

# La crue du lac Tchad en 2013 vue par le satellite Landsat 8

*\*Don-Donné Goudoum Pierre, Doctorant à l'Université de N'gaoundéré*

*Tel : 00235 66328520 dongoupier@yahoo.fr*

*Jacques Lemoalle - G-Eau/IRD - BP 64501 - 34394 Montpellier Cedex 5 - France*

*Tel : 33(0)4 67 16 64 76 - jacques.lemoalle@ird.fr*

## Résumé

Les caractéristiques de la crue lacustre et la disponibilité des images du nouveau satellite Landsat 8 sont mises à profit pour présenter une image du lac en avril-mai 2013 et une estimation de sa surface en eau: 14800 km<sup>2</sup>. Pour expliquer quoi ? Quelle est l'argumentation scientifique.

**Mots-clés** : Lac Tchad, télédétection, surface en eau.

## *Abstract*

*We have built on the conjunction of a large seasonal flood of the lake and of the availability of data from the new Landsat 8 satellite to present an image of the whole lake in April-May 2013 and an estimate of its inundated area: 14800 km<sup>2</sup>.*

**Keywords**: *Lake Chad, remote sensing, surface area.*

## 1. Introduction

Le fonctionnement hydrologique du lac Tchad est mal connu faute d'observations de terrain (1). C'est en particulier le cas de sa cuvette nord pour laquelle aucune mesure directe du niveau de l'eau n'est disponible depuis 1976. Diverses techniques ont été utilisées pour pallier ce manque de données de terrain: estimation des surfaces en eau avec Meteosat (2), altimétrie satellitaire (3 - 4), modélisation hydrologique (5).

Il est d'ordinaire difficile d'identifier par télédétection la présence de l'eau dans des terrains couverts de végétation, donc de distinguer dans le lac Tchad les marécages inondés des zones voisines couvertes de végétation sur terrain sec (6). Une analyse simple d'images Landsat composites en "couleurs naturelles", par exemple, ne permet pas en général d'identifier avec sécurité les surfaces en eau quand elles sont en partie couvertes de marécages. Il y a cependant des circonstances où ces images multi spectrales permettent d'identifier sans risque d'erreur des surfaces en eau de marécages.

Après la forte crue du Chari en octobre - novembre 2012, l'une des plus importantes depuis le début de la sécheresse qui s'est manifestée depuis le début des années 1970, l'extension de l'inondation du lac Tchad au début de 2013 a été, selon les habitants qui vivent autour du lac, d'une ampleur inhabituelle.

Les caractéristiques particulières de cette crue ont permis de bien identifier les surfaces inondées et d'estimer avec une bonne approximation la surface en eau du lac en utilisant les données fournies par le satellite Landsat 8 de la NASA. Une image complète du lac a été obtenue ainsi qu'une évaluation de sa surface totale en eau à cette période.

## 2. Matériel et méthodes

Les images utilisées proviennent du satellite mis en service en avril 2013 Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) accessibles gratuitement sur le site de la NASA du gouvernement américain (<http://glovis.usgs.gov/>). Chaque image se présente comme une photographie d'une partie du lac formant un fichier de 3 à 5 MB en format jpeg avec références géographiques. La résolution au sol est de 30 m et la largeur (Est-Ouest) de la scène d'environ 183 km pour une hauteur (Nord-sud) de 170 km. Nous avons utilisé les "LandsatLook Natural Color Image" qui sont des composites à pleine résolution de trois canaux spectraux (6, 5 et 4) ressemblant à des photos en couleurs naturelles. Un exemple d'image est donné ; Figure 1.

Du fait de la localisation des images et de la taille du lac, il faut assembler quatre images pour obtenir le lac en entier, et des portions d'images adjacentes pour présenter le lac dans un cadre rectangulaire. Parmi les scènes disponibles, nous avons recherché celles qui correspondent au mieux au maximum de la crue lacustre qui se situe vers le mois d'avril dans la cuvette nord du lac. Nous avons pu sélectionner les images du lac suivantes:

- LC81840512013143LGN03.jpg est du 23 mai 2013
- LC81850502013102LGN01.jpg nord du 12 avril 2013
- LC81850512013102LGN01.jpg centre du 12 avril 2013
- LC81860502013109LGN01.jpg ouest du 19 avril 2013

L'image résultante de l'ensemble du lac est donc centrée sur les 12-19 avril 2013, avec un décalage pour une petite partie est du lac datée du 23 mai.

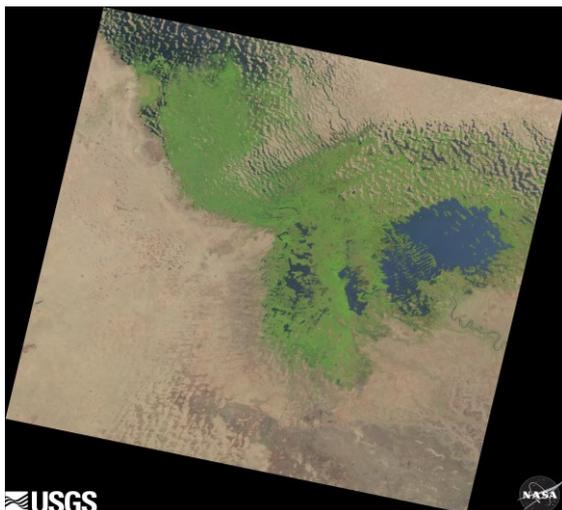
La méthode utilisée pour estimer la surface en eau résulte d'une hypothèse et de la

connaissance de l'hydrologie du lac publiée par ailleurs.

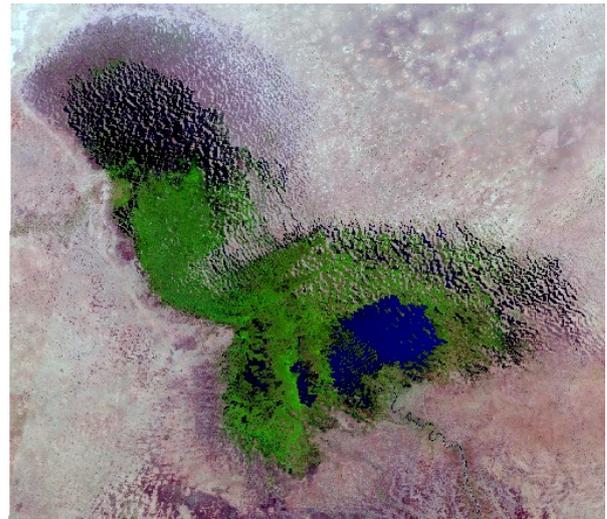
L'hypothèse est que lors d'une crue exceptionnelle tous les marécages sont inondés. Ces marécages ne se développant que lorsque le sol est inondé, il est probable qu'une grande crue couvre toutes les surfaces précédemment couvertes par des crues moins importantes. On voit par ailleurs sur la Figure 2 que de l'eau libre est visible le long d'une grande part du rivage et qu'elle a débordé des marécages.

Les observations de terrain à Bol (7 et DREM Tchad), les données des satellites altimétriques pour la cuvette sud fournies par le Legos (3 - 4) et la modélisation hydrologique pour la cuvette nord (5 - 1) indiquent que le maximum de la crue lacustre a lieu vers fin janvier dans la cuvette sud et vers le mois d'avril dans la cuvette nord lorsque la crue est importante.

Le choix des images utilisées pour représenter le lac permet donc de représenter au mieux l'extension de l'eau dans le lac lors de la crue de 2013. Il convient alors de réaliser une photo-interprétation de l'image du lac pour pouvoir estimer les surfaces.



*Figure 1. Image brute du centre du lac (12 avril 2013). Source: NASA.*

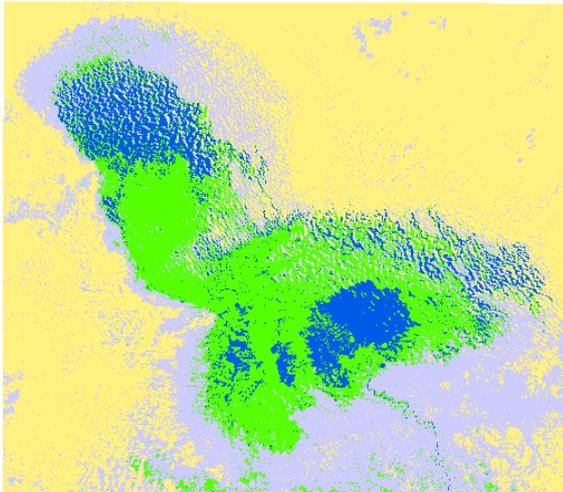


*Figure 2. Le lac Tchad lors du maximum de la crue lacustre de 2013 (image composite Landsat 8 portant sur la période du 12 avril au 23 mai 2013).*

Une photo-interprétation visualisant les différents objets sur l'image obtenue permet d'établir quatre classes :

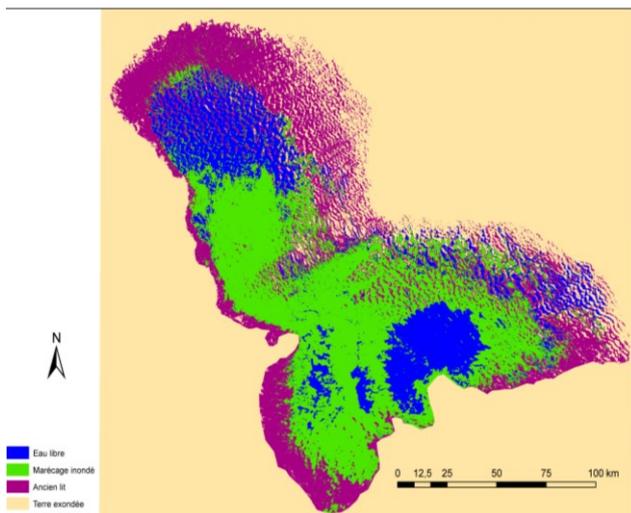
- classe eau libre pour toutes les surfaces couvertes d'eau visible (couleur bleue et noir) ;
- classe marécage inondé pour les surfaces couvertes de végétation herbeuse (couleur verte sur l'image) ;
- classe ancien lit du lac comprenant toutes les surfaces en couleur brun sombre ;
- une classe île ou terre exondée pour toutes les surfaces en brun clair.

Le logiciel Arc Gis 10 a été utilisé pour la classification supervisée de l'image du lac en s'assurant que les critères d'extraction sont effectivement pris en compte et que les limites des différentes classes coïncident avec les objets identifiés sur l'image source.



**Figure 3.** La répartition des quatre classes dans l'image du lac. La somme eau libre plus marécages correspond à la surface inondée totale.

L'image classée obtenue a ensuite été convertie sous format Shape polygone pour éliminer les artefacts comme les surfaces en eau extérieures au lac notamment le système Chari-Logone et les mares hors des limites du lac. Le contour approché du lac tel qu'il existait avant la période actuelle de sécheresse relative a ainsi été tracé, ce qui permet d'estimer en rouge les surfaces abandonnées de façon permanente depuis 1973.



**Figure 4.** Classification finale supervisée dans les limites du lac de 1973.

### 3. Résultats et discussions

L'association des quatre images sélectionnées a permis la production de la Figure 2 qui représente l'ensemble du lac en "couleurs naturelles" avec l'eau libre en bleu foncé ou noir et les marécages en vert. On distingue assez nettement dans la cuvette nord le rivage de l'ancien lit du lac avant 1973. Dans la cuvette sud, le lac occupe, lors de cette crue, approximativement son ancien rivage. Compte tenu de l'importance de la crue du Chari, dont le pic a eu lieu fin octobre à N'Djaména, on estime que la surface inondée occupée par le lac Tchad est la plus grande qui ait eu lieu depuis le passage à l'état de Petit Tchad en 1973.

L'estimation de la surface en eau était l'objectif principal de cette étude. Le résultat obtenu est résumé dans le Tableau 1, avec une surface en eau totale du lac (eau libre plus marécages) estimée à 14 800 km<sup>2</sup>.

**Tableau 1.** Superficies estimées du lac Tchad en avril 2013

Classe	Superficie (km <sup>2</sup> )
Ancien lit	7736
Eau libre	4620
Marécage inondé	10199
Surface en eau	14819
<b>Total général</b>	<b>22555</b>

Depuis 1973, quand le lac s'est scindé en deux cuvettes séparées par la Grande Barrière (7), l'essentiel de la variabilité de la surface du lac résulte de l'importance de l'inondation de sa cuvette nord. Celle-ci est restée sèche au cours des années 1985, 1987, 1988 et 1991. Elle a été bien remplie en 1989, 1999, et à diverses reprises depuis 2000.

Des estimations de la surface en eau du lac Tchad ont été faites en utilisant la différence d'inertie thermique sur le cycle jour-nuit entre surface en eau et sol sec (2).

Les données thermiques de Meteosat avec une résolution de 5 km ont été utilisées. Pour la période 1986-2001, les maximums annuels de surface en eau estimée sont comprises entre 7800 en décembre 1987 et 16300 km<sup>2</sup> en avril-mai 2000. L'importance de cette crue de 2000 résulte de la succession de deux années relativement humides avec de forts apports du Chari qui ont favorisé l'extension de la surface en eau, alors que la crue de 2013 s'est produite dans une cuvette nord du lac plutôt sèche et donc moins favorable à l'extension de l'eau.

#### 4. Conclusion

Si l'on considère que les surfaces maximales en crue de 2000 et de 2013 peuvent être du même ordre, et compte tenu de la différence des méthodes utilisées, et en particulier de la différence de résolution des deux satellites (5 km et 30 m), il n'y a pas incompatibilité entre les deux types d'estimation.

L'évaluation fondée sur les données Landsat de la surface en eau du lac Tchad, de 14800 km<sup>2</sup> en avril-mai 2013, contribue à la connaissance du lac pour le début des années 2000 et souligne que celui-ci peut atteindre une surface importante lors des années de relative bonne pluviométrie sur son bassin.

#### 5. Bibliographies

1- **Lemoalle J., Bader J-C., Leblanc M., Sedick A.**, 2012. Recent changes in Lake Chad: observations, simulations and management options (1973-2011). *Global and Planetary Change* 80-81: 247-254

2- **Leblanc M., Lemoalle J., Bader J.C., Tweed S., and Mofor L.**, 2011. Thermal remote sensing of water under aquatic vegetation: example with 15 years of inundation patterns for the 'Small' Lake Chad, *Journal of Hydrology*, 404: 87-98.

3- **Créaux J.-F., Bergé-Nguyen M., Leblanc M., Abarca Del Rio R., Delclaux F., Mognard N., Lion C., Kumar Pandey R.,**

**Tweed S., Calmant S. Maisongrande P.**, 2011a. Flood mapping inferred from remote sensing data. *International Water Technology Journal, IWTJ*, 1 (1), 46-58.

4- **Créaux J.-F., and Birkett C.**, 2008. Lake studies from satellite radar altimetry, *Comptes rendus Géoscience* 338 (14-15):1098-1112.

5- **Bader J.-C., Lemoalle J., and Leblanc M.**, 2011. Modèle hydrologique du Lac Tchad, *Hydrological Sciences Journal*, 56(3), 411-425.

6- **Créaux J-F., Jelinski W., Calmant S., Kouraev A., Vuglinski V., Bergé Nguyen M., Gennero M-C., Nino F., Abarca Del Rio R., Cazenave A., Maisongrande P.**, 2011b. SOLS: A Lake database to monitor in Near Real Time water level and storage variations from remote sensing data, *J. Adv. Space Res.* (2011), doi:10.1016/j.asr.2011.01.004

7- **Olivry J.C., Chouret A., Vuillaume G., Lemoalle J., Bricquet J.P.**, 1996. *Hydrologie du Lac Tchad*. ORSTOM, Paris, 259 p.

Don-Donné G.P., Lemoalle Jacques.

La crue du lac Tchad en 2013 vue par le satellite Landsat 8.

Revue Scientifique du Tchad, 2014, 1 (4), p. 40-44. ISSN 1017-2769