

## Apports de la télédétection dans l'étude de la dynamique environnementale de la région de Tchago (nord-ouest de Gouré, Niger)

### Contribution of Remote Sensing in the study of the environment dynamic in the region of Tchago (north-west of Gouré, Niger)

TIDJANI A.A. <sup>1</sup>, OZER, A. <sup>2</sup> & KARIMOUNE, S. <sup>3</sup>

**Abstract:** Niger shelters, in its south-eastern part, a landscape of dunes set up during the last interpluvial (18000 BP), fixed by vegetation and presenting many inter-dune depressions, more or less deep, wet and very fertile: the micro-basins. Today, we observe modifications of the environmental facies of this zone especially through the appearance of mobiles dunes and the restoration of movement of rehandeld sand that can invade these micro-basins, the only places able to ensure food security in this area particularly sensitive to wind erosion (weak and random pluviometry, high temperature, frequent and erosive winds). The objective of this study carried out in Tchago (north-west of Gouré) is to better understand the dynamics of the environmental changes occurred between 1958 and 2005 through the exploitation of airborne photographs and satellite images. It arises that remote sensing is a good tool for the description of the evolution of this environment because it was possible to identify not only the changes occurred during these 47 years, but also to understand them as these changes are related both to the effects of drought and to the demographic pressure. This phenomenon of silting up, although having grown from 1975, did not yet reach the stage of irreversibility in the zone of study. A rapid and effective intervention could constitute a positive action.

Keywords: Remote sensing, silting, micro-basins, environmental change

**Résumé:** Le Niger abrite, dans sa partie sud-est, un paysage de dunes mises en place pendant le dernier inter-pluvial (18000 BP), fixées par la végétation et présentant de nombreuses dépressions interdunaires, plus ou moins profondes, humides et très fertiles : les cuvettes. Aujourd'hui, on assiste à une modification du faciès environnemental de cette zone se traduisant surtout par l'apparition de dunes vives et la remise en mouvement de sable remanié qui peut envahir ces cuvettes, seul endroit capable d'assurer la sécurité alimentaire dans cette région particulièrement sensible au phénomène d'érosion éolienne (pluviométrie faible et aléatoire, température élevée, vents fréquents et érosifs). L'objectif de cette étude réalisée à Tchago (nord-ouest de Gouré) est de mieux comprendre la dynamique des changements environnementaux intervenus entre 1958 et 2005 à travers une exploitation de photos aériennes et d'images satellitaires. Il ressort ainsi que la télédétection est un bon outil pour la mise en évidence de l'évolution de cet environnement car il a été possible d'identifier non seulement les changements intervenus en 47ans, mais aussi de comprendre que ces changements sont liés aussi bien aux effets de la sécheresse qu'à la pression démographique, et que le phénomène d'ensablement, bien qu'ayant pris de l'ampleur à partir de 1975, n'a pas encore atteint le stade d'irréversibilité dans la zone d'étude. Une intervention rapide et efficace pourrait donc constituer une action positive.

Mots-clés : Télédétection, ensablement, cuvettes, changement environnemental

---

<sup>1</sup>Faculté d'Agronomie - Université Abdou Moumouni, BP 10960 Niamey, Niger, Email:tidalou@yahoo.fr

<sup>2</sup>Unité de Géographie Physique - Université de Liège, Allée du 6 août, 2 - B11 4000 Liège (Sart-Tilman) Belgique, Email: aozzer@ulg.ac.be;

<sup>3</sup>Ecole Normale Supérieure - Université Abdou Moumouni, BP 10960 Niamey, Niger

## INTRODUCTION

Le Département de Gouré est situé dans le Damagaram Est (sud-est du Niger). La dégradation de son environnement suite aux variations pluviométriques importantes (OZER *et al.*, 2005, 2009) et à l'amplification progressive du phénomène de désertification se manifeste par une réduction importante du couvert végétal, l'assèchement des points d'eau ; une extension des zones de cultures et l'apparition de dunes vives au nord de l'isohyète 150 mm et leur progression dans la direction NE-SO envahissant ainsi les cuvettes, les infrastructures socio-économiques et toutes autres zones dépressionnaires.

La télédétection permet de surveiller notre environnement sur de larges étendues, de faire des comparaisons dans le temps et dans l'espace afin de mieux comprendre le fonctionnement des écosystèmes. Ainsi pour mieux cerner le problème d'ensablement dans la région de Gouré, une analyse multi-temporelle de l'évolution du phénomène à partir des données de photos aériennes (Photo IGN-France et IGN-Niger) et d'images satellitaires multi-sources (Ikonos et Landsat), c'est-à-dire une étude diachronique, a permis de mieux appréhender l'évolution de l'état de surface et de mieux interpréter les phénomènes liés à la modification de cet environnement.

Pour cela nous nous sommes basés sur les hypothèses suivantes:

- 1°) Sur une photo aérienne et une image satellitaire à haute résolution, il est possible d'identifier différents groupes homogènes d'occupation du sol et de faire un état des lieux d'une zone ;
- 2°) Une analyse diachronique des données de télédétection aérienne et spatiale permet d'apprécier les changements intervenus dans une zone au cours du temps ;
- 3°) A partir de la télédétection, il est possible de déterminer les sites menacés en vue d'une intervention.

## SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ETUDE

Notre zone d'étude est située dans la région du village de Tchago, à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Gouré et est comprise entre les longitudes 10°03'39" et 10°04'06" Est et les latitudes 14°02'30" et 14°02'52" Nord. (figure 1)

## MATERIELS ET METHODE

### Matériels utilisés

Les outils utilisés pour la réalisation de l'étude sont les suivants :

- Trois séries de photographies aériennes qui datent respectivement de :
  - Novembre-Décembre 1958 : IGN-France, échelle 1/50000
  - Mars-Avril 1975 : IGN-Niger, échelle 1/60000
  - Décembre 1996 : IGN-Niger, échelle 1/50000
- Une image Ikonos acquise le 20 juillet 2005.

- Deux images Landsat acquises respectivement le 20 Novembre 1984 (Landsat 5 TM) et le 8 Novembre 2002 (Landsat 7 ETM). Les images satellitaires sont utilisables soit en mode multi-spectral (mesure du rayonnement électromagnétique réfléchi dans différentes bandes spectrales) soit en mode panchromatique (mesure de l'intensité lumineuse dans le domaine du visible). Elles sont caractérisées par leur haute résolution spatiale. Le niveau de détail au sol (résolution spatiale) respectivement en mode multi-spectral et panchromatique est de 4 et 1 mètres pour l'image Ikonos, 30 et 20 mètres pour les images Landsat 5 et 7.

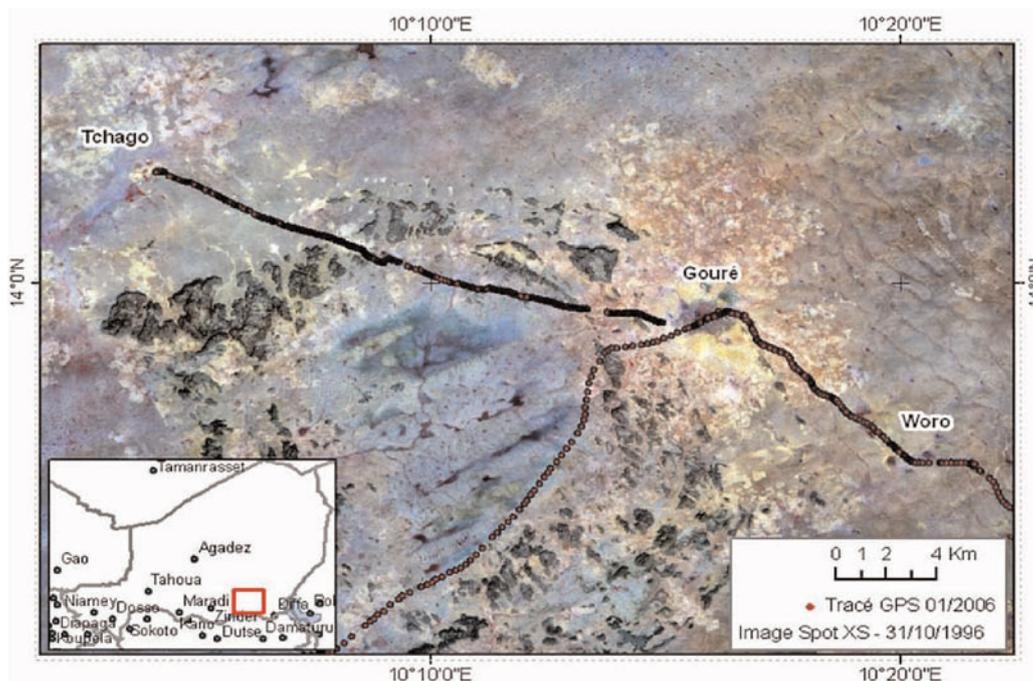


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude

- Une carte topographique IGN (échelle 1 : 200 000) - Feuille ND 32 XII. Elle a été établie par l'IGN-France en 1980 à partir des couvertures aériennes de 1957-1958 et de 1975.
- Un logiciel de traitement d'images : ERDAS/Imagine 8.4
- Un logiciel de traitement cartographique : ArcMap.9.2
- Un GPS (Global Positioning System). Il s'agit d'un système de navigation par satellite qui utilise les signaux d'un certain nombre de satellites pour déterminer une position à la surface du globe. Il a servi à relever les coordonnées de certains endroits repères. Les relevés de points au GPS ont permis de localiser sur l'image et les photographies, des phénomènes actuels observés sur le terrain.

## Méthodologie

La démarche utilisée pour réaliser cette étude combine l'interprétation visuelle des photographies aériennes et des images satellitaires avec une bonne connaissance de la zone d'étude suite à diverses missions de vérification sur le terrain.

### *Le prétraitement des photos et des images*

Il s'agit des opérations effectuées sur les photographies et images en amont de tout traitement de façon à les corriger ou les améliorer géométriquement et radiométriquement. La correction géométrique a consisté à rectifier les photos et images de manière à les rendre superposables à d'autres images ou à des documents cartographiques de référence. Elle est nécessaire dans toute application où des localisations géographiques précises doivent être identifiées. La correction radiométrique quand à elle a consisté à modifier l'aspect visuel de l'image en vue de faciliter son interprétation. Après avoir réalisé les opérations élémentaires d'ajustement de contrastes (rehaussement de luminance) et de lissage, une composition

colorée en fausse couleur a été élaborée. Cette dernière consiste à superposer les bandes du canal vert, rouge et proche infra-rouge et de les afficher respectivement en bleu, vert et rouge. Sur l'image résultante (composition colorée), la végétation apparaît en rouge (forte réflectance dans le proche infra-rouge), les parcelles dénudées de végétation et les étendues sableuses apparaissent en blanc (forte réflectance dans les trois canaux) et les étendues d'eau en noir (faible réflectance dans les trois canaux). Elle fait aussi très bien ressortir la géomorphologie de la région de Tchago.

### *Assemblage des photos ou mosaïquage*

Une fois les photographies géo-référencées, elles sont raccordées les unes aux autres automatiquement, en fonction de leur position exacte à la surface de la terre : c'est le mosaïquage. Ce dernier permet non seulement d'avoir une vision d'ensemble de la zone d'étude mais aussi d'obtenir une base de données pour la réalisation de notre étude.

### *Analyse et interprétation*

C'est au cours de cette phase qu'ont lieu les traitements permettant de faire ressortir les différentes classes thématiques et de l'occupation du sol. Elle est réalisée sur la base d'une discrimination visuelle des éléments du paysage. Une clé d'interprétation (figure 2) a d'abord été élaborée. Elle permet de définir les différentes classes d'occupation de sol et en fonction de leurs caractéristiques observables sur les images. Son élaboration se base sur les caractéristiques topologiques et spectrales des unités (structure/texture, forme, teinte, et distribution spatiale), et sur des informations récoltées sur le terrain. Les classes retenues sont : la végétation, les zones de cultures, les cuvettes, le sable vif, le sable dunaire fixé et les villages.

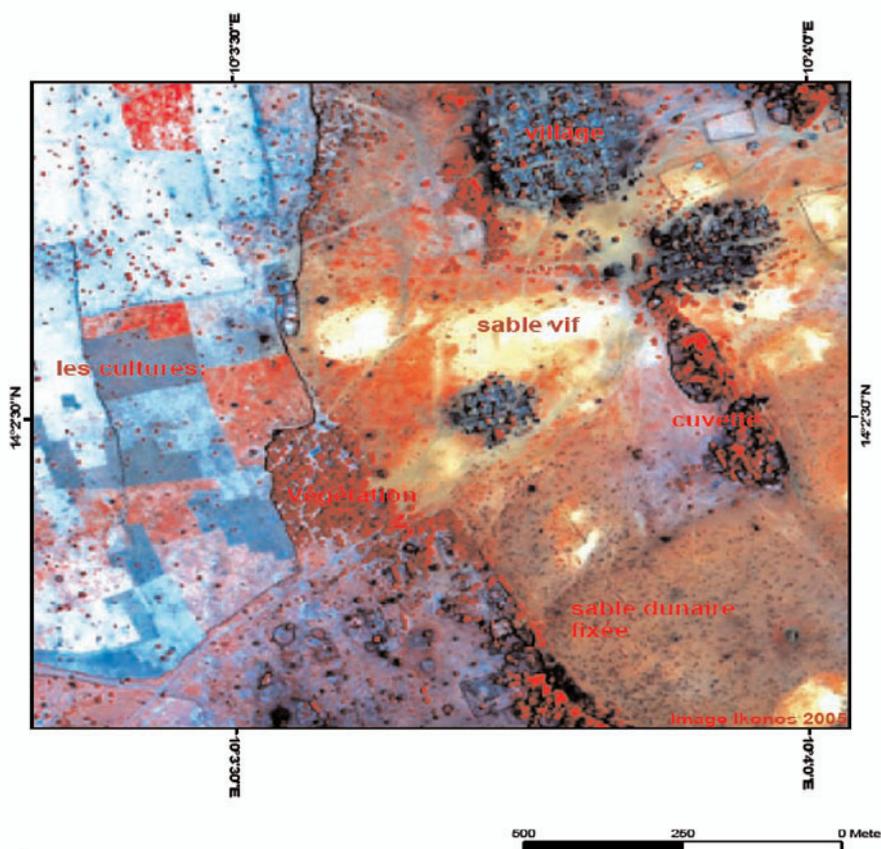


Figure 2 : Illustration de la clé d'interprétation

## *Cartographie par interprétation visuelle*

La cartographie a été réalisée manuellement sur l'écran en tenant compte de la clef précédemment définie. Elle consiste à délimiter les contours des zones homogènes et à codifier ces zones suivant la classe d'occupation à laquelle elles appartiennent. Cette étape de délimitation a permis non seulement d'élaborer des cartes sur la base de photos et images disponibles mais aussi de calculer de façon automatique les superficies des différentes classes d'occupation des sols.

## *Analyse des changements entre 1957 et 2005*

Toutes les transformations d'une classe d'occupation du sol vers une autre sont appréciées à travers la réduction ou l'augmentation de la superficie de l'unité initiale. Ainsi un bilan peut être dégagé par unité ce qui permet une analyse fine de chaque changement opéré et son explication à partir de la localisation du changement. L'opération consiste à superposer les données de 2005 avec celles de 1958. Les données issues du résultat de ce croisement sont exploitées de façon à faire ressortir les changements obtenus entre les deux dates.

## *Les observations de terrain*

Cette étape indispensable consiste à vérifier les phénomènes observés par télédétection. En effet, les données d'observation de terrain servent à initialiser et à orienter le traitement numérique des images satellitaires et des photos aériennes, ainsi qu'à évaluer la qualité des résultats obtenus.

Parallèlement au traitement d'image, nous avons mené des enquêtes auprès de la population afin de savoir à quel point elle est sensible aux changements liés à la désertification.

## **RESULTATS**

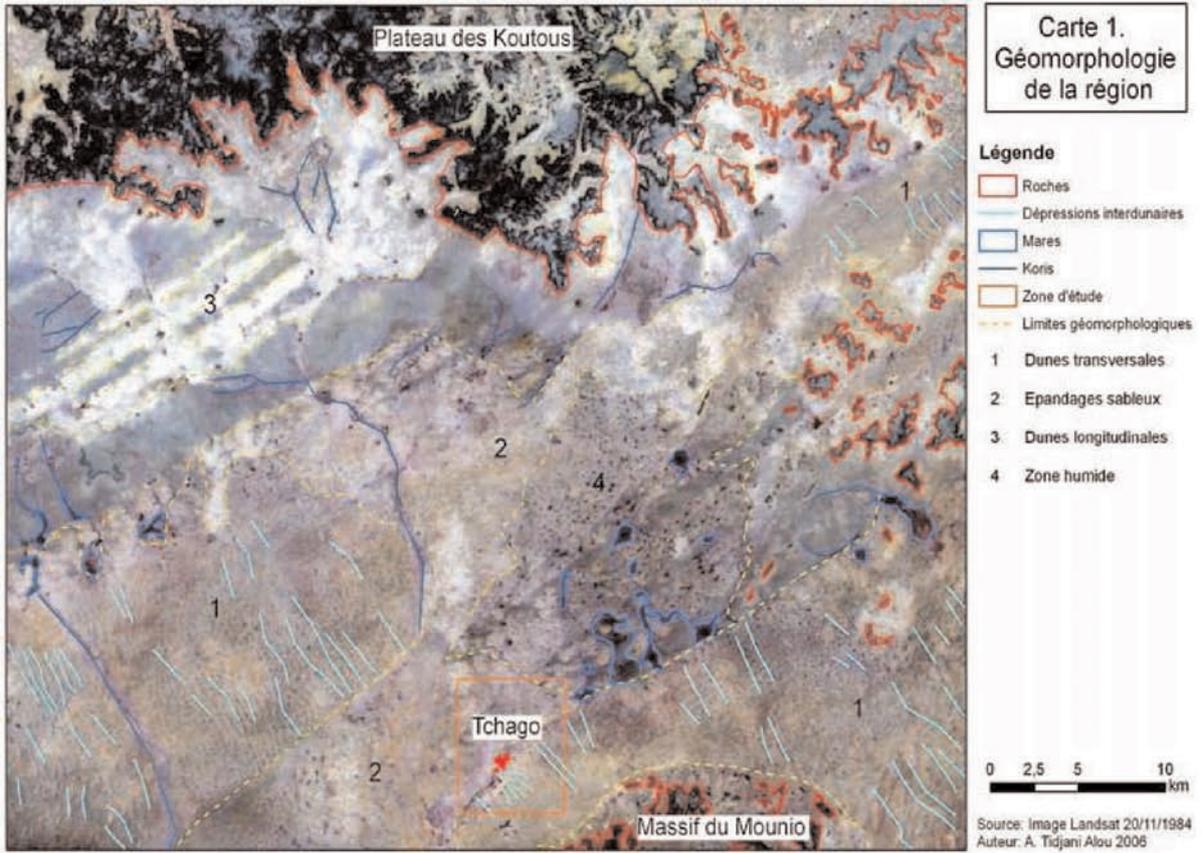
A travers les traitements numériques, il a été possible d'établir non seulement une carte géomorphologique de la région de Tchago mais aussi de relever les changements intervenus aux alentours de Tchago au cours du temps.

### **La géomorphologie de la région de Tchago**

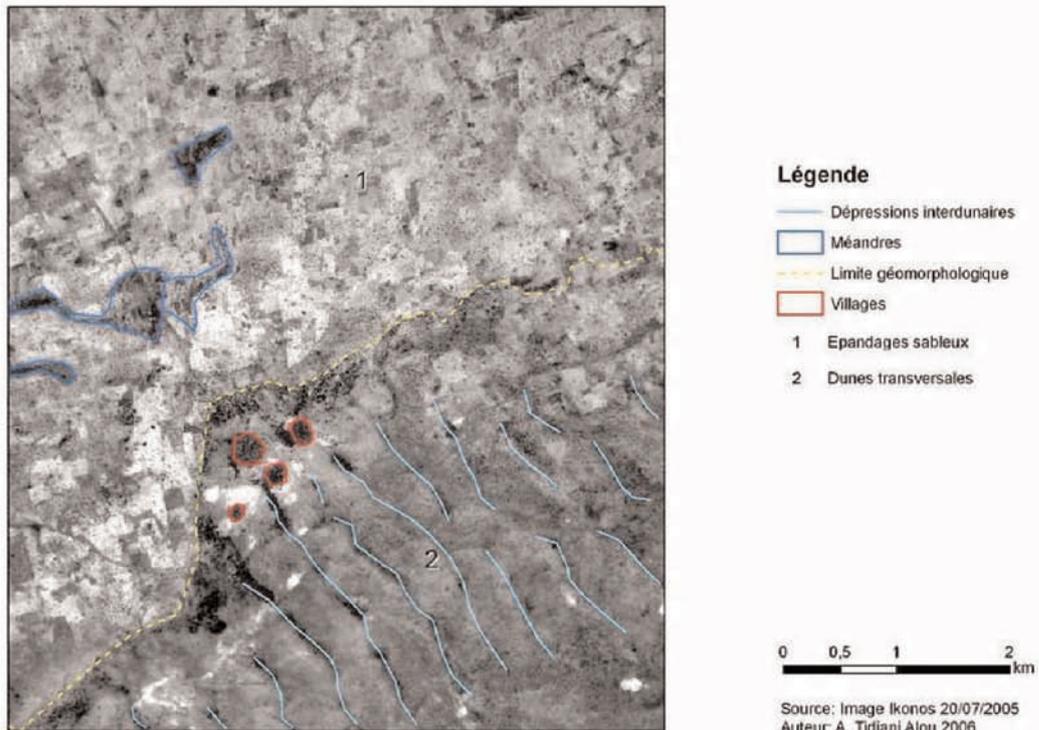
#### *Géomorphologie de la région (carte 1)*

Tout d'abord, nous avons interprété la géomorphologie de la région de Tchago à partir de l'image Landsat prise le 20 novembre 1984. Cette image couvrant une plus grande superficie que les photos aériennes, elle nous permet d'avoir une vue d'ensemble et ainsi de mieux comprendre et interpréter la géomorphologie régionale.

La carte 1 représente l'interprétation géomorphologique que nous avons réalisée à partir de l'image Landsat. Elle met en évidence la présence de deux massifs : le massif circulaire du Mounio au sud et les plateaux du Koutous au nord, des bandes d'épandages sableux et de champs dunaires ainsi qu'une zone humide en dépression au centre de l'image. Le champ dunaire est représenté par l'un des grands types de dunes présents dans la région du Damagaram-Mounio : les dunes transversales (1). Elles sont bien développées et disposées perpendiculairement à l'harmattan (vent soufflant du nord-est au sud-ouest). Il s'agit de modelés dunaires qui ont été façonnés par des vents à compétence élevée durant les phases arides du Quaternaire supérieur (KARIMOUNE *et al.*, 1990), vraisemblablement à l'Ogolien, dernier interpluvial daté de 18000 ans BP. Sur les images satellitaires, on reconnaît leur morphologie suivant les dépressions inter-dunaires. Ces dernières se réduisent en une



Carte 2. Géomorphologie de la zone d'étude



succession de taches rougeâtres, soulignant les rares endroits où la végétation est relativement abondante. Elles donnent l'impression d'interminables montées et descentes, ressemblant ainsi à une tôle ondulée. Plus au nord, des dunes longitudinales (3) peuvent être observées, parallèles à l'Harmattan et dont la mise en place a été influencée par la présence de reliefs à l'amont. La zone dépressionnaire (4) quant à elle, résulte de deux sources :

1°) L'écoulement des anciens koris, cours d'eau temporaires ou oueds, qui prenaient naissance sur les versants du massif de Koutous. Ce massif comme celui du Mounio est très fracturé. C'est à travers ces fissures que les écoulements se font lors des précipitations des périodes humides. Ces écoulements viennent buter contre les dunes transversales qui forment barrage et au pied desquels se forment des mares temporaires. La présence de mares aux alentours de ces massifs peut aussi s'expliquer par la faiblesse de la pente des glacis.

2°) La présence de massifs rocheux au nord-est de Tchago. La présence de ces massifs modifie le comportement dynamique des vents chargés de particules de sables et constitue ainsi un obstacle à la formation des modelés dunaires sous le vent de l'obstacle. Il se forme alors une zone plane en dépression (2) sous le vent des collines.

### *Géomorphologie de la zone d'étude (carte 2)*

L'observation des alentours à proximité du village de Tchago à partir des images satellitaires et des photos aériennes multi-dates permet l'évaluation et le suivi des ensembles géomorphologiques de la zone d'étude. La carte 2 représente l'interprétation géomorphologique de la zone d'étude à partir de l'image Ikonos de 2005. Nous y observons une différence morphologique entre le nord et le sud. Le sud est marqué par la présence d'un champ de dunes transversales, tandis que le nord-ouest présente une zone d'épandage sableux en dépression. Ces ensembles morphologiques ont déjà été interprétés lors de l'analyse au niveau régional. Les dépressions inter-dunaires sont bien visibles sur l'image à haute résolution. Nous n'avons remarqué aucune modification morphologique des dépressions inter-dunaires dans la zone d'étude au cours de l'étude diachronique.

### **Evolution de la région de Tchago entre 1958 et 2005**

*Les principaux changements qui ont pu être observés en 47 ans sont les suivants :*

L'augmentation de la surface occupée par les villages. Celle-ci a plus que doublé (figure 3). Cette augmentation est liée non seulement à la pression démographique (la densité de la population de la région de Gouré est passée de 1,20 en 1977 à 2,30 habitants/km<sup>2</sup> en 2001 (RGP/H, 2001)) mais aussi à l'installation du village de Wachak qui en 1958 était dans la zone dépressionnaire. Cet accroissement est à la base de certaines pratiques anthropiques qui sont susceptibles de fragiliser le sol, le mettre progressivement à nu et le soumettre à un phénomène de remaniement éolien. En particulier, le défrichage des zones couvertes de végétation pour une mise en culture, aussi bien dans la zone dépressionnaire (endroit propice aux cultures car il bénéficie des apports provenant de toutes les mares situées aux alentours) que sur les dunes fixées (figure 4).

Un remaniement éolien au niveau du système dunaire à partir de 1975, avec accentuation du phénomène au niveau des zones déjà affectées en 1958 (autour des villages). Sur les photographies aériennes de 1996, le sable vif est très visible et est localisé autour des villages et aux versants de certaines dépressions humides ou cuvettes menaçant ainsi ces dernières (figure 5).

Un retour de la végétation sur le système dunaire, autour des cuvettes et dans la zone dépressionnaire à partir de 1996. En effet cette année se caractérise par une reprise de la

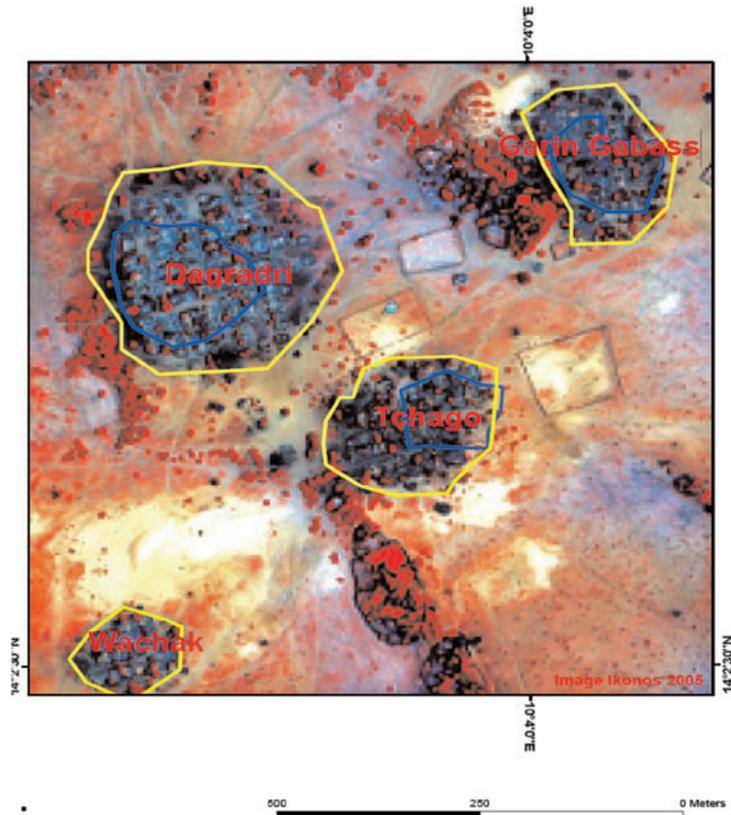


Figure 3: Evolution des zones d'habitat entre 1958 (courbe bleue) et 2005 (courbe jaune)

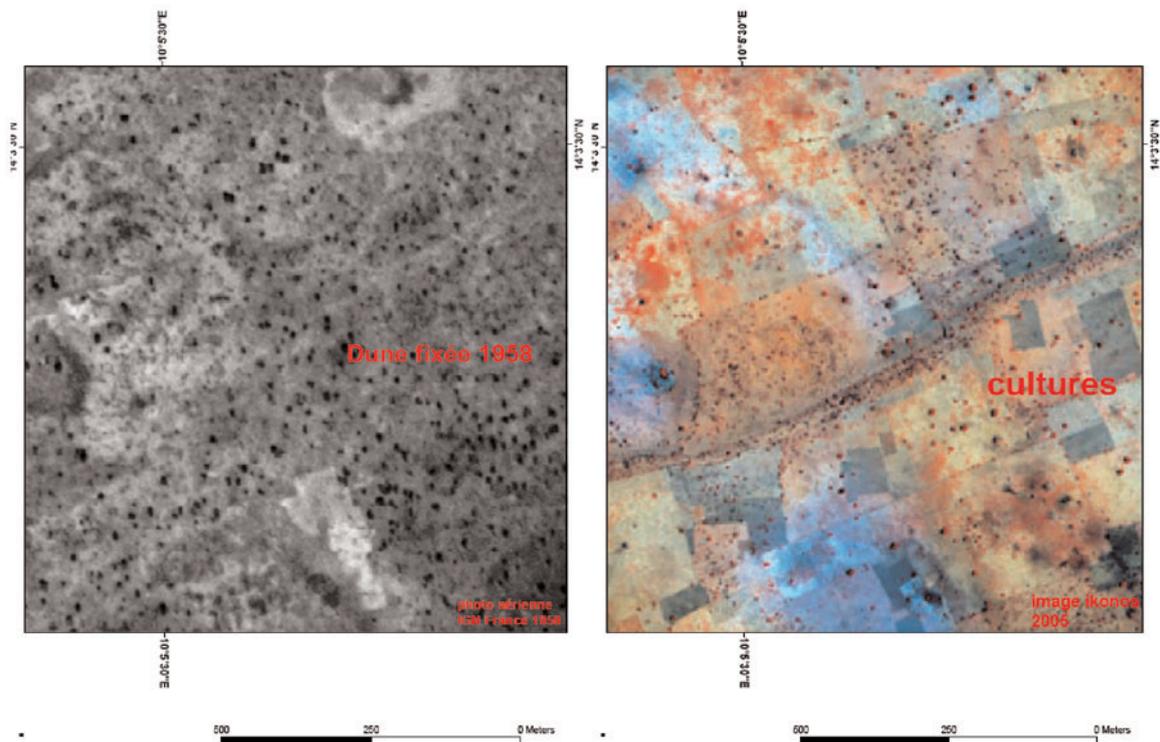


Figure 4 : Illustration d'une culture sur dune fixée

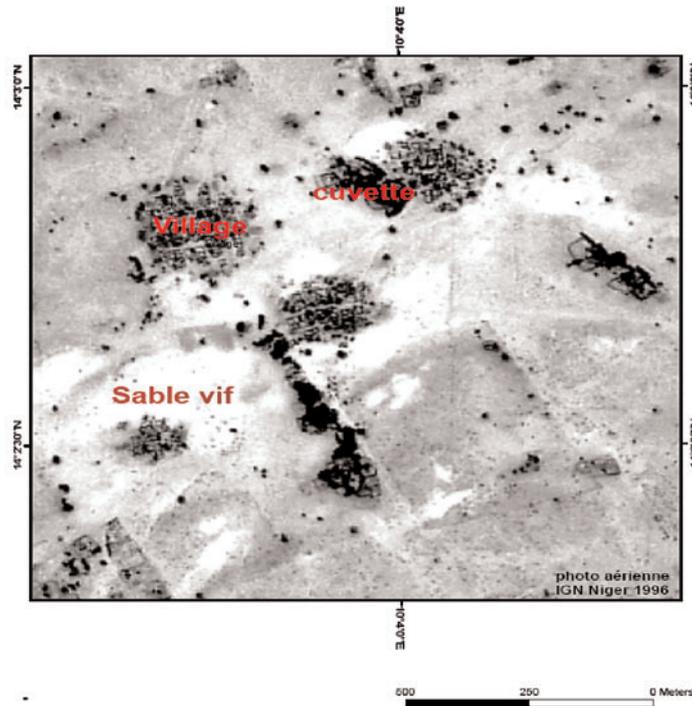


Figure 5: Illustration de la location du sable vif

pluviométrie plus proche de la normale dans le sud-est du Niger (OZER et *al.*, 2009). Mais il faut signaler que ce retour à des conditions plus humides ne semble pas s'accompagner d'une amélioration de conditions environnementales car :



Photo 1 : Le *Leptadenia pyrotecnica*

Sur le système dunaire, la végétation est non seulement moins dense que celle de 1958, mais sa composition a changé. Une nouvelle espèce indicatrice de milieu dégradé, le *Leptadenia pyrotecnica* (photo 1), est venue coloniser la région. Les habitants du village affirment qu'elle est apparue dans la région après la sécheresse de 1984.

Au niveau des cuvettes et de la zone dépressionnaire, l'augmentation de végétation serait principalement liée au développement de *Prosopis juliflora*. Cet arbre a été introduit dans la zone par SOS Sahel dans le cadre d'une tentative de fixation biologique sur les dunes autour du village en 1996. Par manque de suivi par la population locale, cette opération a échoué. L'extension de *Prosopis juliflora* en zone dépressionnaire s'explique non seulement par le fait que cet endroit renferme les conditions favorables à la germination des grains apportés soit par le vent soit par les déjections animales (BARKE, 2005) et par la nappe peu profonde (AWAISS, 2005) mais aussi par le fait que l'homme a planté le *P. juliflora* autour des cuvettes afin de les protéger. Ce peuplement végétal est visible autour des cuvettes sur la composition en fausse couleur de l'image Ikonos (couleur rouge vif, figure 6).

Ces résultats et observations rejoignent ceux de plusieurs auteurs qui ont étudié le processus de l'ensablement dans le sud-est du Niger par télédétection (KARIMOUNE, 1994 ; NONGUIERMA et ADO, 2002 ; TIDJANI *et al.*, 2004 ; BODART, 2004).

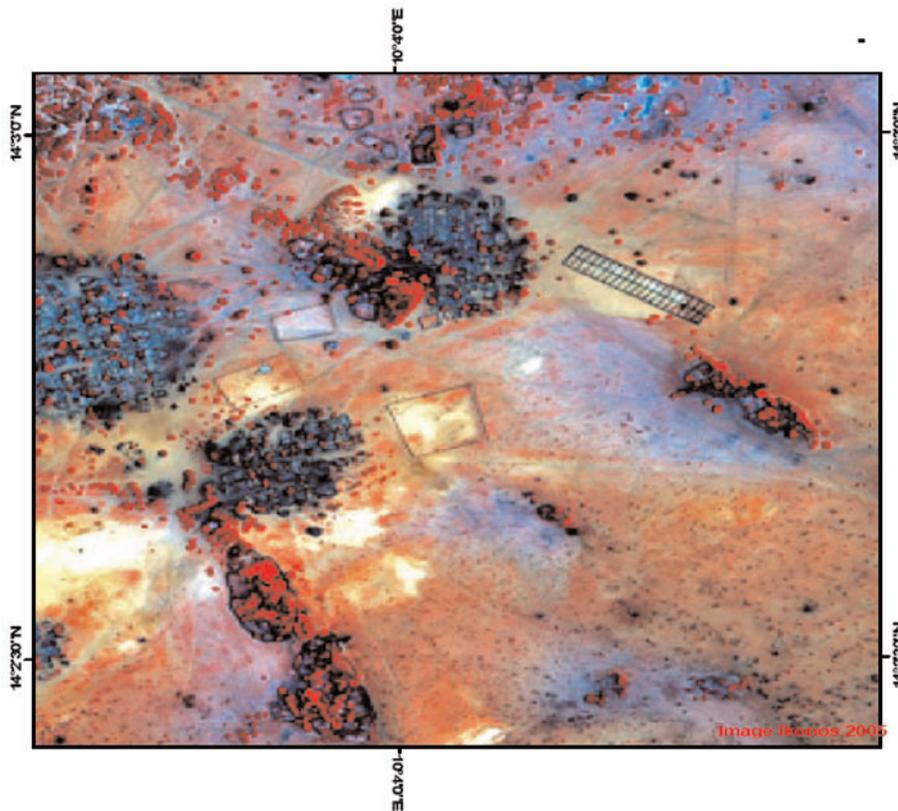


Figure 6: Illustration de la prolifération du *Prosopis* autour des cuvettes

## CONCLUSION

L'apport de la télédétection dans l'étude de la dynamique environnementale dans la région de Tchago (nord-ouest de Gouré) a permis de comprendre et d'analyser les changements des faciès environnementaux intervenus entre 1958 et 2005, et cela sur la base de l'utilisation conjointe des photos aériennes, des images satellitaires multi-sources et multi-dates et d'une enquête socio économique.

Il est ressorti de l'étude diachronique les observations suivantes :

- 1°) Une augmentation progressive de la population entre 1958 et 2005 ;
- 2°) Une forte dégradation de la végétation entre 1958 et 1975, suivie d'une réapparition de la végétation moins dense que celle des années 1958 et indicatrice d'un milieu dégradé. Cette dégradation n'avait pas pour cause unique le climat mais aussi la pression anthropique croissante qui exploite des étendues accrues de terres empêchant ainsi la régénération de la végétation et rendant le sable sensible aux processus éoliens;
- 3°) Une extension des zones de cultures liée à l'accroissement de la population ;
- 4°) Une remise en mouvement du sable dunaire à partir de 1975 avec accentuation du phénomène au niveau des zones déjà affectées en 1958 (autour des villages). Mais ce

phénomène n'est pas très accentué dans notre zone d'étude au point de modifier la géomorphologie de celle-ci. Certaines cuvettes inter-dunaires ou toute autre zone dépressionnaire sont toutefois envahies par le sable ;

5°) Une possibilité d'identification des cuvettes menacées par l'ensablement.

Ce qui nous amène à conclure que la télédétection est un bon outil pour la mise en évidence de l'évolution de l'environnement. A travers cet outil il a été également possible d'identifier les sites menacés par l'ensablement et ceux qui doivent être fixés en premier lieu.

## BIBLIOGRAPHIE

- AWAISS. Y. 2005. Impact du climat et de l'exploitation agro pastorale sur le niveau des nappes des cuvettes de Worro et Tchago dans le département de Gouré (Niger Oriental), DEA en Sciences et gestion de l'environnement, Université de Liège. 81p.
- BARKE K., 2005. Etude morpho-pédologique des cuvettes de Tchago et de Worro. Mémoire en vue d'obtention du titre d'Ingénieur en Technique agricole. Université Abdou Moumouni de Niamey. 82p
- BODART C., 2004. Étude de l'ensablement dans la région de Gouré (sud-est du Niger) : processus et apport de la télédétection. Mémoire en vue de l'obtention du titre de Licenciée en Sciences géographiques, Université de Liège. 149p
- KARIMOUNE S., 1994. Contribution à l'étude géomorphologique de la région de Zinder (Niger) et analyse par télédétection de l'évolution de la désertification. Thèse de doctorat en Sciences géographiques, Faculté des Sciences, Université de Liège. 350 p.
- KARIMOUNE S., ERPICUM M. & OZER A., 1990. Le modelé éoliens de la région de Zinder (Niger méridional), étude de phytogéomorphologie, apports de la télédétection à la lutte contre la sécheresse. Edition. AUPELF- UREF, John Libbey, Paris. pp. 145-162.
- NONGUIERMA A. & ADO.D.K, 2002. Etude sur la dynamique de l'ensablement et des changements environnementaux dans le département de Mainé Soroa. Centre Régional Agrhymet. 35p
- OZER P., BODART C. & TYCHON B., 2005. Analyse climatique de la région de Gouré, Niger oriental : récentes modifications et impacts environnementaux. *Cybergeog: Revue Européenne de Géographie*. No.308, 02/05/2005, 24 p. (<http://www.cybergeog.presse.fr>).
- OZER P., HOUNTONDI Y.C., LAMINOUE & MANZO O., 2009. Evolution des caractéristiques pluviométriques dans l'est du Niger de 1940 à 2007. *Geo-Eco-Trop.*, 33, n.s.: in press
- RGP/H 2001. 3ème Recensement Général de la Population Humaine du NIGER. Rapport définitif
- TIDJANI, A.A., ZABEIROU, I., GUERO, M. & AMADOU, B. 2004. Etude sur la dynamique de l'ensablement dans le département de Mainé Soroa. Division scientifique de Cartographie forestière du Ministère de l'Environnement et de la lutte contre la Désertification, 34 p.
- ZABEIROU, GUERO.M. & AMADOU.B., 2004. Etude sur la dynamique de l'ensablement dans le département de Mainé Soroa. Division Scientifique de Cartographie Forestière du Ministère de l'Environnement et de la lutte contre la Désertification. 34p

