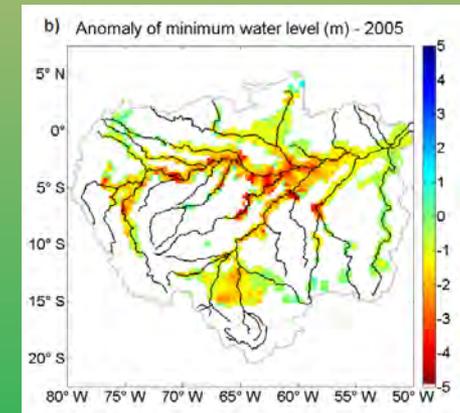


Séminaire CES Theia 2018

Cartographie des surfaces en eau

-

CES Volumes d'Eau de Surface



F. FRAPPART, F. PAPA, F. SEYLER, F. BLAREL, C. PRIGENT, C.
NORMANDIN, S. BIANCAMARIA, A. AL BITAR, M. PARRENS,
B. LUBAC, V. MARIEU

18 octobre 2018

Contexte et Problématiques

Les eaux de surface

Rôle important dans **cycles hydrologiques et biogéochimiques globaux**

- Réservoir du **stock d'eau sur les continents**
- Part des **apports d'eau douce aux océans** via les débits des fleuves
⇒ **variations du niveau de la mer**
- Sources pour la **recharge des aquifères**
- Les zones humides sont la principale source d'**émission de CH₄**
~ **20 – 40%**

Suivi des eaux de surface

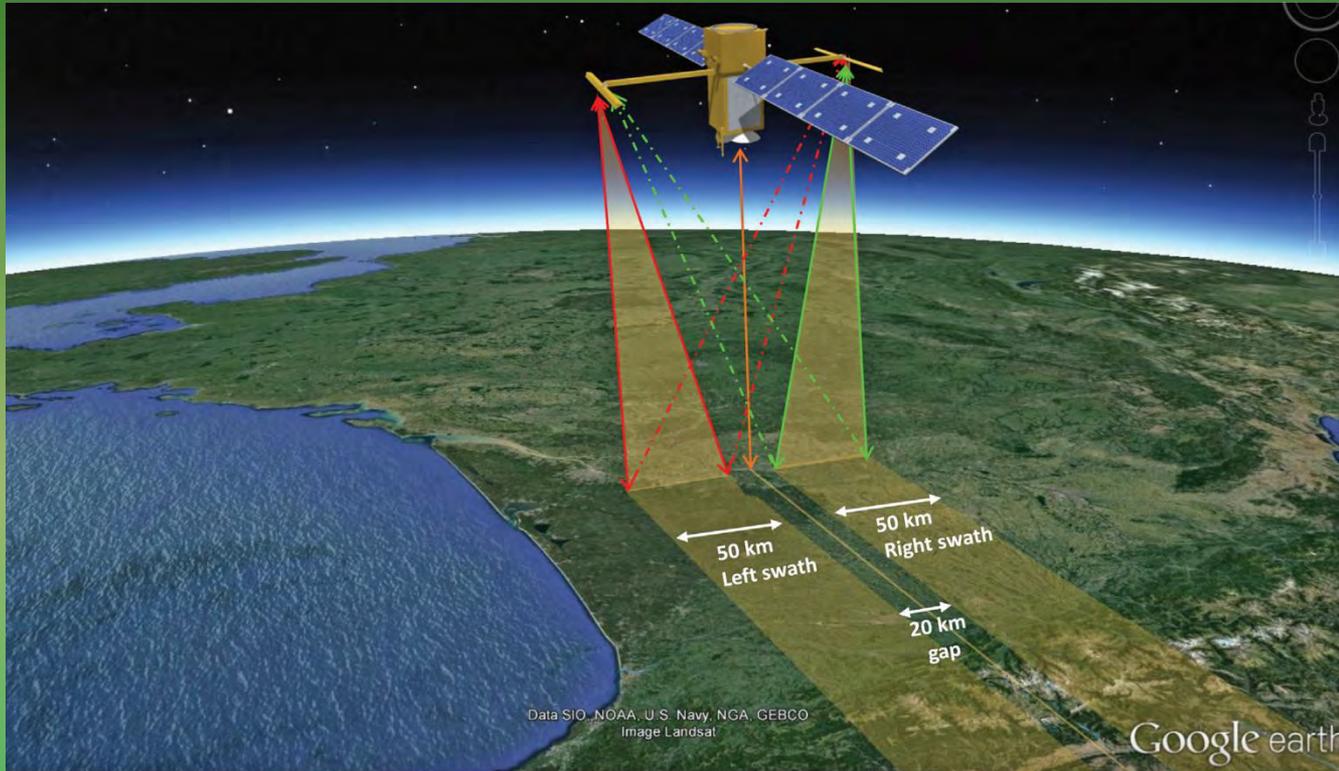
Mesurer l'étendue et le stock d'eau de surface : **enjeu crucial pour l'hydrologie**

A l'heure actuelle, **connaissance lacunaire** des variations des stocks d'eau de surface aux échelles de temps annuel et interannuel

Besoin pour une **mission satellitaire dédiée** au suivi des eaux de surface du globe (Alsdorf & Lettenmaier, *Science*, 2003; Alsdorf et al., *Rev. Geophys.*, 2007)

⇒ **Surface Water and Ocean Topography (SWOT)**
CNES/NASA + CSA + UKSA

Surface Water and Ocean Topography (SWOT)



$h, \partial h / \partial x, \partial h / \partial y$ à 100 m de résolution sur les zones en eau, 1 km sinon
(Biancamaria et al., *Rev. Geophys.*, 2016)

Estimation des stocks d'eau de surface

Méthode

Suivi global et continu des stocks d'eau de surface?

En combinant :

- la **superficie des zones humides** provenant d'images satellitaires
- les **niveaux d'eau** des lacs, fleuves, plaines d'inondation par altimétrie radar

OU

- la **topographie** des plaines d'inondations

On peut caractériser la dynamique du stock d'eau de surface à l'échelle du bassin

Méthodes

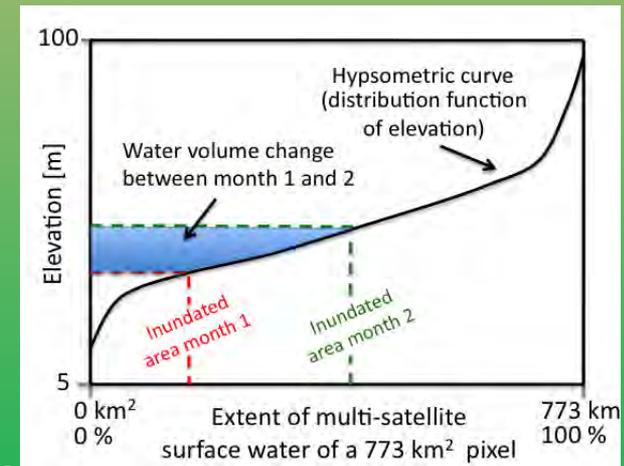
1) Synergie entre altimétrie et imagerie

- Interpolation des niveaux d'eau altimétriques sur les zones en eau provenant de l'imagerie satellitaire (Frappart et al., *Remote Sens. Env.*, 2005)
- Calcul des variations volume d'eau de surface

2) Remplissage de MNT à partir de la superficie inondée

- Détermination de courbes hypsométriques pour estimer l'élévation d'un pixel inondé:
$$h(\lambda, \phi, t) = f(\text{inondation}(\lambda, \phi, t))$$

(Papa et al., *J. Geophys. Res.*, 2013)
- Calcul des variations volume d'eau de surface



Futurs produits du CES VES

Données de base: surfaces inondées

1) Réflectances MODIS Aqua et Terra

3 méthodes: Crétaux et al., *IWT* (2011), Sakamoto et al.,
Remote Sens. Env. (2007), Wiefel, *thèse* (2016)

⇒ 8 jours minimum, 250 m de résolution spatiale, depuis 2000
+ long terme

- inondations sous forêt, nuages, coût de téléchargement



2) Produits SWAF (SMOS)

Basse résolution: Parrens et al., *Water* (2017)

⇒ 2-3 jours, 25 km de résolution spatiale, depuis 2010

Haute résolution spatiale: Parrens et al., *IJAEGOG* (soumis)

⇒ 2-3 jours, 1 km de résolution spatiale, depuis 2010

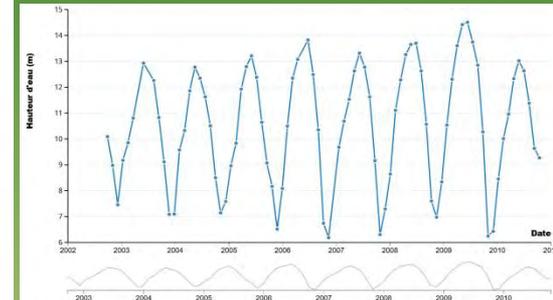
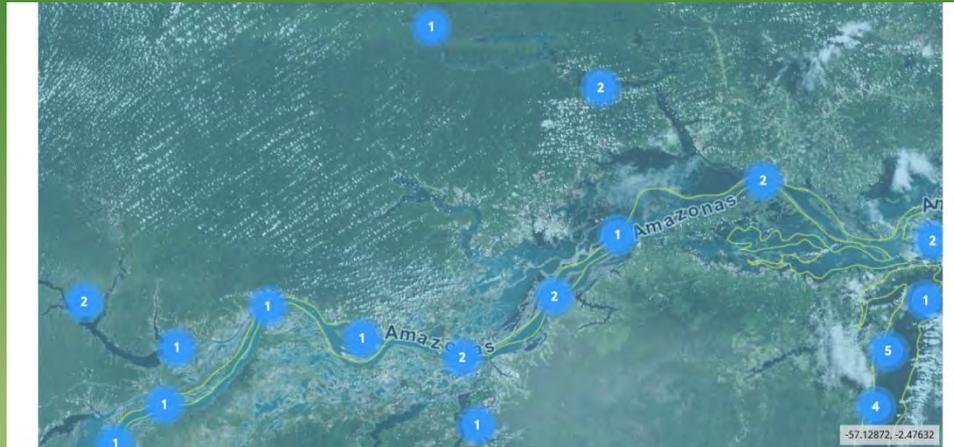
+ long terme

- inondations sous forêt



Données de base: hauteurs d'eau

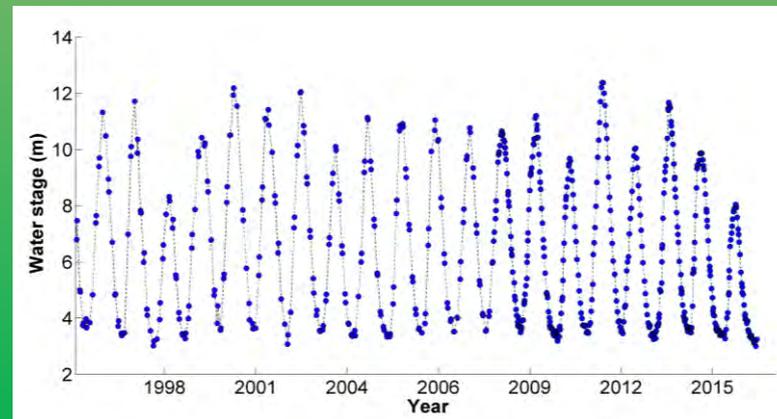
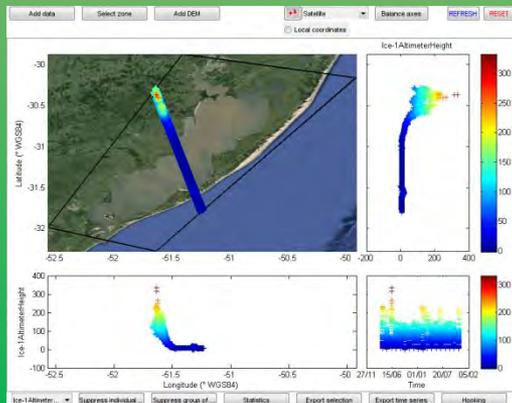
- Provenant d'une base de données globales comme Hydroweb



Créaux et al.,
Adv. Space Res. (2011)

- Calculées par nos soins

Multi-mission Altimetry Processing Software (MAPS)



Normandin et al., Remote Sens. (2018)

Données de base: MNT

- SRTM
- ASTER
- MERIT
- Tandem-X

Corrections des biais interférométriques et dus à la végétation (cf. Pinel et al., *Remote Sens.*, 2015)

Données de validation



- Superficies inondées de Global Inundation Extent Multi-Satellite (GIEMS) (Prigent et al., *J. Geophys. Res.*, 2007; Papa et al., *J. Geophys. Res.*, 2010) – ~25 km de résolution spatiale et GIEMS D3 (Aires et al., 2013) – 500 m, mensuel, 1993-2007
- Cartes de hauteur d'eau issues de la combinaison avec l'altimétrie ou avec un MNT dans les bassins de l'Amazonie, de l'Orénoque, du Gange, et du Congo (e.g., Frappart et al., *Environ. Res. Lett.*, 2012
Papa et al., *J. Geophys. Res.*, 2013)

Produits du CES

Cartes de hauteur d'eau dans grands bassins et volumes associés

- Altimétrie + imagerie: quelques grands bassins fluviaux: Amazone, Congo, Mékong, McKenzie, Niger

Existants : MODIS + altimétrie sur delta du McKenzie (Normandin et al., 2018), Tonle Sap (Frappart et al., 2018)

En cours: delta intérieur du Niger et Mékong (thèse C. Normandin)

- MNT + imagerie: même grands bassins

En cours: MODIS + MERIT dans bassins lac Eyre et Murray-Darling

SWAF BR + MERIT dans bassin amazonien

- Extension ensemble des bassins versants?

- Durée d'inondation?

- Future distribution dans Hydroweb. Accès possible via CTOH

Merci pour votre attention

Données: extension des inondations

Merging of satellite data with different wavelengths (surface classification, NN, vegetation)

Passive microwave

SSM/I emissivities at 19, 37 GHz, H and V polarizations

Active microwave

ERS scatterometer backscattering coefficient at 5.25 GHz

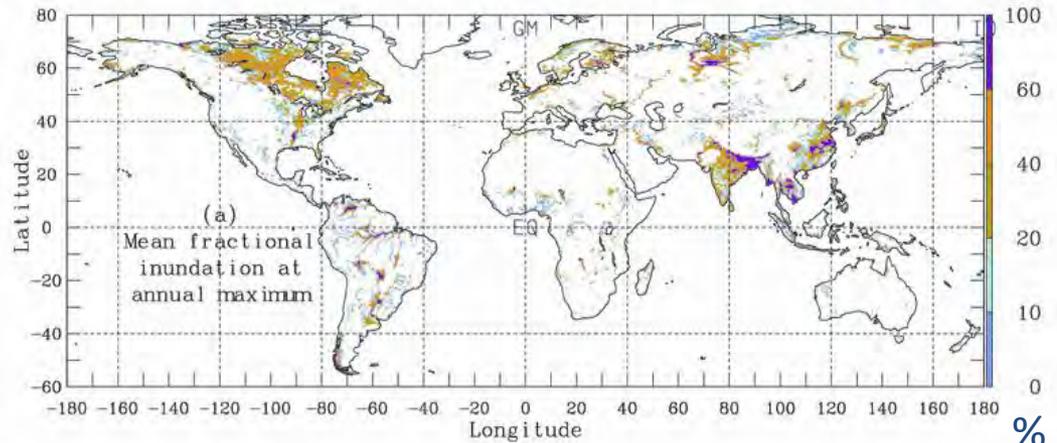
Visible and near infrared

AVHRR NDVI (visible and near-infrared reflectances)

[Prigent et al., *J. Geophys. Res.*, 2007; *Geophys. Res. Lett.*, 2012

Papa et al., *Geophys. Res. Lett.*, 2006; 2008; *J. Geophys. Res.*, 2010]

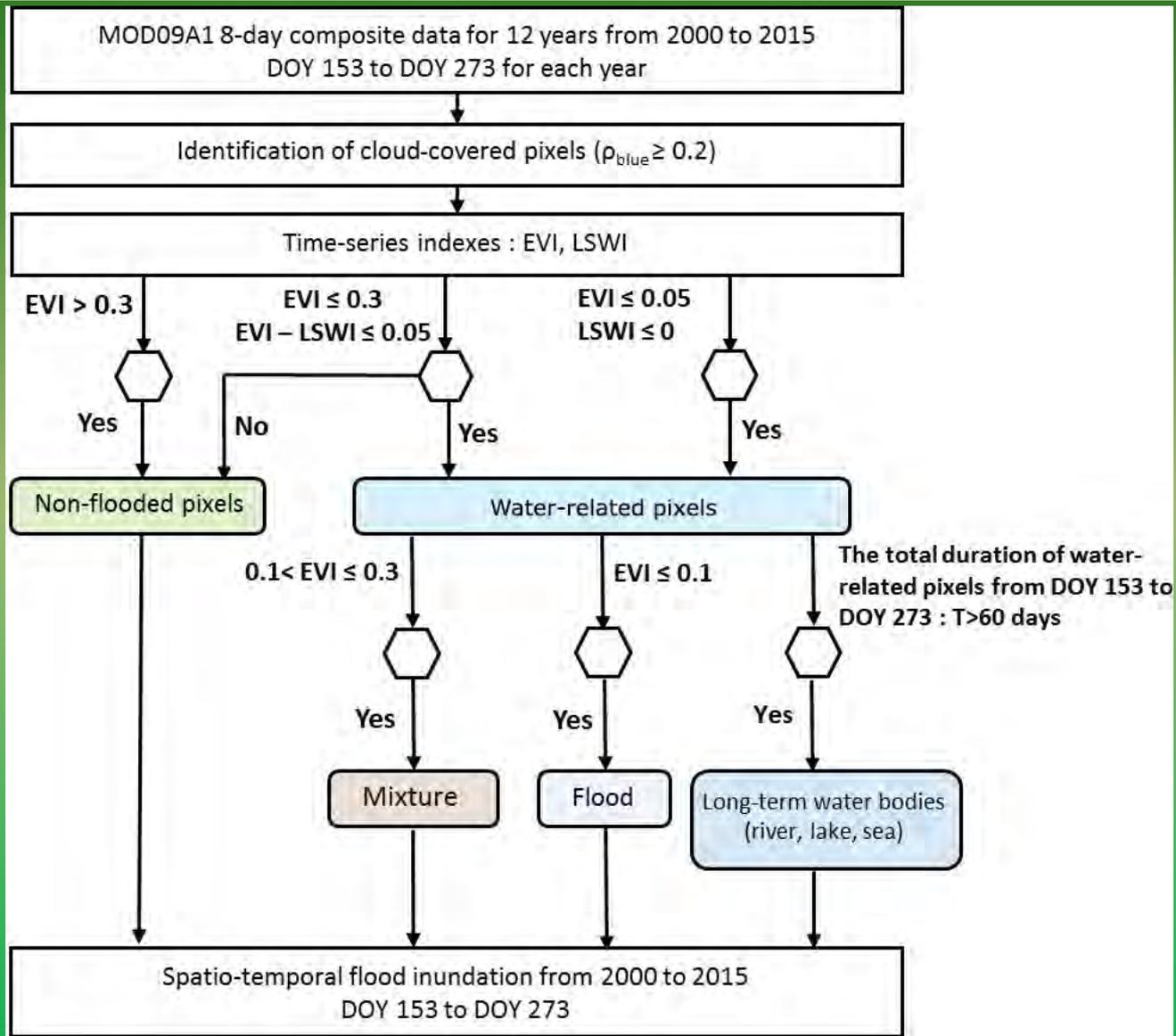
Mean fractional surface water extent at annual maximum



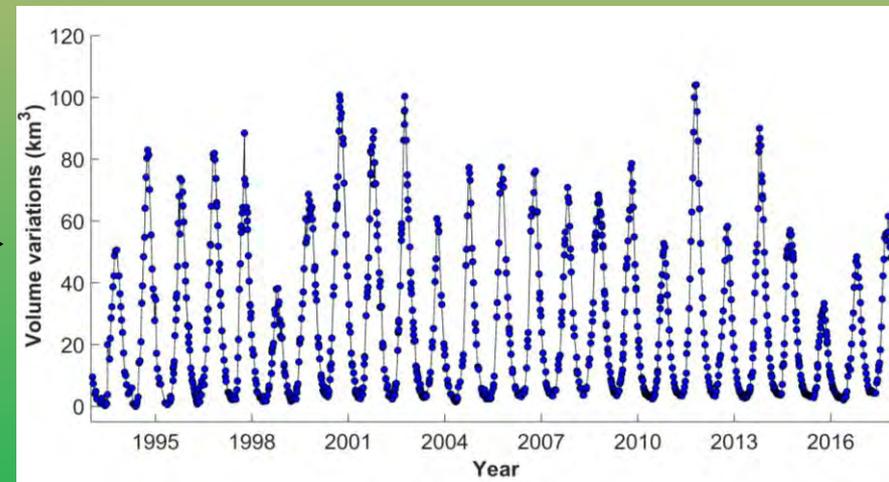
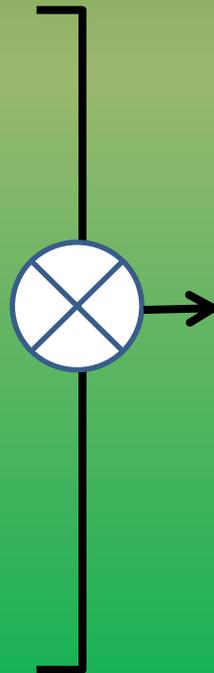
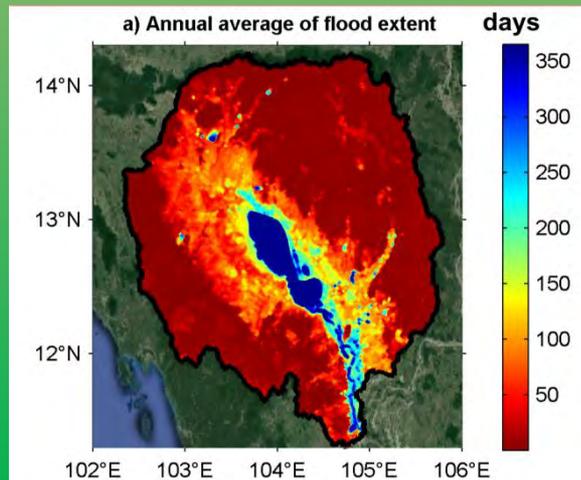
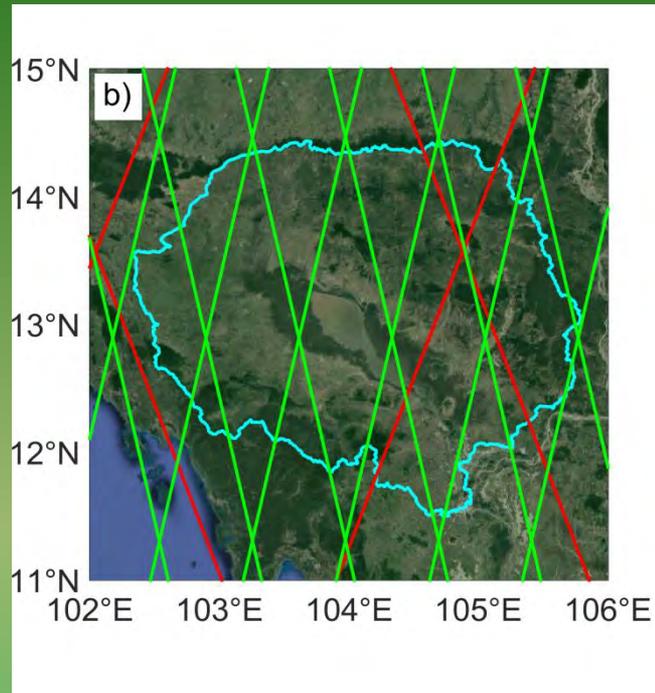
- Data mapped on equal-area grid with $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ resolution at equator (773 km^2)
- Monthly resolution for 1993-2007 (soon 5 days)
and at least extended to 2012 and longer

Global Inundation Extent from
Multi-Satellites (GIEMS)

Données: extension des inondations



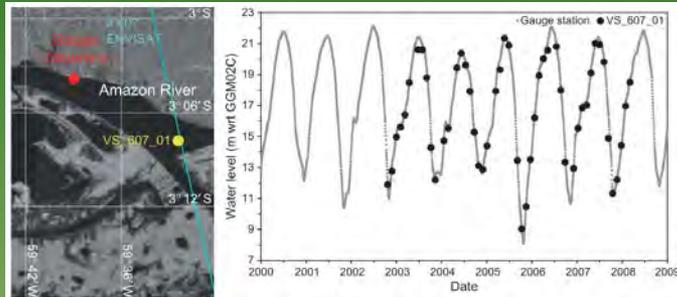
Variations de stocks d'eau de surface



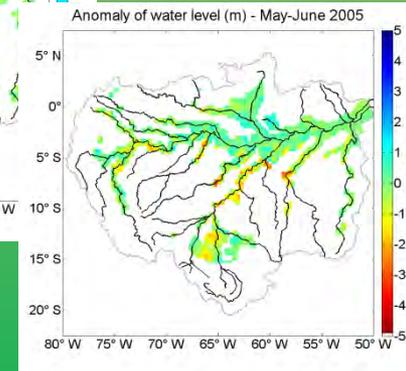
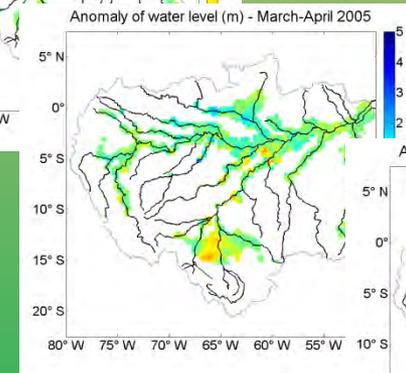
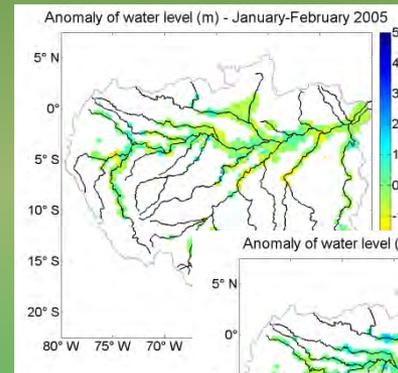
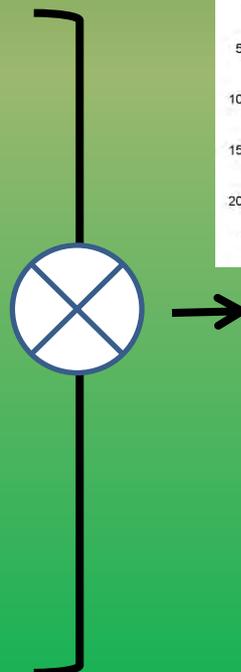
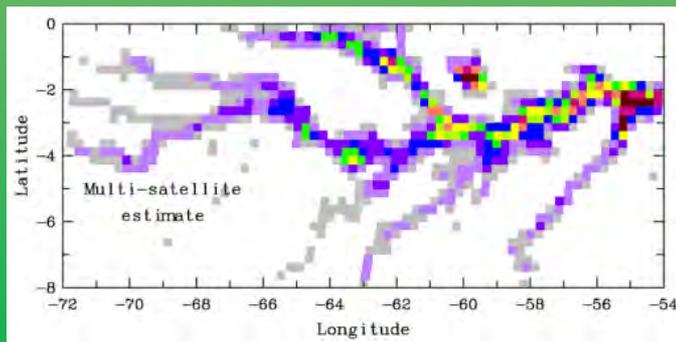
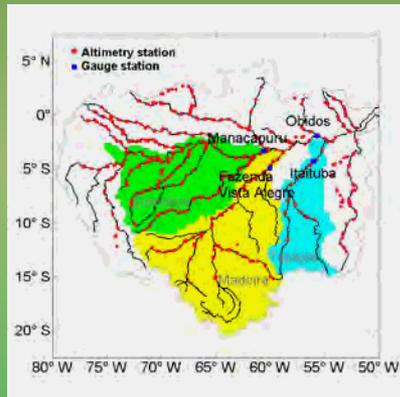
Frappart et al., *Sci. Tot. Env.*, en révision

Variations de stocks d'eau de surface

Silva et al., *Int. J. Remote Sens.*, 2012



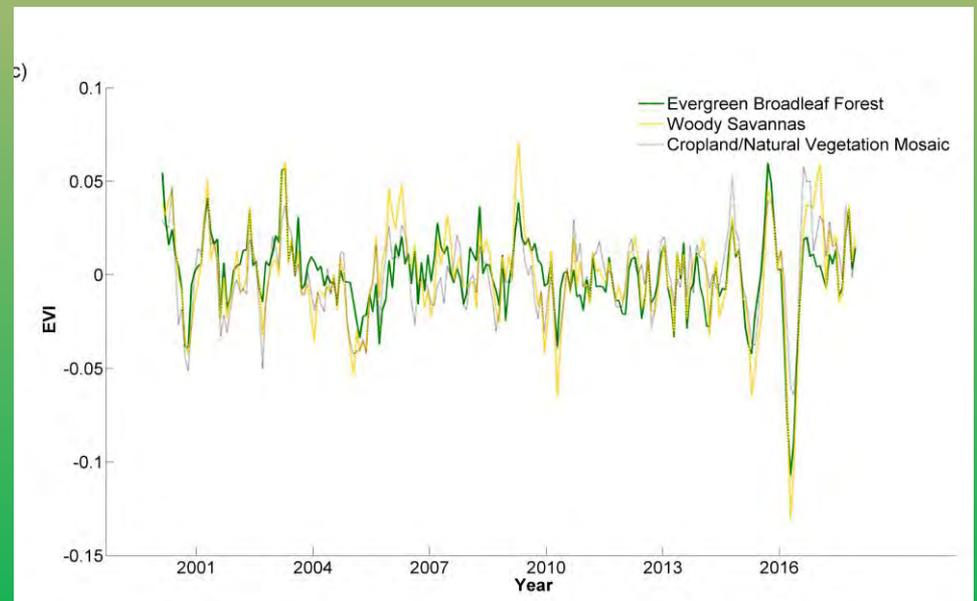
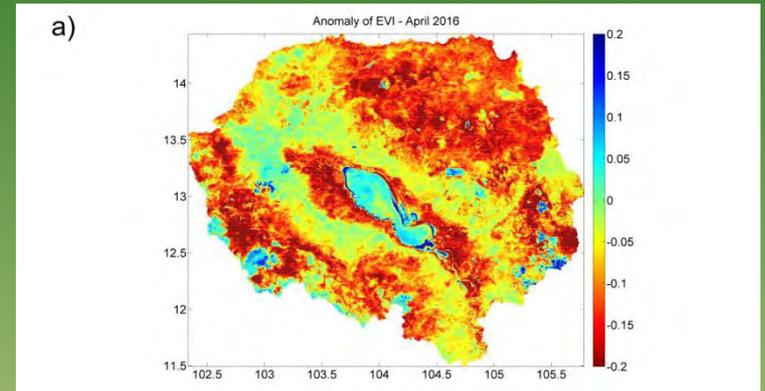
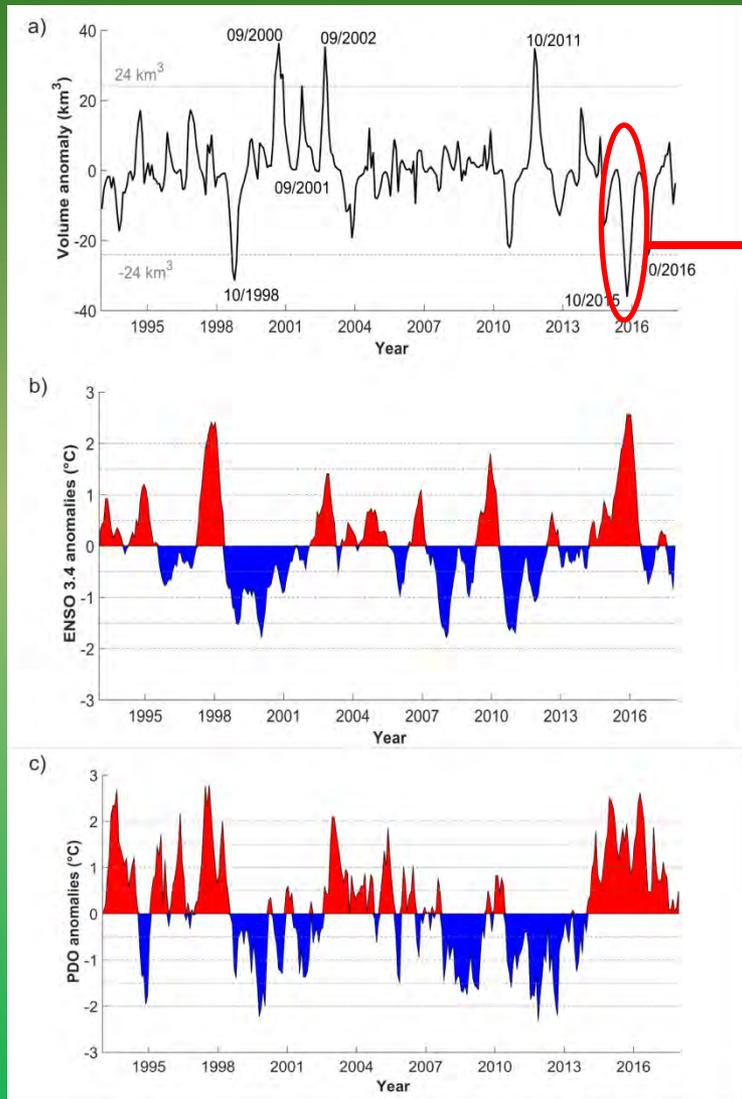
543 stations altimétriques
ENVISAT RA-2



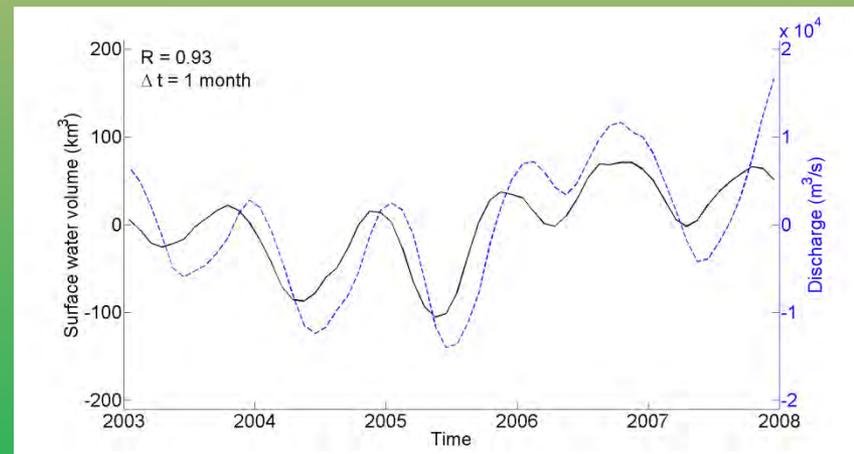
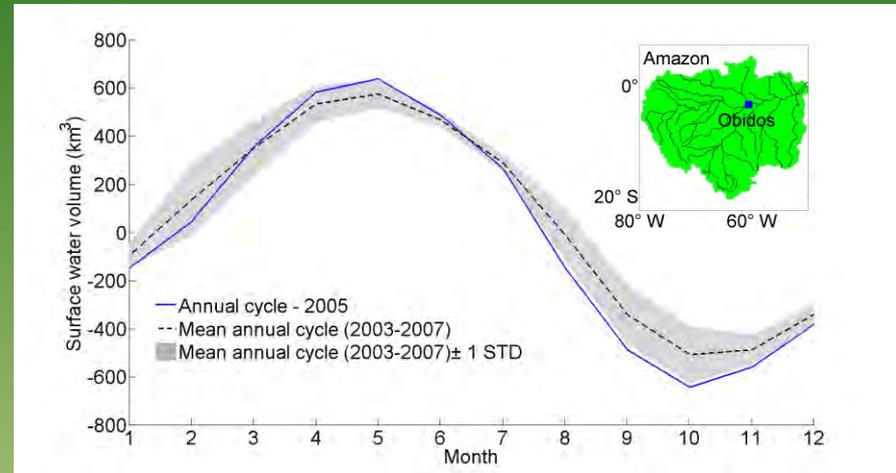
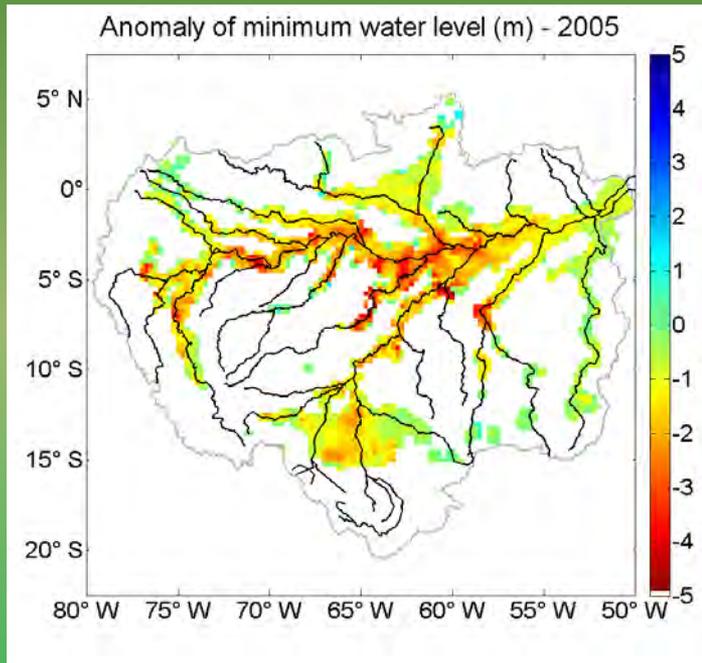
Frappart et al., *Env. Res. Lett.*, 2012

Papa et al., *J. Geophys. Res.*, 2010

Signature des événements climatiques extrêmes

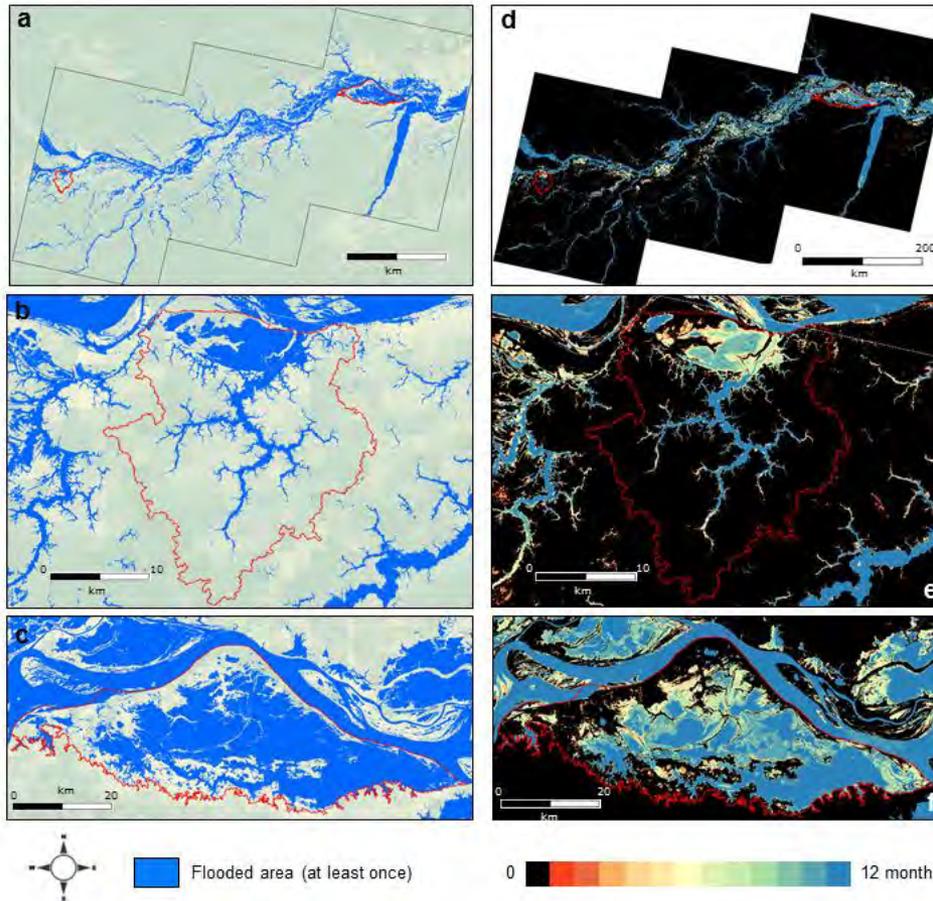


Signature des événements climatiques extrêmes



Frappart et al., *Env. Res. Lett.*, 2012

Durée d'inondation par SAR (Sentinel-1)



Mapping of maximum flood extent (a) and flood duration (d) on the Amazon river between Manaus and Santarem using S1 timeseries (2017).

(b) and (c) present the maximum flood extent on the floodplains of Janauuca and Curuai.

(e) and (f) present the flood duration on the floodplains of Janauuca and Curuai.