

L'UNESCO lance le projet **BIOPALT** pour sauvegarder le lac Tchad. Le projet BIOPALT vise à renforcer les capacités des États membres de la Commission du bassin du lac Tchad (CBLT) à sauvegarder et gérer durablement les ressources hydrologiques, biologiques et culturelles du bassin du lac Tchad afin de contribuer à la réduction de la pauvreté et de promouvoir la paix.

Lac Tchad vu des satellites

[pile 2D](#)

Sentinel-2 (optique haute résolution)

La famille des satellites **Sentinel-2** sont dotés de l'instrument **MSI** (Multi-Spectral Instrument). Deux satellites sont opérés à ce jour : **S2A** lancé le 23 juin 2015 et **S2B** lancé le 7 mars 2017. Ces satellites ont un cycle de 10 jours et se suivent à 5 jours.

L'instrument **MSI** comprend 13 bandes spectrales :

- 3 bandes bleu, vert, rouge dans le visible (VIS) et 1 dans le proche-infrarouge (PIR) à une résolution spatiale de 10m,
- 3 bandes dans le rouge proche (Red-edge), 1 dans le proche-infrarouge (PIR) et 2 dans le moyen-infrarouge (MIR) à 20m,
- 3 bandes d'absorption destinées à la correction atmosphérique et qui ont une résolution spatiale de 60m.

La largeur de bande des scènes est de 280 km produisant des produits si volumineux qu'ils sont découpés en tuiles de 100km x 100km.

Les figures 1 et 2 illustrent les variations de couleurs au cours du temps et en particulier des saisons. Les figures à gauche sont des compositions colorées dites en « **voies colorées** » car elles affectent les bandes rouge (4), verte (2) et bleu (1) aux plans de visualisation RGB respectivement. Les figures à droite sont des compositions colorées exploitant la variété des bandes spectrales en affectant une des deux bandes moyen-infrarouge (11), une bande proche-infrarouge (8A) et la bande rouge (4) aux plans RGB respectivement.

Fig.1: Scènes acquises les 3 et 12 décembre 2016 - Couleurs naturelles (gauche) et MIR/PIR/R (droite). [vue gauche](#) [vue droite](#)

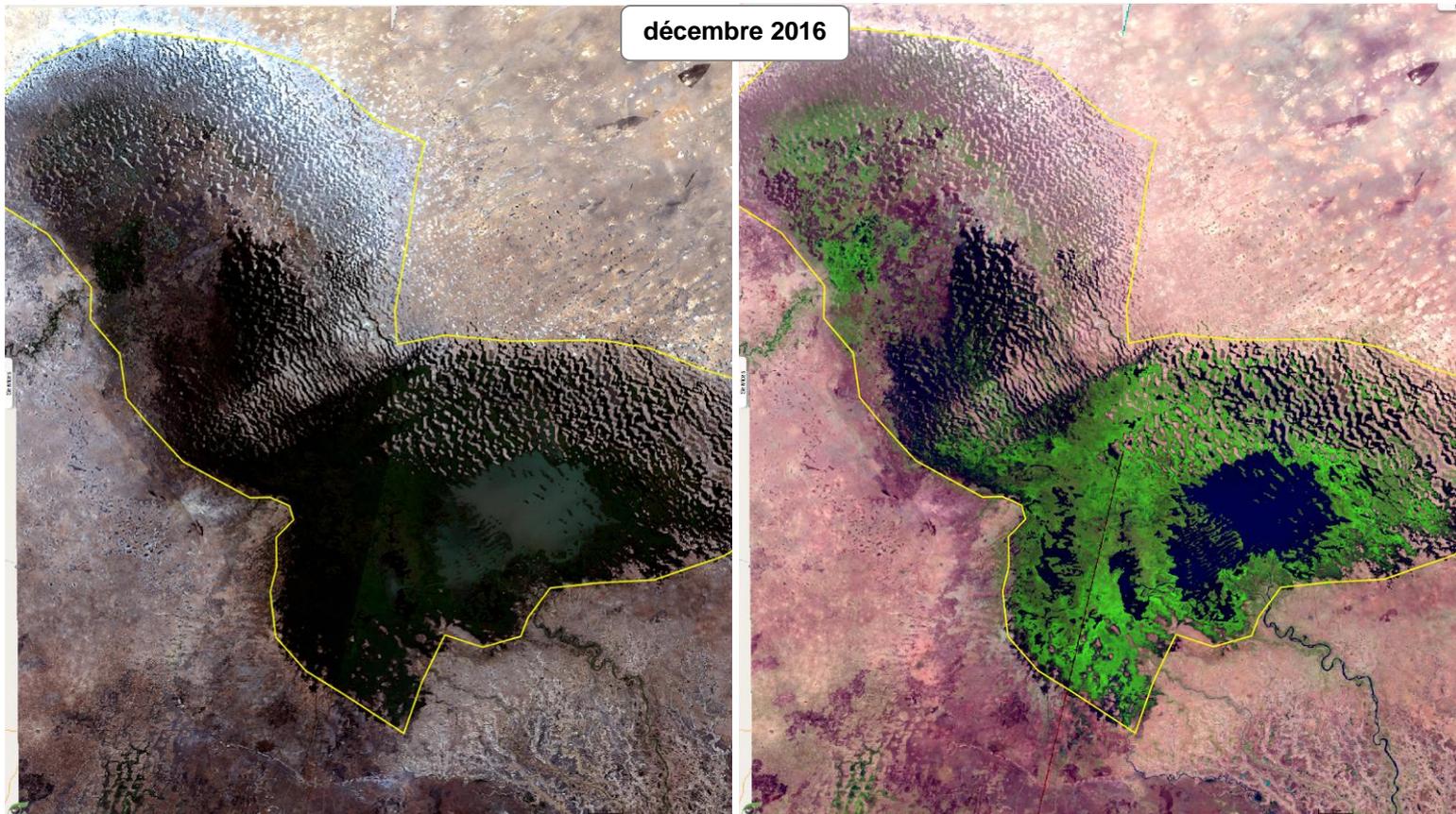
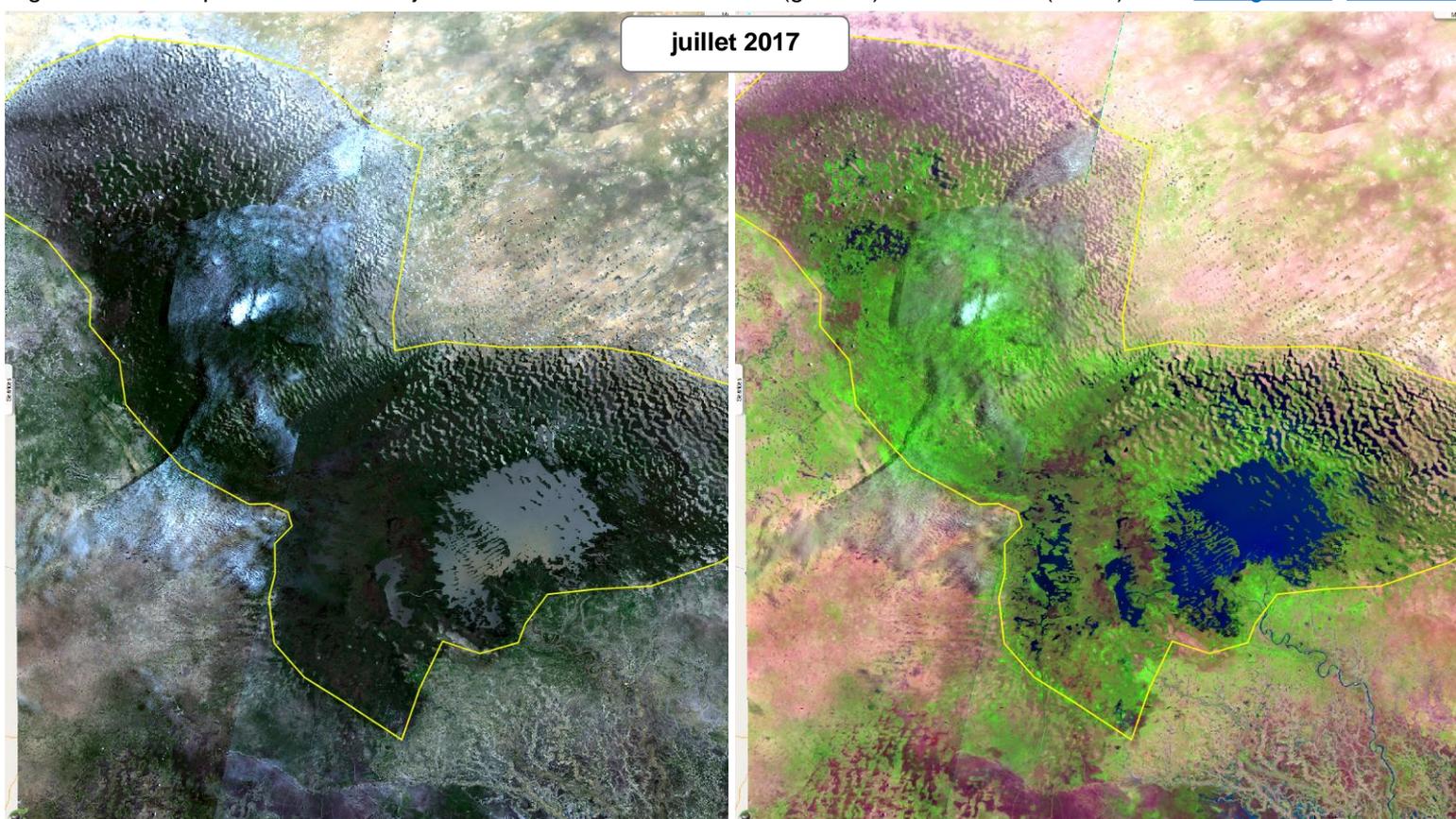


Fig.2: Scènes acquises les 23 et 26 juillet 2017 - Couleurs naturelles (gauche) et MIR/PIR/R (droite). [vue gauche](#) [vue droite](#)



La famille des satellites ERS (European Remote Sensing) est constituée de deux satellites ERS-1 et ERS-2 lancés en 1991 et 1995 et dont la mission se termina en 2000 et 2011 respectivement. L'un de leurs principaux instruments est le Radar à Ouverture Synthétique (RSO) SAR (Synthetic Aperture Radar) opérant en polarisation VV (c.à.d. en polarisation verticale à l'émission et en polarisation verticale à la réception du signal).

Le satellite Envisat est le satellite d'observation de la Terre le plus polyvalent jamais conçu par l'Agence Spatiale Européenne. Il possède 10 instruments dont ASAR (Advanced Synthetic Aperture Radar). Lancé en 2002, il a collecté des données pendant près de 10 ans jusqu'au 8 avril 2012. L'instrument ASAR opère selon des polarisations prédéfinies (VV, VH, HH, HV) ou selon des polarisations alternées (mode APP) dans lequel une ligne d'azimut est VV (ou HH) est suivie d'une ligne VH (ou HV respectivement).

Le signal radar rétrodiffusé dépend de plusieurs caractéristiques physique de la cible : -granularité / rugosité des cibles au sol, -degré d'humidité ou -couvert végétal. Selon la polarisation, la surface en eau libre apparaît plus ou moins sombre (voir figures 3 et 4).

ERS SAR (radar) Envisat ASAR (radar)

Fig.3: Radar ERS acquis en juillet 1994 (à gauche) et en hiver 1995/1996 (à droite)

[vue gauche](#) [vue droite](#)

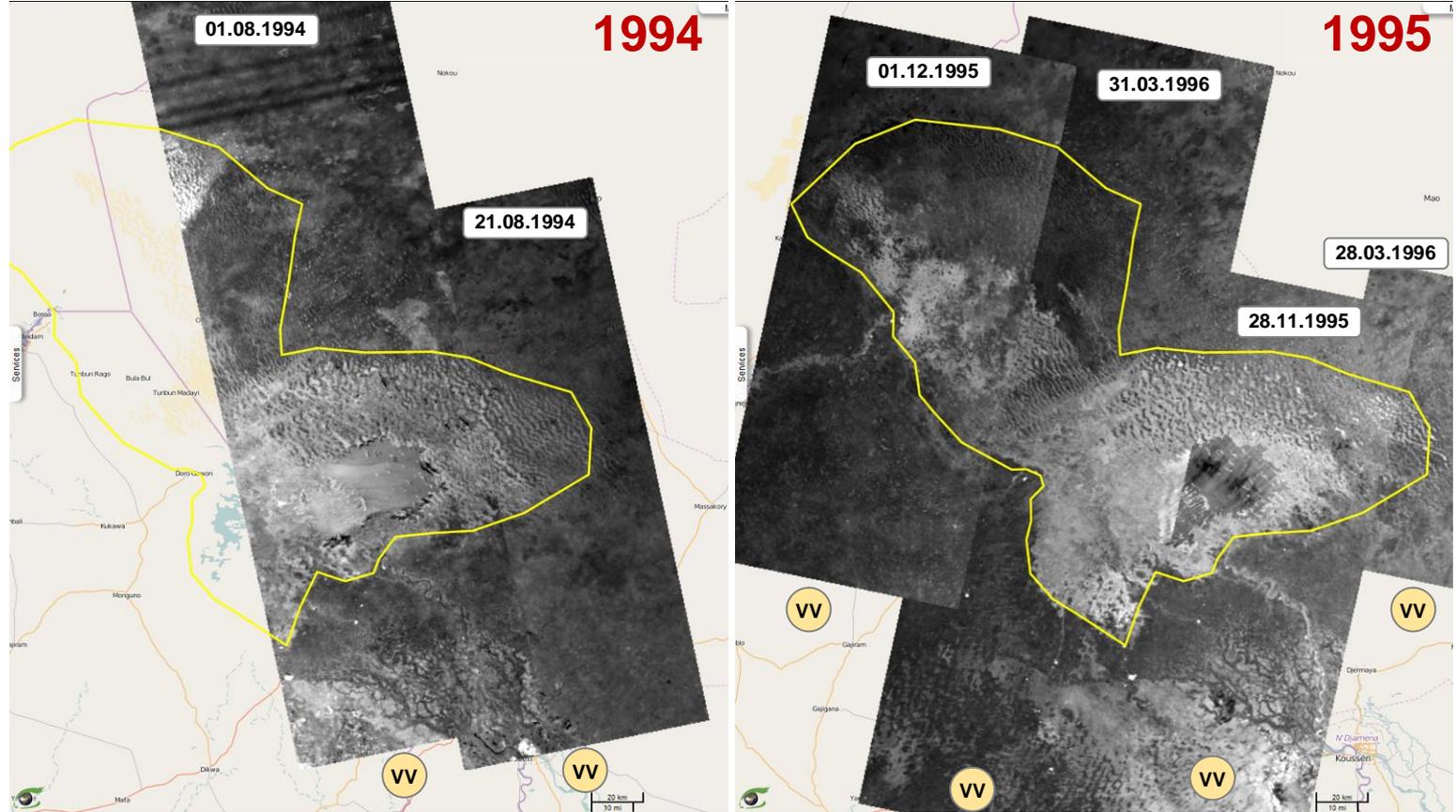
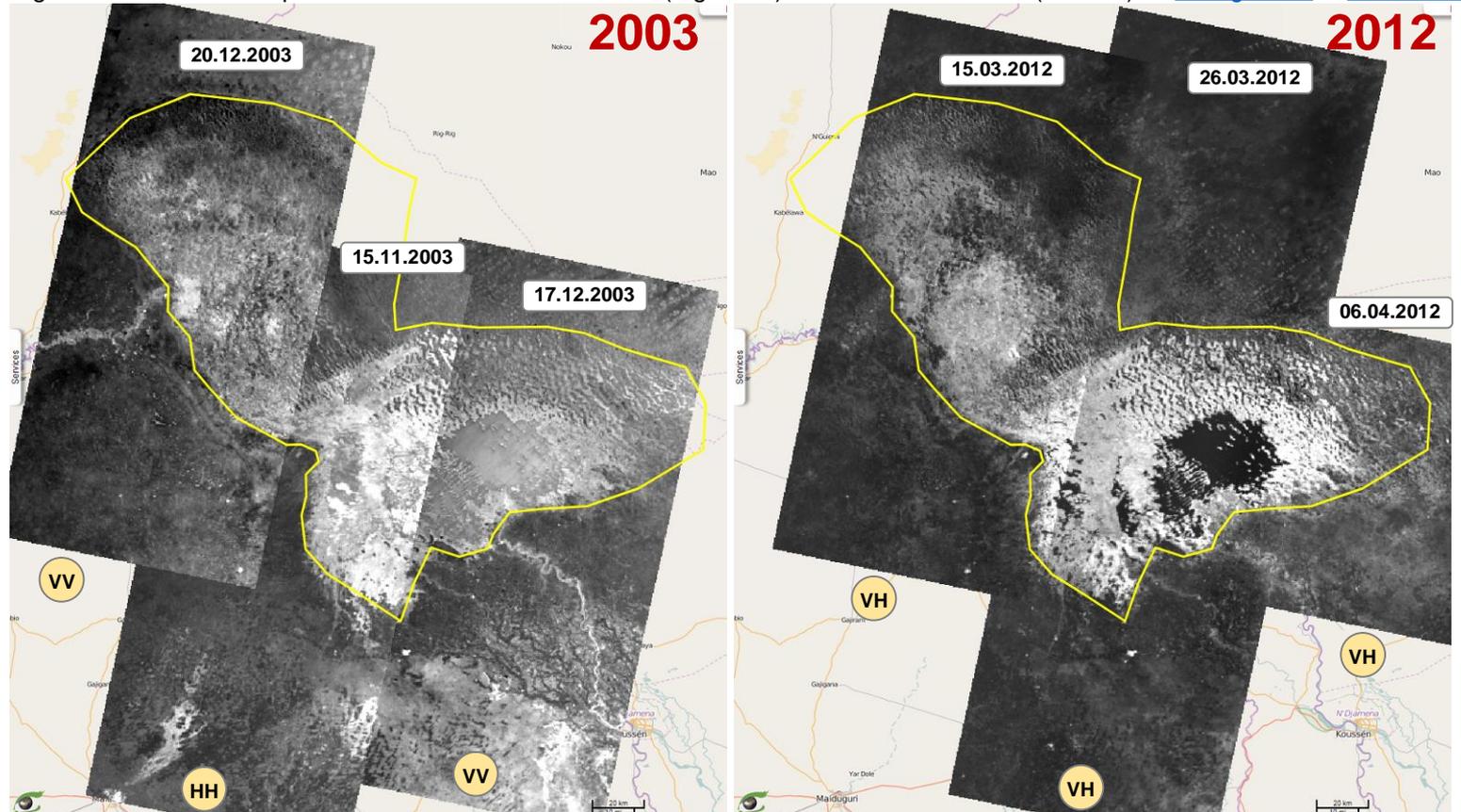


Fig.4: Radar Envisat acquis en novembre/décembre 2003 (à gauche) et en mars/avril 2012 (à droite)

[vue gauche](#) [vue droite](#)



La famille des satellites **Sentinel-1** sont dotés de l'instrument **C-SAR** (C-band Synthetic Aperture Radar). Deux satellites sont opérés à ce jour : -S1A lancé le 3 avril 2014 et -S1B lancé le 22 avril 2016. Ces deux satellites ont un cycle de 12 jours et se suivent à 6 jours.

L'instrument C-SAR opère en bande C à une fréquence de 5.405 GHz et donc à une longueur d'onde d'environ 5.5 cm qui déterminera la taille des câbles avec lesquelles le signal radar interagit. C-SAR opère selon deux polarisations : -verticale (V) et -horizontale (H). L'émission peut être faite en verticale et reçue en verticale (VV) ou en horizontale (VH). De même l'émission horizontale et la réception horizontale (HH) ou verticale (HV) constitue un mode alternatif d'acquisition. Le mode d'acquisition par défaut est (VV,VH) produisant deux bandes dans les produits image.

La largeur de fauchée est de 240 km selon des orbites qui peuvent être descendantes (diurnes) ou montantes (nocturnes).

La figure 5 montre la différence entre les deux composantes VV et VH acquises pendant la saison sèche autour du Lac Tchad. On observe que le contraste entre les surfaces en eau et les sols est plus marqué en « polarisation croisée » VH. On peut mettre en évidence la différence entre ces deux polarisations en calculant le « Normalised Difference Index (NDI) » sous la forme $(VH-VV)/(VH+VV)$.

Ne disposant que de deux images (ici VV et VH) pour réaliser une composition colorée, on peut choisir d'affecter la composante VV aux deux plans rouge (R) et bleu (B) et la composante VH au plan vert. Cette composition colorée VV,VH,VV est illustrée en fig.6 à gauche. Le dernier plan bleu peut tout autant se voir affecté l'indice de différence normalisée (NDI) évoqué plus haut. Cette composition colorée plus originale est illustrée en fig.6 à droite.

Sentinel-1 (radar haute résolution) Apport de la polarisation duale

Fig.5: Les deux polarisations : VV (à gauche) et VH (à droite). La différence normalisée de ces deux polarisations (au centre).

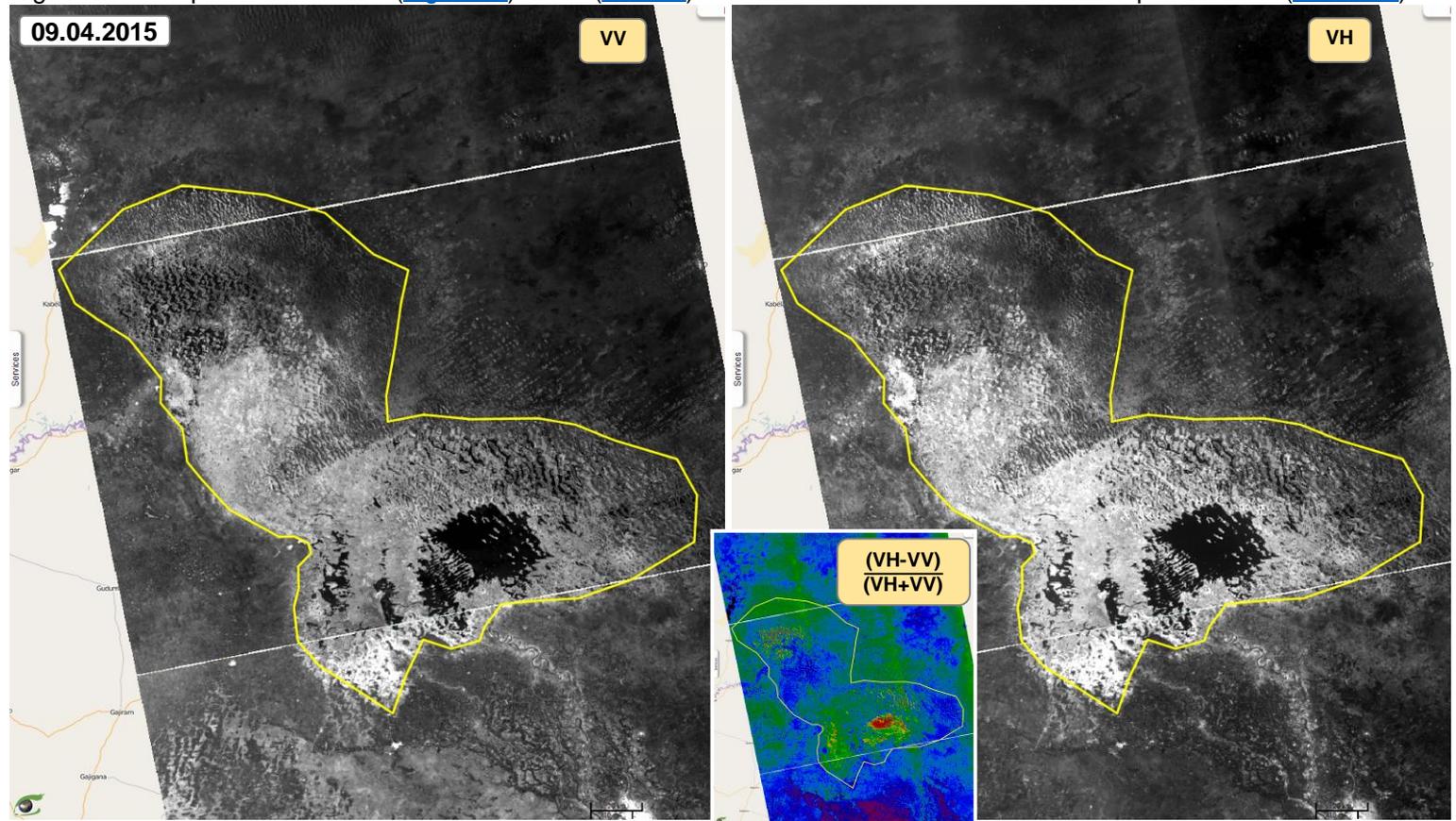
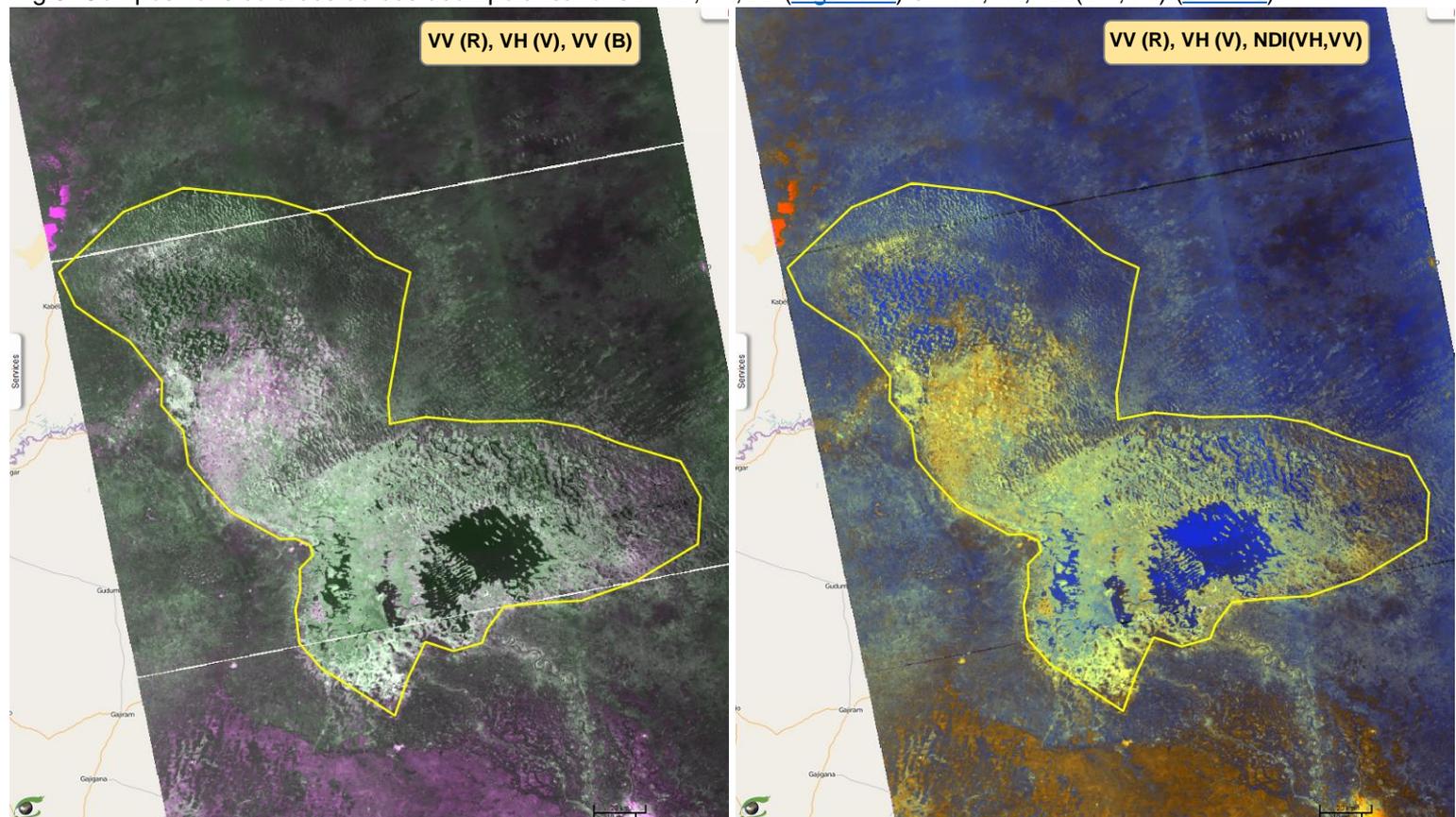


Fig.6: Compositions colorées de ces deux polarisations : -VV,VH,VV (à gauche) et -VV,VH,NDI(VH,VV) (à droite).



Le service GPM (*Global Precipitation Measurement*) de la NASA fournit des données de précipitations toutes les ½ heures. Le cumul journalier (fig.8) est très corrélé avec l'humidité de surface et ses effets sur la végétation illustrés -dans les images radar (fig.7) pour lesquelles la composante VV domine avec une plus grande rémanence et -dans les images optiques (fig.9) dans lesquelles la composante proche-infrarouge est immédiatement renforcée dans des aires plus étendues.

Séries temporelles Sentinel-1 et Sentinel-2 Surveiller les zones humides

Fig.7: Sentinel-1 2017 - Série temporelle VV,VH,VV.

[animation 2D](#)

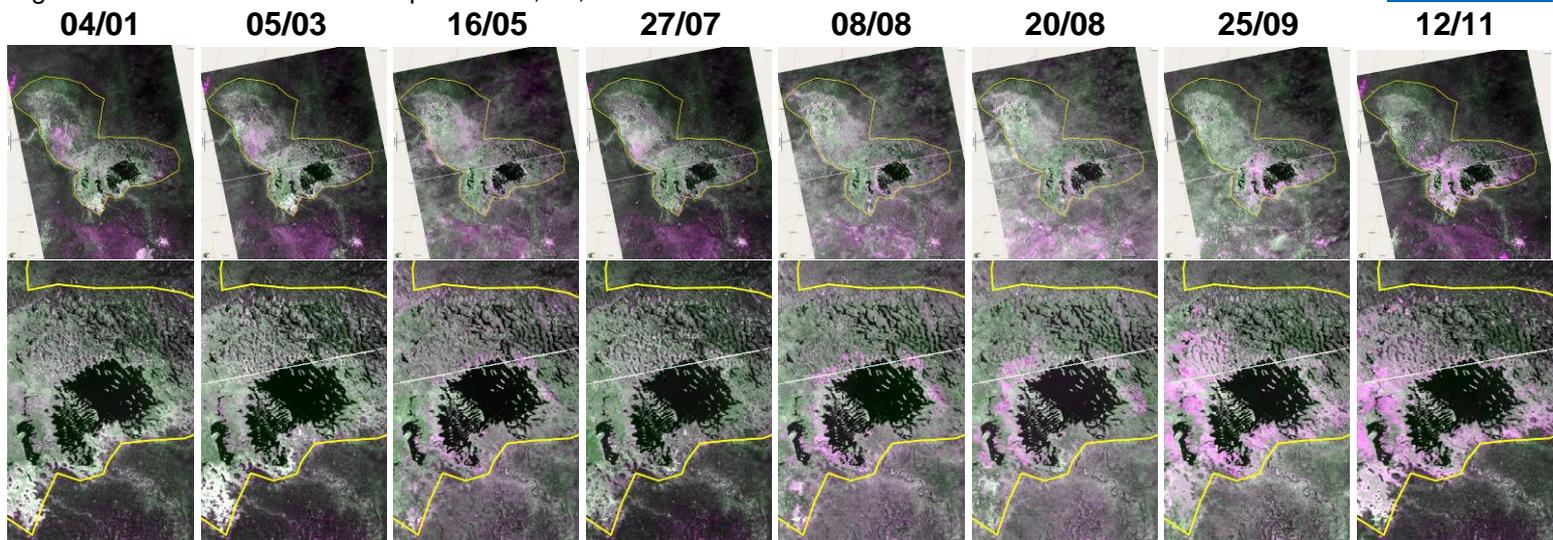


Fig.8: NASA GPM (*Global Precipitation Measurement*) Précipitations journalières (mm) du 1^{er} janvier au 31 décembre 2017.

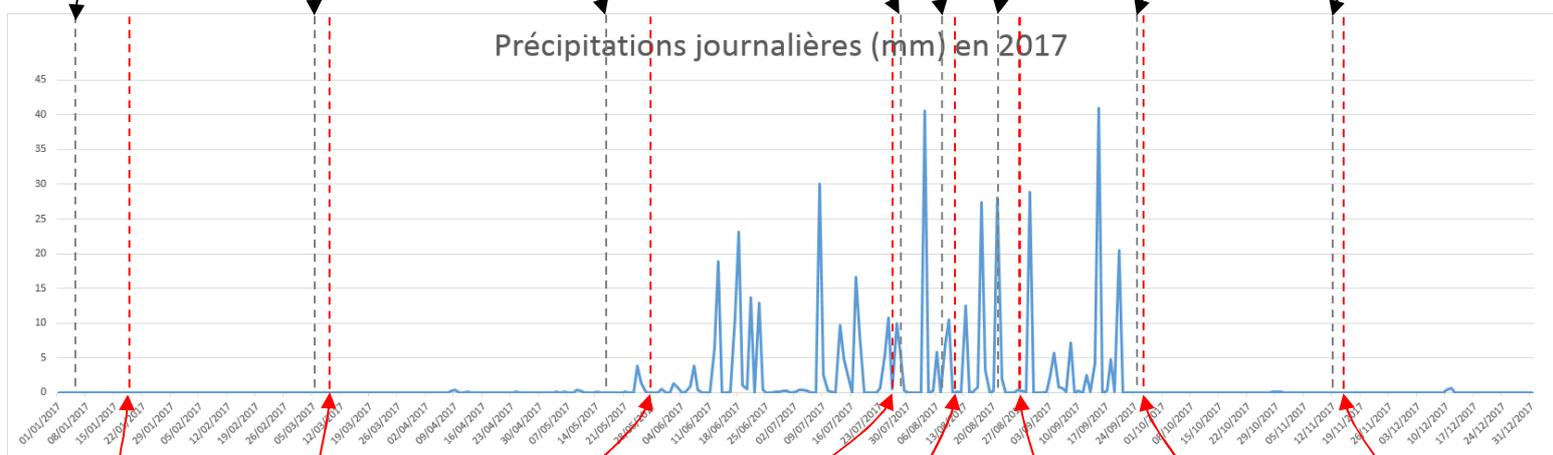
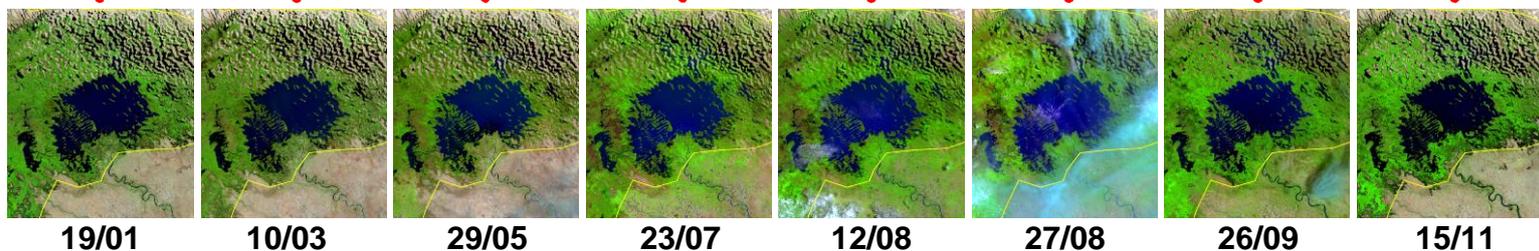


Fig.9: Sentinel-2 2017 - Série temporelle 11,8A,4.

[animation 2D](#)



La famille [Sentinel-3](#) regroupe les satellites dotés des trois instruments : -[OLCI](#) (Ocean and Land Colour Instrument), -[SLSTR](#) (Sea and Land Surface Temperature Radiometer) et -[SRAL](#) (Sentinel-3 Ku/C Radar Altimeter).

L'instrument SRAL est un altimètre opérant en bandes Ku (13.575 GHz) et en bande C (5.41 GHz) selon deux modes :

- **LRM** (Low-Resolution Mode) - étant le mode conventionnel consistant à l'émission de séquences (3 Ku / 1 C / 3 Ku) successives.
- **SAR** (Synthetic Aperture Radar) - étant le mode plus résolu spatialement par l'émission de 64 pulses en bande Ku encadrés par 1 pulse en bande C.

Comme illustré en fig.10, les données d'altimétrie SRAL intersectent le Lac Tchad et permettent d'évaluer les différences de hauteur d'eau entre deux dates. Ces hauteurs d'eau peuvent être analysées en calculant l'accumulation des précipitations telles qu'illustrée en fig.11.

Sentinel-3 - Altimètre SRAL et précipitations

Fig.10: Comparaison des données d'altimétrie à 20 kHz en bande Ku.

[vue 3D](#)



Fig.11: NASA GPM (Global Precipitation Measurement) Précipitations journalières (mm) de mars 2014 à mars 2018.

