globalement ces produits un seul jeu de données est actuellement disponible : celui du radar de précipitation du satellite TRMM. Mais, outre le fait que l'algorithme de restitution présente des biais connus (Iguchi et al, 2009), l'échantillonnage temporel induit par la conception de l'appareil et l'orbite du satellite porteur limite la validité statistique des résultats. Aussi le GPCC, le produit intégrant uniquement le réseau sol, a été utilisé comme base de validation. Pour éviter les biais induits par l'hétérogénéité du réseau, nous nous sommes limités au sous continent Indien. En zone intertropicale cette région se caractérise par la densité de stations la plus élevée.

Les cumuls de précipitations ont été calculés pour la période du flux de mousson, de mai à octobre, pour quatre années successives (2003 à 2006). Les résultats sont consistants entre ces quatre années et les biais observés sont identiques. Comme il apparaît sur la figure 2, le produit GSMAP est beaucoup plus proche du GPCC que le GPCP. Ceci peut paraître surprenant dans la mesure où, au contraire du GPCP, le GSMAP n'intègre que des données satellite. Ainsi, le GPCP restitue très mal les gradients de précipitation, même en tenant compte de sa résolution de 1°. La réduction d'échelle opérée à partir du produit 2.5° ne semble pas en mesure de restituer les variabilités spatiales. Bien que le GSMAP n'intègre pas de données de postes pluviométriques, les valeurs estimées restituent souvent mieux le champs GPCC. En particulier le GSMAP rend compte

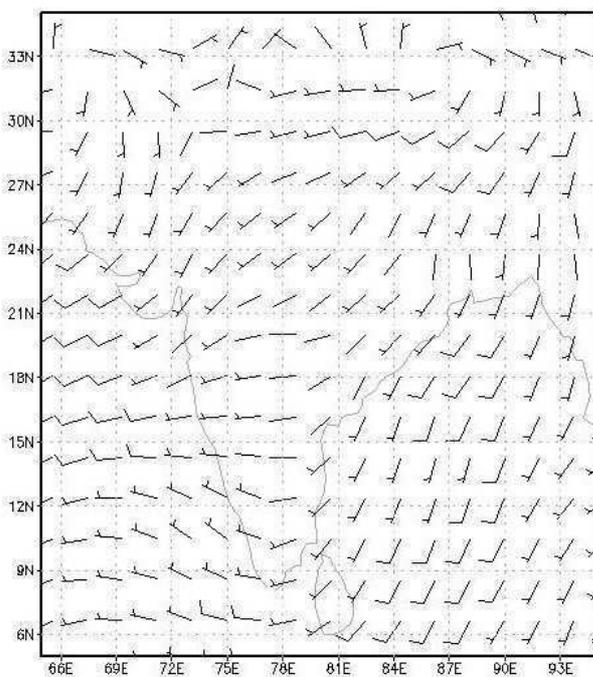


Fig. 3: Vents à 10 m. Juillet 2004 (NCEP)

du minimum pluviométrique sur le plateau du Deccan alors que l'estimation GPCP ne présente pas un minimum aussi marqué. La répartition spatiale des écarts entre données de référence et estimations se présente également très différemment. Alors que l'écart entre GPCP et GPCC traduit surtout le lissage spatial associé à la méthode d'estimation, celui entre GSMAP et GPCC est plus représentatif de discontinuités spatiales réelles. Le phénomène prédominant est l'incapacité du GSMAP à rendre compte des pluies liées à des phénomènes orographiques. Pendant la mousson d'été, cette région est soumise à des flux d'Ouest à Sud (figure 3) et les deux zones principales de soulèvement sont les Ghats occidentaux et les contreforts Himalayens. Alors que le GPCC enregistre des précipitations intenses (supérieures à 2000 mm) elles n'apparaissent sur aucun des deux produits satellites.

Conclusion et essai d'interprétation

Même au pas d'agrégation temporelle d'une saison les produits de précipitation présentent des différences notables entre eux et divergent significativement des données sol. Néanmoins, la disponibilité de nouveaux capteurs micro-onde est de nature à améliorer la qualité des estimations et le GSMAP qui repose sur les algorithmes les plus élaborés se rapproche le plus du GPCC. Il est vraisemblable que ces produits profiteront de la prochaine disponibilité des données Megha-Tropiques puis du GPM, programme NASA/JAXA assurant la suite de TRMM.

Les très mauvaises performances des deux produits sur les pluies d'origine orographique amènent un questionnement d'une autre nature. Ces biais proviennent-ils de l'état actuel du dispositif d'observation ou sont-ils induits par la nature même des méthodes d'estimation ? Répondre à cette question nécessite une analyse des sources d'erreur internes aux algorithmes mais quelques

hypothèses peuvent être avancées. Si les vitesses de soulèvement des masses d'air sont statistiquement différentes de celles observées dans d'autres types de précipitation alors les distributions de taille d'hydrométéores sont aussi différentes. La restitution micro-onde de l'intensité de précipitation sera ainsi biaisée puisque les estimations de probabilité a priori ne seront plus valides. Une autre source d'erreur provient des procédures de synthèse, toutes les méthodes supposant une homogénéité spatiale dans une fenêtre glissante de taille fixe. Comme les zones où les phénomènes orographiques ont une importance significative ne représentent qu'une petite surface au niveau global, il est vraisemblable qu'une seule densification des observations micro-onde ne suffise pas à rendre compte de ce type de précipitation. Et dans l'attente d'une modification des algorithmes de génération de ces produits globaux des corrections spécifiques devront être apportées lors des opérations de réduction d'échelle.

Bibliographie :

- Adler R. F., G. J. Huffman, A. Chang, R. Ferraro, P. Xie, J. Janowiak, B. Rudolf, U. Schneider, S. Curtis, D. Bolvin, A. Gruber, J. Susskind, P. Arkin, E. Nelkin, 2003 ; The version-2 Global Precipitation Climatology Project (GPCP) Monthly Precipitation analysis (1979-present). *J. Hydrometeorol.*, 4, pp. 1147-1167.
- Arkin, P.A., and B. N. Meisner, 1987: The relationship between large-scale convective rainfall and cold cloud over the Western Hemisphere during 1982-1984. *Mon. Wea. Rev.*, 115, pp. 51-74.
- Beck C., J. Grieser, B. Rudolf, 2005 ; A New Monthly Precipitation Climatology for the Global Land Areas for the Period 1951 to 2000. DWD, Klimastatusbericht 2004, pp. 181-190.
- Houze, R. A., Jr., 2004: Mesoscale convective systems. *Rev. Geophys.*, 42, 10.1029/2004RG000150, 43 pp.
- Iguchi T., T. Kozu, J. Kwiatkowski, R. Meneghini, J. Awaka, K. Okamoto, 2009 ; Uncertainties in the Rain Profiling Algorithm for the TRMM Precipitation Radar. *J. of the Met. Soc. of Japan*, 87A, pp. 1-30.
- Kubota T., S. Shige, H. Hashizume, K. Aonashi, N. Takahashi, S. Seto, M. Hirose, Y. N. Takayabu, K. Nakagawa, K. Iwanami, T. Ushio, M. Kachi, K. Okamoto, 2007: Global Precipitation Map using Satelliteborne Microwave Radiometers by the GSMaP Project : Production and Validation, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 45, No. 7, pp.2259-2275.
- Kummerow C., W.S. Olson, L. Giglio, 1996 ; A simplified scheme for obtaining precipitation and vertical hydrometeor profiles from passive microwave sensors. *IEEE Trans. On Geoscience and Remote Sensing*, 34, pp. 1213-1232.