

## LA DISPONIBILITÉ DE L'EAU DANS LE CERRADO BRÉSILIEN

FARIAS S. E. M.<sup>(1)</sup>, LUIZ G. C.<sup>(2)</sup>, FERREIRA Jr. L. G.<sup>(3)</sup>

<sup>(1), (2)</sup> Laboratoire de Climatologie, <sup>(3)</sup> Laboratoire de traitement d'image et géotraitement. Institut d'études socio-environnementales – IESA. Université Fédérale de Goiás. Campus Samambaia. CEP: 74.001-970. Caixa Postal 131. +55 (62) 3521 – [sylfarias@ufg.br]

**Resumé** - La disponibilité de l'eau dans le Cerrado est liée à des facteurs météorologiques qui caractérisent une forte saisonnalité de l'humidité. Les réanalyses du ECMWF ont été utilisées pour obtenir une grande résolution ( $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ ), au cours de la période de 1984 à 2014. Le solde de l'eau considérée comme l'entrée d'eau (précipitations) moins la somme de l'évaporation et du ruissellement. Les résultats montrent que, pendant la saison sèche, l'excédent ne dépasse pas  $20\text{mm.mois}^{-1}$ . Pendant la saison des pluies, cet excédent ne dépasse pas  $160\text{mm.mois}^{-1}$ . La partie orientale du Cerrado est toujours sèche. Le Cerrado ouest souffre de l'influence de la région amazonienne. Les mois de janvier et février sont les mois les plus humides.

**Mots-clés** - Cerrado, l'équilibre de l'eau.

**Abstract** – *Water availability in the Brazilian Cerrado.* The water availability in the Cerrado is related to meteorological factors that characterize the region as high seasonality of moisture. In this study the reanalysis of the ECMWF were used between 1984 and 2014 for a high spatial resolution ( $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ ). The water balance considered the entry of water (precipitation) less the sum of evaporation and runoff. The results show that in the dry season the surplus does not exceed  $20\text{mm.month}^{-1}$ . During the rainy season this surplus does not exceed  $160\text{mm.month}^{-1}$ . The eastern part of the Cerrado is always drier. The western Cerrado suffers the influence of the Amazon region. The months of January and February are the wettest months.

**Keywords** – Cerrado, water balance.

### Introduction

Le biome du Cerrado est connu comme étant la savane brésilienne. Il est considéré comme l'un des points chauds de la biodiversité mondiale. Le biome est un grand collectionneur et distributeur national de l'eau, importante pour alimenter le centre-sud, nord-est, le Pantanal et certaines parties de l'Amazonie. Il est aussi un patrimoine historique et culturel en raison des peuples traditionnels qui vivent des ressources naturelles. Il est reconnu pour sa pertinence environnementale, souffrant actuellement des pressions humaines dues à des processus d'urbanisation, l'agro-industrie et de l'énergie hydroélectrique. Les zones continues du biome ont été réduites au cours des dernières décennies en raison de l'expansion de l'agriculture moderne. Cette évolution s'explique par l'agrobusiness qui entraîne une chaîne de production de masse, de la production de matières premières comme facteurs de production. Le paysage changé a entraîné une dégradation des sources d'eau, soit par la dégradation par l'érosion, comme la variation de la disponibilité de l'eau ou par la contamination par les pesticides des rejets des effluents municipaux et industriels. Considérant l'aspect climatologique, les précipitations annuelles, saisonnières et mensuelles totales sur la région sont essentielles pour restaurer la disponibilité de l'eau dans l'environnement et assurer la durabilité des activités humaines et économiques. Cependant, le réseau de stations météorologiques en surface qui pourrait contrôler les éléments climatiques n'est pas encore suffisamment dense dans la région. En raison de la nécessité de surveiller la disponibilité de l'eau de la région, il est proposé dans cette étude, un bilan hydrique du biome du Cerrado. Compte tenu de la rareté des données des stations météorologiques, le projet réanalyse ERA-Interim (ECMWF) sera utilisé. L'objectif de cette étude est d'évaluer la disponibilité saisonnière de l'eau dans le biome du Cerrado, ainsi que de contribuer aux politiques publiques pour le développement économique et durable.

## 1. Zone d'étude, données et méthodes

### 1.1. Zone d'étude

Le Cerrado occupe la partie centrale du Brésil. Il correspond à environ 22% du territoire (Figure 1). Les sols sont profonds, bien drainés, composés d'acides d'aluminium toxiques et pauvres en nutriments. On trouve également des sols pierreux, sableux et riches en matière organique. Les types de végétation sont: Campo Limpo, Cave champ et le champ Sale (prairies); Cerrado drain, Cerrado rock, arbuste Cerrado et denso Cerrado (savane formations); et de la forêt sèche et de la savanne (formations forestières) (Ribeiro et Walter, 1998). Le climat du Cerrado est caractérisé par des hivers secs et des étés pluvieux, c'est-à-dire le climat de mousson d'Amérique du Sud (Bombardi et Carvalho, 2008; Reboita *et al.*, 2010). La température annuelle moyenne est de 25°C, atteignant jusqu'à 40°C au printemps. La pluviométrie moyenne annuelle est comprise entre 1200 mm et 1800 mm. De courtes périodes de sécheresse peuvent se produire au printemps et en été (Sette, 2005).

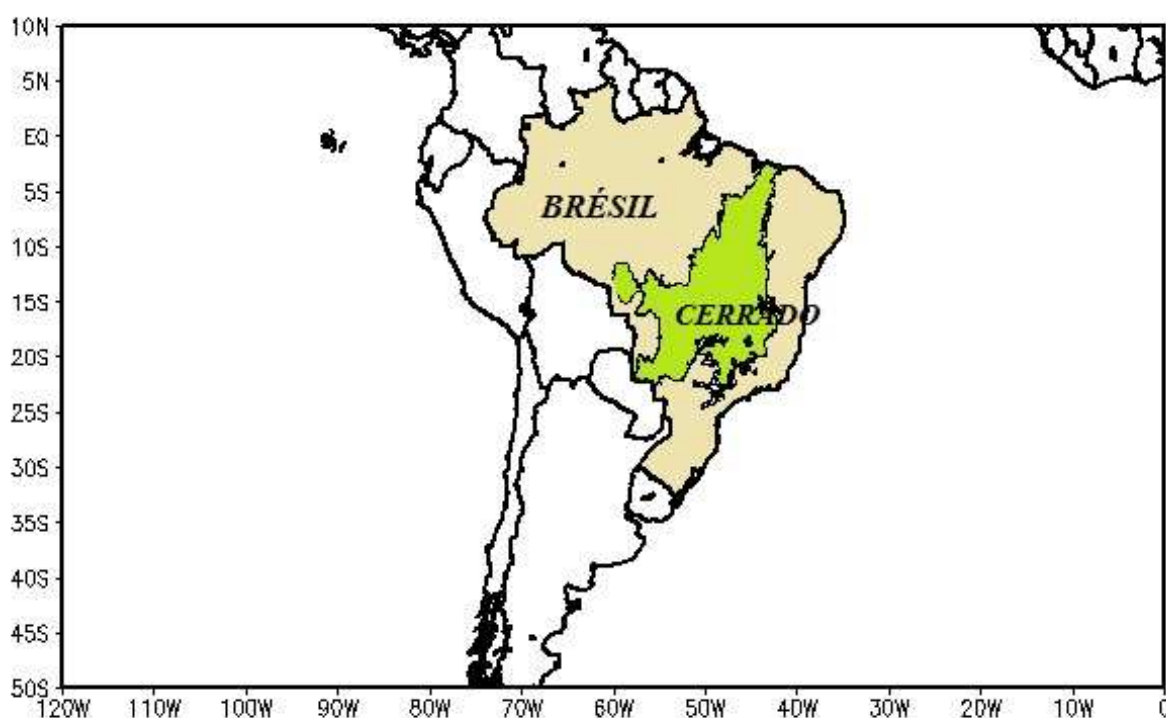


Figure 1. Localisation du biome du Cerrado au Brésil et en Amérique du Sud.

### 1.2. Données et Méthodologie

On a utilisé un total de 31 années de données, entre 1984 à 2014, en mettant l'accent sur la relation entre le total cumulé des précipitations, l'évaporation et le ruissellement. Nous avons examiné le projet de réanalyse ERA-Interim produit par le European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Les variables météorologiques des réanalyses sont des séries obtenues par l'assimilation des données d'observations en surface et dans la troposphère supérieure. Elles sont comparées aux produits de modèles météorologiques représentant avec cohérence les lois de la physique de la circulation atmosphérique globale (Berrisford *et al.*, 2011; Dee *et al.*, 2011).

Le bilan hydrique a été obtenu à partir des données de réanalyse à haute résolution (0.5° x 0.5°). Les précipitations mensuelles totales sont considérées comme l'apport d'eau dans l'environnement. La somme de l'évaporation et de l'écoulement est considérée comme la perte

d'eau dans l'environnement. Ainsi, le déficit d'eau est défini par la différence entre l'entrée de l'eau (précipitations) et la sortie d'eau (évaporation + ruissellement).

## 2. Résultats et discussion

La figure 2 présente les climatologies mensuelles d'avril à mars pour la période 1984-2014. Cela correspond à la saison sèche (avril à septembre) et la saison humide (octobre à mars). Nous observons que pour tous les mois, la région du Cerrado a un excédent d'eau. Toutefois, cet excédent est entre  $20\text{mm.mois}^{-1}$  et  $160\text{mm.mois}^{-1}$ . Au cours de la saison sèche, on observe que l'excédent ne dépasse pas  $20\text{mm.mois}^{-1}$ . Pendant la saison des pluies cet excédent ne dépasse pas  $160\text{mm.mois}^{-1}$ . Il est à noter que la partie orientale du Cerrado est toujours plus sèche que la partie occidentale. L'excédent d'eau est toujours plus élevé sur la région amazonienne. Cela peut expliquer pourquoi l'ouest de la région du Cerrado est toujours plus humide que la partie orientale. Les précipitations apparaissent dans la région à partir d'octobre. Cependant, seulement à partir de décembre, on observe un stockage de l'eau dans le sol, comme représenté sur la Figure 2. Les mois de janvier et février sont les mois les plus humides. D'avril à novembre l'excédent d'eau est minime. Comme indiqué ci-dessus, le Cerrado n'a pas de déficit d'eau, c'est-à-dire que l'entrée d'eau est supérieure à la perte d'eau dans l'environnement. Ceci est intéressant lors de la saison sèche, lorsque la pluviométrie est minimale ou inexistante. D'autres variables climatiques telles que l'humidité de l'atmosphère, les aspects du sol et la végétation permettent d'expliquer ce phénomène.

Sur le continent, le couplage entre la circulation atmosphérique dans les niveaux inférieur et supérieur de la troposphère organise la distribution spatiale et temporelle des précipitations sur la partie centrale de l'Amérique du Sud. À l'aide de cartes synoptiques, on peut détecter l'anticyclone bolivien (AB) et le tourbillon cyclonique (VCAN) dans la troposphère supérieure. L'anticyclone bolivien est caractérisé par un grand mouvement anticyclonique avec une dynamique saisonnière et des variations significatives de sa position et de son intensité tout au long de l'année sur le continent sud-américain. Le tourbillon cyclonique est une circulation cyclonique creuse fermée autour d'un noyau froid, formé entre 200hPa et 500hPa. Il est situé sur la région Nordeste du Brésil. Il se déplace lentement de l'océan vers la terre ferme et vice versa. Dans la troposphère inférieure, le Bas Chaco est une des composantes de la mousson de l'Amérique du Sud et se manifeste comme une dépression faible en surface, généralement situées dans la région de "Chaco", entre la Bolivie, le Paraguay et le sud-ouest du Brésil.

Plus précisément sur le Cerrado brésilien, à la fois l'AB et le VCAN sont des systèmes caractéristiques du printemps et de l'été (Carvalho *et al.*, 2009 ; Ferreira *et al.*, 2009). Leur configuration, crée une région de convergence de l'humidité intense, caractérisée par un nébulosité persistante, appelée Zone de Convergence de l'Atlantique Sud (ZCAS). La ZCAS peut être identifiée par des images satellites comme une bande de nuages s'étirant de l'Amazonie à l'Atlantique Sud (Figure 3). Ce système provoque des pluies intenses et des précipitations totales élevées. Il survient le plus souvent entre les mois de décembre et février produisant un maximum de précipitations, principalement dans la partie occidentale du Cerrado.

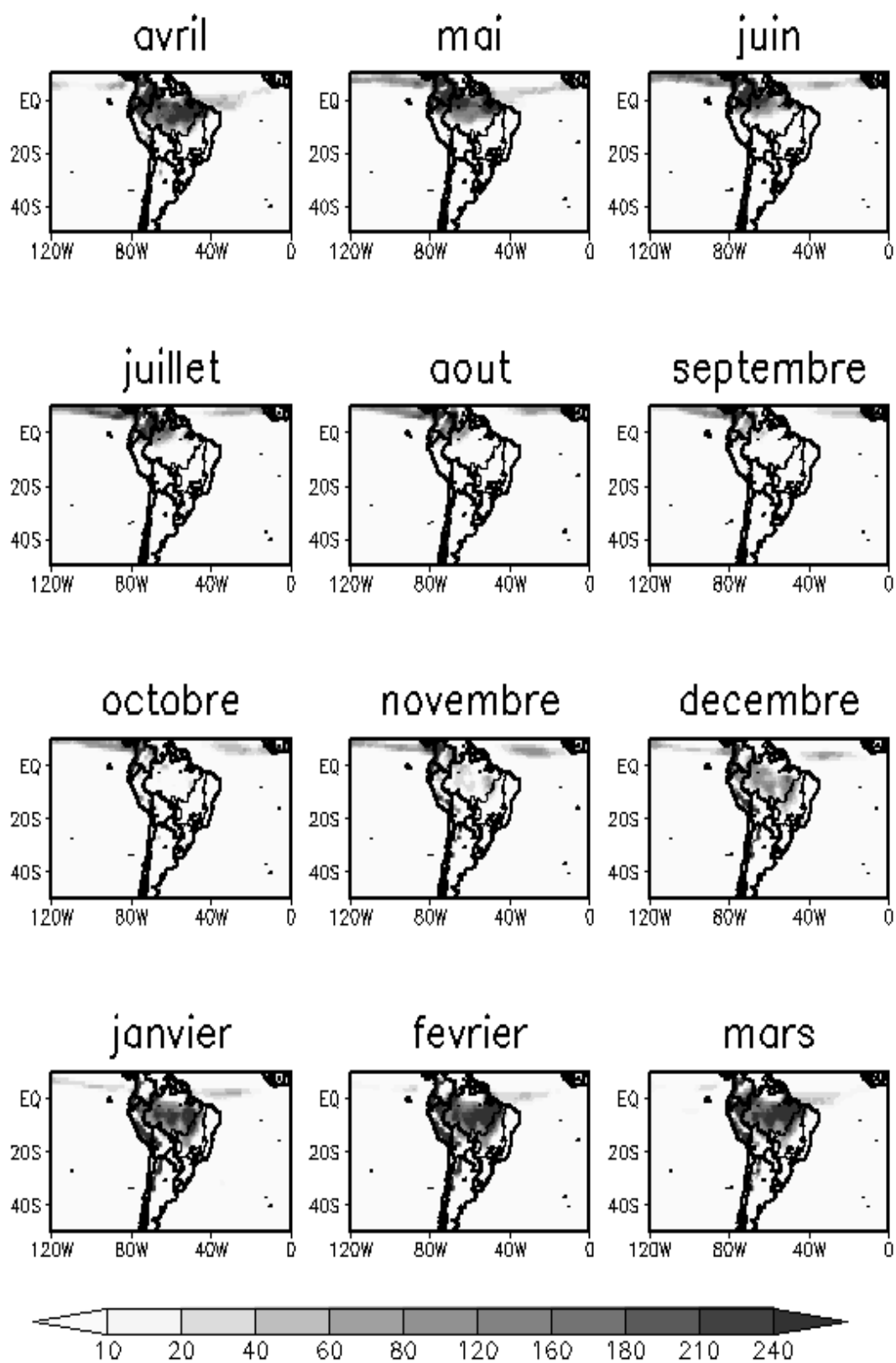
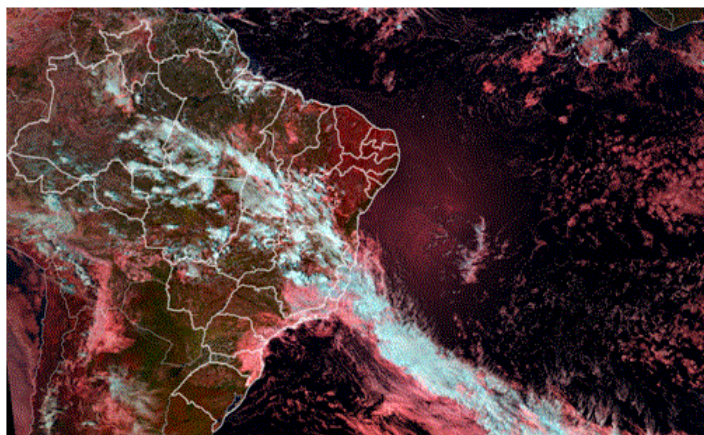


Figure 2. Climatologie mensuelle de bilan hydrique (précipitations - (évaporation + ruissellement) pour le biome du Cerrado pour la période 1984-2014, en mm.mois<sup>-1</sup>.



**Figure 3.** Zone de Convergence de l'Atlantique Sud (ZACS) s'étendant de l'Amazonie à l'Océan Atlantique. METEOSAT 10 - 12/12/2013. Source: LAPIG/IESA/UFG.

## Conclusions

La disponibilité de l'eau est un facteur pertinent pour la viabilité socio-économique et environnementale d'une région. La disponibilité de l'eau de biome du Cerrado est liée à des facteurs météorologiques. Ces facteurs donnent à la région des caractéristiques climatiques particulières, qui engendrent une forte saisonnalité de l'humidité, entre les saisons sèches et pluvieuses. La saison des pluies dans le Cerrado brésilien commence par l'anticyclone de la Bolivie sur le sud de l'Amazonie. Dans un bilan hydrique, les précipitations sont principalement dues à des facteurs météorologiques, l'évaporation et le ruissellement sont également fonction de facteurs biophysiques (végétation et sol). Au cours de la saison sèche, on observe que l'excédent ne dépasse pas  $20\text{mm.mois}^{-1}$ . Pendant la saison des pluies cet excédent ne dépasse pas  $160\text{mm.mois}^{-1}$ . Il est à noter que la partie orientale du Cerrado est toujours plus sèche que la partie occidentale. La partie occidentale de la Cerrado est influencée par l'Amazone, montrant que la variabilité des précipitations varie d'ouest en est. Les mois de janvier et février sont les mois les plus humides. D'avril à novembre l'excédent d'eau est minime.

## Bibliographie

- Berrisford P., Dee D., Poli P., Brugge R., Fielding K., Fuentes M., Kallberg P., Kobayashi S., Uppala S., Simmons A., 2011: *The ERA-interim archive.* ([http://www.ecmwf.int/publications/library/ecpublications/\\_pdf/era/era\\_report\\_series/RS\\_1\\_v2.pdf](http://www.ecmwf.int/publications/library/ecpublications/_pdf/era/era_report_series/RS_1_v2.pdf)). accès 15/12/2014.
- Bonbardì R.J., Carvalho L.V., 2008 : Variabilidade do regime de monções sobre o Brasil: o clima presente e projeções para uma cenário com 2xCO usando o modelo MIROC. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **23**, 1, 58-72.
- Carvalho L.M. V., Jones C., 2009 : Zona de convergência do atlântico sul. In: Cavalcante I. F. A., Ferreira N.J., Silva M.G.A.L., Silva Dias M. A. F. (organização). *Tempo e clima no Brasil*. Oficina de Texto. São Paulo, SP. 95-109.
- Dee D. P., Uppala S. M., Simmons A. J., Berrisford P., Poli P., Kobayashi S., Andrae U., Balsameda A., Balsamo G., Bauer P., Bechtold P., Beljaars A.C.M., Van De Berg L., Bidlot J., Bormann N., Delsol C., Dragani R., Fuentes M., Geer A. J., Haimberger L., Healy S. B., Hersbach H., Holm E. V., Isaksen L., Kallberg P., Kohler M., Matricardi M., McNally A. P., Monge-Sanz B. M., Morcrette J., Park B-K., Peubey C., de Rosnay P., Tavolato C., Thepaut J-N., Vitart F., 2011 : The ERA-Interim reanalysis: configuration and performance of the data assimilation system. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* **137**, 553-597.
- Reboita M. S., Gan, M. A., Rocha R. P., Ambrizzi, T., 2010 : Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Revista Brasileira de Meteorologia*, **25**, 2, 185-204.
- Ribeiro J. F., Walter T. M. B., 1998 : Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: Sano S. M., Almeida S. P. (eds.), *Cerrado Ambiente e Flora*, Embrapa Cerrados, 89-166.
- Sette D. M., 2005 : Os climas do Cerrado do centro-oeste. *Revista Brasileira de Climatologia*. Dezembro, **1**, 1, 29-42.