

GDR 2839  
MSG-ATR

## Ressource fourragère en Afrique soudano-sahélienne : estimation, cartographie, et suivi par analyse de séries temporelles de NDVI NOAA

Julien Andrieu<sup>1</sup>, Frédéric Alexandre<sup>2</sup>, Alain Génin<sup>3</sup>, Jose San-Emeterio<sup>1</sup>,

1. UMR CNRS PRODIG, Paris, France

2. UMR CNRS CRESC, Université Paris13-Nord, Paris, France

3. UMR CNRS CITERES, Université F. Rabelais, Tour France

Email: [julien.andrieu@univ-paris-diderot.fr](mailto:julien.andrieu@univ-paris-diderot.fr)

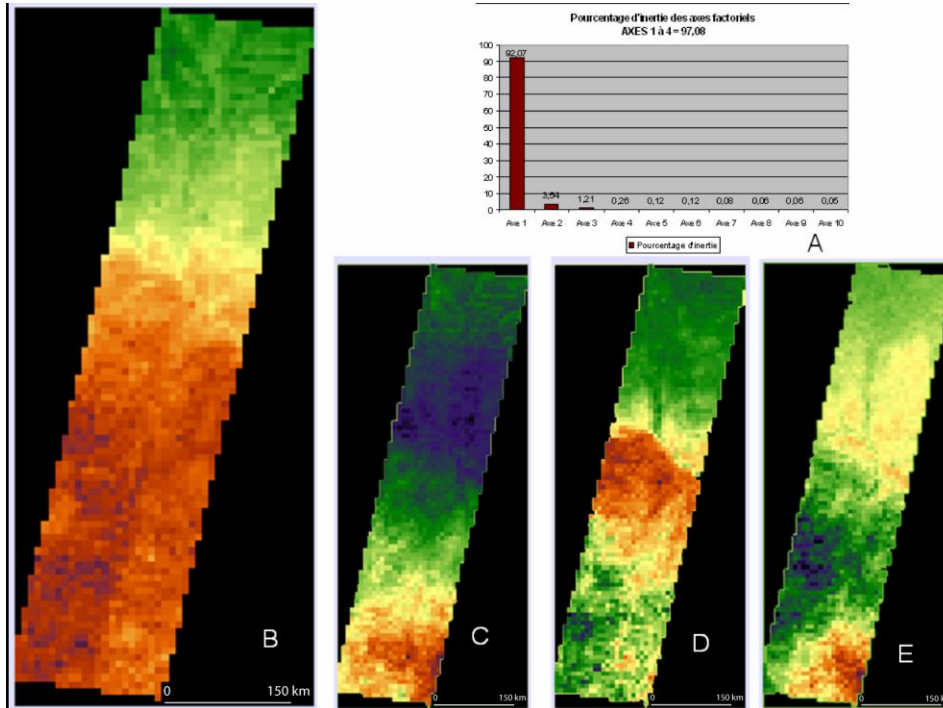
### Résumé

Pour une meilleure gestion des ressources naturelles en Afrique de l'Ouest, prenant en compte la variabilité climatique (Lebel et al., 2009), d'une part, et l'évolution socio-démographique (Guengant et al. 2002), d'autre part, on s'intéresse, dans le cadre du programme ECLiS (Elevage, Climat, Société, financement ANR), à la vulnérabilité et/ou l'adaptabilité des systèmes agro-pastoraux soudanais et sahéliens qui s'appuient sur une double ressource : les terres arables et la ressource fourragère disponible.

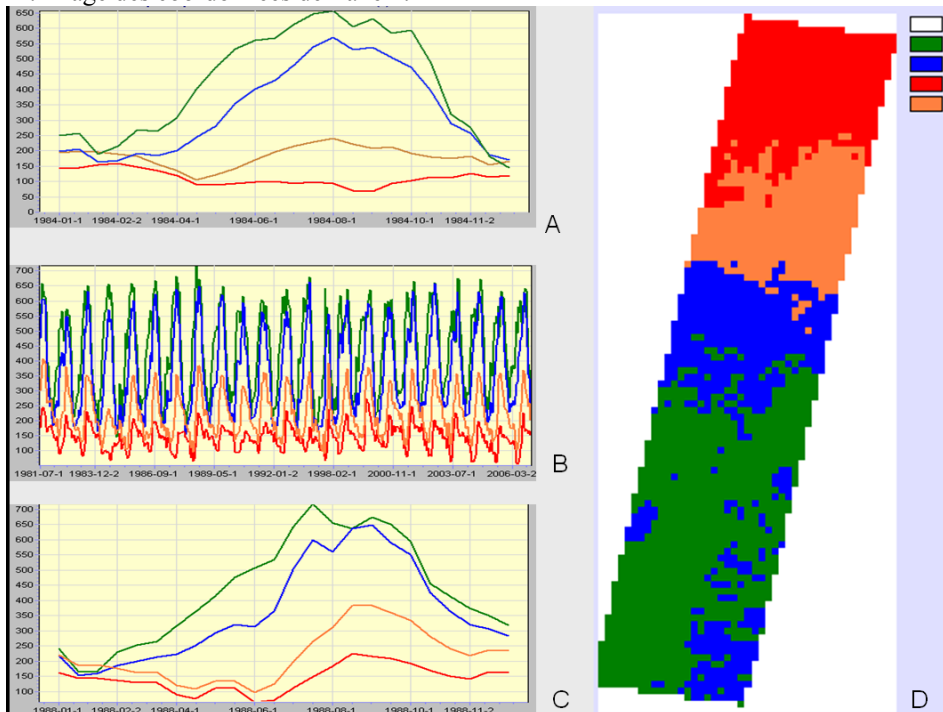
Les pratiques d'élevage reposent sur la pâture de fourrages herbacés et ligneux, dans les terres de parcours, les parcelles cultivées après récolte, les jachères, les zones boisées forestières ou agro-forestières, etc. (Basset & Boutrais, 2000). L'ensemble du couvert végétal est ainsi potentiellement pâturé, ou, en d'autres termes, toute la végétation est ressource fourragère. Ainsi l'étude de l'indice normalisé de végétation peut-il être considéré comme un bon indicateur de cette ressource (Kawamura *et al.*, 2005). L'échelle macro-régionale est ici étudiée : la variabilité phyto-climatique s'y exprime. A une échelle plus grande, la ressource fourragère varie d'une parcelle à l'autre (eg. champ cultivé/jachère) et d'une unité écologique à l'autre (eg. bas-fond/plateaux). La résolution des synthèses NDVI de NOAA à 8 km sont donc bien adaptées à l'étude de la variabilité du fourrage depuis les régions soudano-guinéennes, pluvieuses et forestières jusqu'aux régions sahéliennes, arides et steppiques, en lissant la micro-hétérogénéité ci-dessus évoquée. Une zone d'étude allant de la haute vallée de l'Ouémé au Bénin (9°N) au Fakara au Niger (14° N) permet d'étudier la variabilité du volume et de la qualité de la ressource à travers des estimations de la biomasse et du comportement phénologique.

Une Analyse en Composante Principale (A.C.P.) de la série temporelle NOAA permet une première appréhension de cette variabilité spatiale du NDVI (figure 1) (Andrieu et Mering, à paraître). Chaque composante principale est ensuite divisée en 4 classes pour établir les profils temporels mis en exergue par l'axe factoriel. Ils permettent ainsi de montrer les principales différences dans la ressource fourragère sur les premiers axes factoriels (figure 2).

- L'axe 1 avec 92,07 % d'inertie met en opposition, comme attendu, le Sud soudanien aux fortes ressources au Nord sahélien aux faibles ressources (figure 1b ; figure 2) : sur l'ensemble des profils, les valeurs de NDVI sont croissantes du sud au nord.
- L'axe 2 (figure 1c) avec 3,04 % d'inertie oppose les régions où le NDVI connaît une faible amplitude au cours de l'année et celles où il varie amplement. Dans le premier cas, se distingue la région de la vallée du fleuve Niger, autour de la frontière entre le Bénin et le Niger, caractérisée par une proportion plus forte de milieux humides et par la présence du Parc du W. A l'opposé se trouvent la partie sud, dans les vastes communes de Bassila et Djougou au Bénin), caractérisée par une biomasse maximale à la saison des pluies, fortement réduite ensuite en raison de l'importance des feux.
- L'axe 3 (figure 1c) avec 1,21 % d'inertie met en exergue la région de Kandi et Malanville, au nord du Bénin caractérisée par un important pic de développement de la ressource fourragère à la saison des pluies. Vers le nord comme vers le sud, les maxima sont de moins en moins élevés.
- L'axe 4 (Figure 1d) avec 0,26 % d'inertie met en opposition le sud-ouest, où le massif de l'Atakora est couvert d'une biomasse qui reste élevée en saison sèche et le sud-est où la biomasse de saison sèche est particulièrement réduite (feux de brousse).

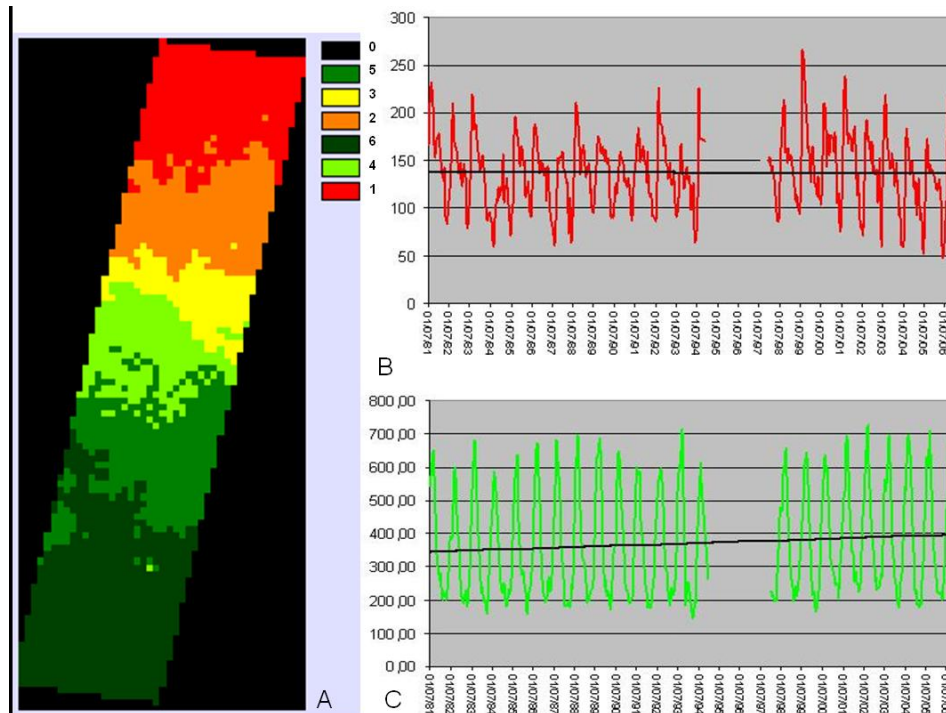


**Figure 1 : Analyse en Composante Principale de la série temporelle de NDVI NOAA.** A : Pourcentage d'inertie. B : image des coordonnées de l'axe 1. C : image des coordonnées de l'axe 2. D : image des coordonnées de l'axe 3. E : image des coordonnées de l'axe 4.



**Figure 2 : Examen de la première Composante Principale de l'A.C.P. par classification (Kmeans) en quatre classes et calculs des moyennes de classes.** A : Profil du NDVI de l'année 1984. B : Profil du NDVI de l'ensemble de la série. C : Profil du NDVI de l'année 1988. D : Classification de la CP.

Une fois la distribution spatiale régionale du couvert végétal identifiée et cartographiée, la variabilité temporelle est examinée. Une classification des moyennes bimensuelles sur l'ensemble de l'archive (figure 3a) permet de dresser les profils temporels et de calculer les courbes de régression (figures 3b et 3c).



**Figure 3 : Examen des tendances d'évolution décennale du NDVI. A :** Classification des moyennes bimensuelles. **B :** Profil du NDVI de la classe 1 (Nord). **C :** Profil du NDVI de la classe 4 (Sud).

<b>Classe 1</b>	$y = -0,0002x + 142,93$
<b>Classe 2</b>	$y = 0,0003x + 190,52$
<b>Classe 3</b>	$y = 0,0017x + 227,44$
<b>Classe 4</b>	$y = 0,0056x + 177,52$
<b>Classe 5</b>	$y = 0,0053x + 244,42$
<b>Classe 6</b>	$y = 0,0042x + 298,43$

**Tableau 1 : courbes de tendance des profils temporels des six classes** Les courbes de régression des trois régions situées au Niger montrent une pente nulle. Les trois classes situées au Bénin montrent des courbes aux pentes significativement positives.

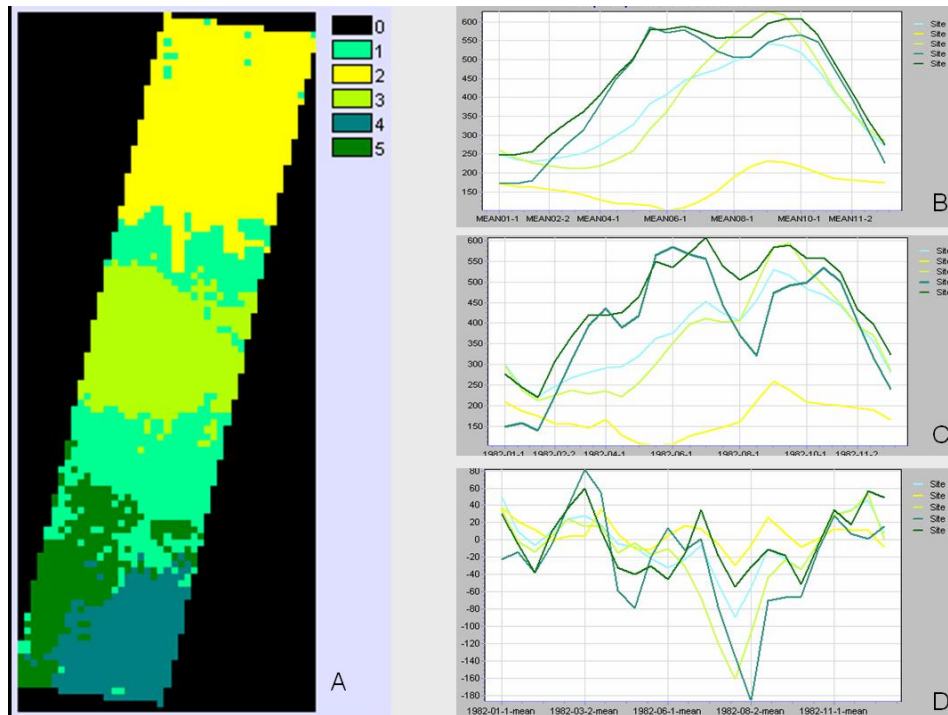
Ces profils temporels apportent une information importante sur l'évolution de la ressource fourragère ces dernières décennies : le Nord n'aurait pas connu, à cette échelle de variation dans le temps, de variation détectable par cette méthode en dépit de meilleures années de précipitations. Faut-il y voir un effet de l'augmentation conjointe des surfaces cultivées et de la pression pastorale dans un contexte de forte croissance démographique (Hierneaux et al., 2009) ? Le sud montre en revanche une augmentation de l'activité végétale, conforme à la chronologie des années climatiques.

Des analyses complémentaires permettraient d'appréhender également la qualité de la ressource et ainsi d'établir une régionalisation plus complexe que les études de terrain permettent d'affiner. Dans un premier temps, nous proposons de travailler sur les axes 2 à 4 de l'A.C.P. qui permettent de mettre en évidence d'autres contrastes que celui lié au gradient latitudinal. Une classification non dirigée à partir de ces néo-canaux est effectuée (figure 4a). Il est ainsi ensuite possible de calculer les profils des moyennes bimensuelles (figure 4b), et les écarts à la moyenne (figure 4c) pour constituer une nouvelle matrice de données à analyser. Ces travaux sont en cours.

## Conclusion

La méthode suivie pour la cartographie de la ressource fourragère semble adaptée, à la condition d'être couplée à des observations précises de la composition de la végétation et à des enquêtes sur les pratiques des sociétés

agro-pastorales. Les premiers axes factoriels et les profils temporels du NDVI qui en sont déduits permettent en tout cas d'étudier les modalités de la variation de la ressource le long du gradient climatique et de mettre en évidence des particularités régionales. Les premiers résultats du suivi de la ressource semblent montrer une dichotomie entre le nord qui a connu une stabilité depuis le début des années 1980 et le sud qui a connu une progression. La démarche mérite ainsi d'être poursuivie.



**Figure 4 : Calcul des écarts à la moyenne.** A : Classification des 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>, et 4<sup>ème</sup> composantes principales. B : Profils du NDVI des moyennes bimensuelles. C : Profils du NDVI de l'année 1982. D : Écarts à la moyenne.

## REFERENCES

- Andrieu J. et Mering C., « Synergie des données LANDSAT et MSG pour une cartographie de la végétation sur le littoral ouest-africain ». in *Revue Française de photogrammétrie et télédétection*. A paraître.
- Bassett T. and Boutrais J., 2000 « Cattle and Trees in the West African Savanna » In : CLINE-COLE R. (ED.), MADGE C. (ED.) *Contesting forestry in West Africa*. Aldershot : Ashgate, 2000, p. 242-263.
- Guengant J.-P., M. Banoïn & A. Quesnel, 2002. *Dynamique des populations, disponibilité en terres et adaptation des régimes fonciers : le cas du Niger*. Gendreau Francis, Lututala Mumpasi, FAO, Rome : 155p.
- Hierneaux P., Ayantunde A., Kalilou A. Mougin E. Gérard B., Baup F., Grippa M., Djaby B., 2009. "Trends in productivity of crops, fallow and rangelands in Southwest Niger: Impact of land use, management and variable rainfall », *Journal of Hydrology*, 375 (2009) 65–77
- Kawamura, K., Akiyama, T., Yokota, H., Tsutsumi, M., Yasuda, T., Watanabe, O., Wang ShiPing. 2005. « Comparing MODIS vegetation indices with AVHRR NDVI for monitoring the forage quantity and quality in Inner Mongolia grassland, China ». *Grassland Science*. Volume 51 Issue 1 p 33-40
- Lebel Th., Cappelaere B., Galle S. Hanan N., Kergoat L., Levis S., Vieux B., Descroix L., Gosset M., Mougin E., Peugeot Chr., Seguis L., 2009. "AMMA-CATCH studies in the Sahelian region of West-Africa: An overview". *Journal of Hydrology*, 375 (2009) 3–13.