

Analyse comparative des modèles bio-optiques d'absorption de la matière organique dissoute colorée (CDOM) dans les eaux tropicales en utilisant les données Landsat 5 TM : cas du réservoir du Funil (Brésil)

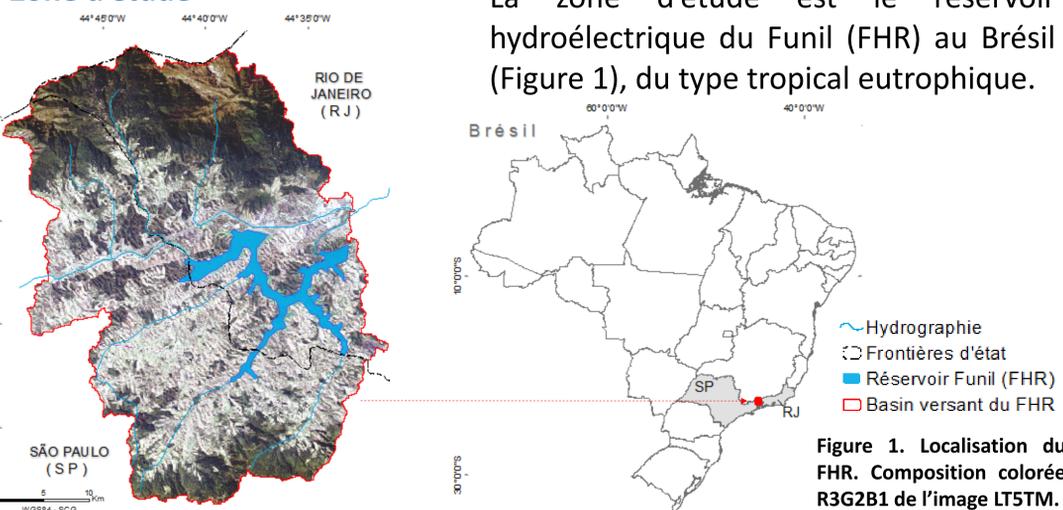
Sarah MARTINS¹, Karem CHOKMANI¹, Enner ALCÂNTARA², Igor OGASHAWARA³, Anas EL ALEM¹

¹Centre Eau Terre Environnement (INRS); ²Département d'Ingénierie de l'Environnement (UNESP); ³Département des Sciences de la Terre (IUPUI)

Contexte et objectifs

- **Contexte:** La CDOM joue un rôle important dans la photochimie des écosystèmes aquatiques et peut être utilisée comme un indicateur de la qualité de l'eau.
- **Objectif global:** L'évaluation de plusieurs modèles bio-optiques pour estimer l'absorption historique de la CDOM ($a_{CDOM}(\lambda)$) à l'aide des données satellitaires du Landsat 5 TM (LT5TM) obtenues pendant 15 années (1995-2010).
- **Objectifs spécifiques:**
 1. L'étude et la détermination d'un modèle bio-optique pour estimer a_{CDOM} pour un réservoir tropical eutrophique.
 2. Détermination de la distribution spatio-temporelle historique de la CDOM par imagerie satellitaire du LT5TM.

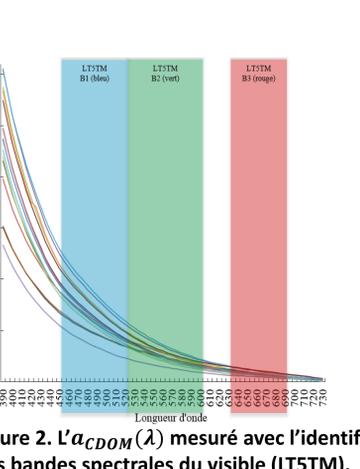
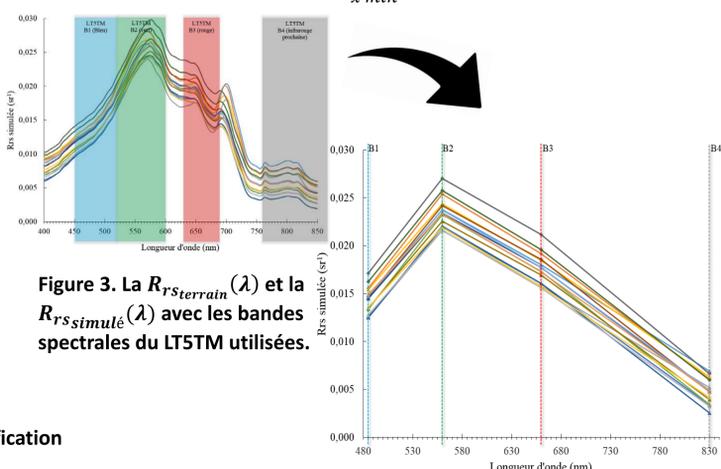
Zone d'étude



Méthodologie

- **Données d' $a_{CDOM}(\lambda)$:** mesure d'absorption en laboratoire (spectrophotomètre) entre 390 et 730 nm (Figure 2).
- **Données de réflectance:**
 1. Mesures *in situ*: spectroradiomètre sur la surface de l'eau (l'éclairement: $E_s(\lambda, \theta, \phi)$ et luminance totale: $L_t(\lambda, \theta, \phi)$). Après, ces données ont été converties en réflectance de terrain ($R_{rsterrain}(0+)$) selon Kirk (2011 – Eq. 1).
 2. Simulation des données ($R_{rsimulé}$): intégration des données $R_{rsterrain}$ hyperspectrales selon la fonction de réponse (Fr) et largeur (dx) de chaque bande spectrale du capteur TM (Eq. 2, Figure 3), afin d'utiliser les modèles bio-optiques en l'imagerie satellitaire du LT5TM.

$$R_{rsterrain}(0+) = \frac{L_t(\lambda, \theta, \phi)}{E_s(\lambda, \theta, \phi)} \quad (\text{Eq. 1}) \quad R_{rsimulé} = \frac{\int_{x_{min}}^{x_{max}} R_{rsterrain} \cdot Fr \cdot dx}{\int_{x_{min}}^{x_{max}} Fr \cdot dx} \quad (\text{Eq. 2})$$



Résultats

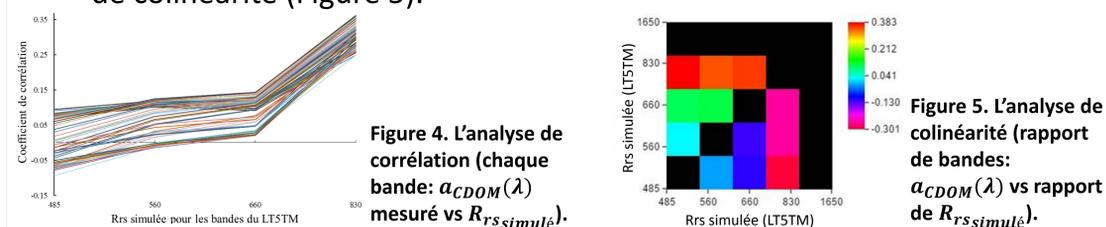
- I. **L'analyse des modèles bio-optiques:** 6 ME (eaux complexes) et 4 QAA-BBHR (eaux tropicales eutrophiques) ont été analysés (Table 1).

Table 1. Les modèles bio-optiques utilisés.

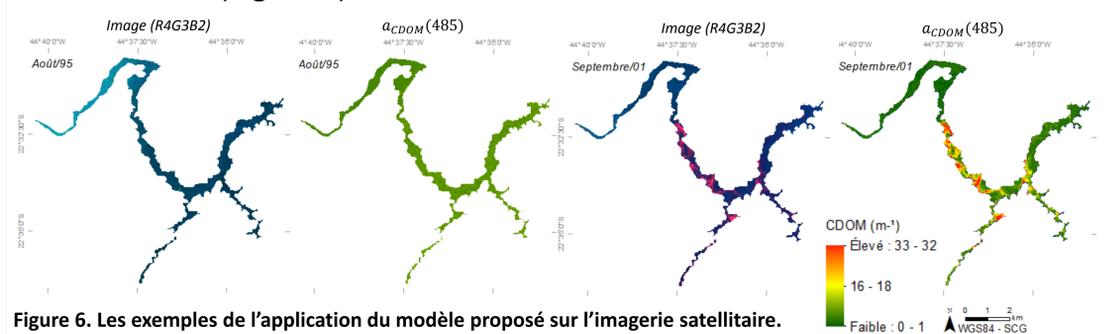
Modèle	Type	Input R_{rs}	Output	Reference
Griffin	EM	B1, B2, B3	$a_{CDOM}(400)$	Zhu et al., 2014
D'sa	EM	B1, B2	$a_{CDOM}(412)$	Zhu et al., 2014
Castilo	EM	B2, B3	$a_{CDOM}(412)$	Zhu et al., 2014
Kutser	EM	B2, B3	$a_{CDOM}(420)$	Zhu et al., 2014
Ficek	EM	B2, B3	$a_{CDOM}(440)$	Zhu et al., 2014
Mannino	EM	B1, B2	$a_{CDOM}(443)$	Zhu et al., 2014
QAA-BBHR(B3)	SA	B1, B2, B3, B4	$a_{dg}(485)$	Watanabe et al., 2016
QAA-BBHR(B4)	SA	B1, B2, B3, B4	$a_{dg}(485)$	Watanabe et al., 2016
QAA-BBHR+CDOM(B3)	SA	B1, B2, B3, B4	$a_{CDOM}(485)$	Watanabe et al., 2016; Zhu and Yu, 2013
QAA-BBHR+CDOM(B4)	SA	B1, B2, B3, B4	$a_{CDOM}(485)$	Watanabe et al., 2016; Zhu and Yu, 2013

^a R_{rs} simulé / ME: Modèle Empirique. / SA: Modèle Semi-Analytique.

- **L'analyse d'ajustement:** R^2 et valeur p : l'index du modèle (ME) ou les valeurs estimées (SA) vs $a_{CDOM}(\lambda)$ mesuré.
 - **L'analyse des erreurs:** NRMSE, %RMSE, Nash et Bias : la valeur mesurée vs la valeur estimée.
 - **Résultat:** On a trouvé une mauvaise performance des modèles bio-optiques essayés (ME: $R^2 < 0.01$ et valeur $p > 0.78$ / QAAs: $R^2 < 0.14$, valeur $p > 0.14$, NRMSE > 0.50 , %RMSE > 41 , Bias < -0.46 , Nash < -2.91).
- II. **L'étude d'un nouveau modèle:** Le modèle $a_{CDOM}(485)$ linéaire basé sur le ratio B4/B1 a été proposé après les analyses de corrélation (Figure 4) et de colinéarité (Figure 5).



- **Résultat:** $R^2 = 0.91$, valeur $p < 0.05$, NRMSE = 0.09, %RMSE = 7.27, Bias = 0.0008, Nash = 0.91. Le nouveau modèle a été capable d'identifier des petits changements en $a_{CDOM}(485)$ car sa grande sensibilité aux valeurs de réflectance (Figure 6).



Conclusions

- Les modèles étudiés n'ont pas réussi à bien estimer $a_{CDOM}(\lambda)$ sur le FHR.
- Un nouveau modèle a été développé basé sur le 485 nm.
- Le modèle proposé a été plus adaptée pour estimer a_{CDOM} en utilisant les données orbitales du LT5TM.
- Le modèle proposé a montré une grande sensibilité à la $R_{rsimulé}$.

Remerciements

Merci à l'UNESP et à l'INRS pour l'infrastructure de recherche, à l'INPE pour donner les données utilisées, et aux CNPq et PFLA pour le soutien financier.