

# Etat des lieux et proposition de restauration des sols sur le Bassin versant de Tondi Kiboro (Niger)

Luc Descroix<sup>1</sup>, Ibrahim Mamadou<sup>2</sup>, Moussa Malam Abdou<sup>1-3</sup>, Abba Bachir<sup>3</sup>,  
Ibrahim Bouzou Moussa<sup>3</sup>, Eric Le Breton<sup>2</sup>, Kadidiatou Souley Yéro<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IRD-LTHE, BP 53, 38041 Grenoble cedex 9, France ; [luc.descroix@ird.fr](mailto:luc.descroix@ird.fr)

<sup>2</sup> Laboratoire de Géographie Physique (LGP) / CNRS UMR 8591, 1 Place Aristide Briand 92195 Meudon

<sup>3</sup> Département de Géographie, FLSH, Université Abdou Moumouni Niamey, BP 418, Niger;

## Résumé

Le Sahel connaît une forte surexploitation des terroirs, du fait d'une forte croissance démographique et de sols fragiles et peu fertiles. Les sols se dégradent et s'encroûtent, ce qui provoque un accroissement du ruissellement et des débits des cours d'eau, malgré la pluviosité toujours déficitaire (le « paradoxe hydrologique du Sahel »). Les bassins versants de Tondi Kiboro à l'Ouest du Niger, avaient connu des mesures hydrologiques dans les années 1990. On a recommencé les mesures en 2004, et au bout de la quatrième année, l'un des bassins a été équipé de dispositifs antiérosifs, l'autre restant en tant que témoin sans aucune correction (mais probablement une poursuite de la dégradation). Des dispositifs classiques, essentiellement des demi-lunes, ont été installés, puis rénovés en 2010. On montre ici l'évolution des débits, toujours marqués principalement par un accroissement par rapport à la décennie 1990 où le bassin était beaucoup plus végétalisé.

**Mots clés** : Niger, Erosion, ravinement, Sahel, demi-lunes, surexploitation des sols, encroûtement

## Abstract

The West African Sahel suffers a strong soils overexploitation, due to the demographic pressure and the low soil fertility. Soils degradation is characterized by crusting, causing an increase in runoff and rivers discharge, although the rainfall amount remains under the centennial average (this is the "Sahelian hydrological paradox"). The experimental catchments of Tondi Kiboro, near Banizoumbou, in Western Niger, were instrumented and hydrological measurements were carried out from 1991 to 1994. Measurements were re-initialised in 2004, and from the fourth year (2007), one of the two basins was equipped by antierosion devices, the other catchment remaining as a control, without any correction, but with probably a continuation of its progressive land degradation. Classical devices as "half moons" were implemented, and rehabilitated in 2010. This work presents the evolution of runoff and discharges, and the main trend is a continuation of the trend (increase in runoff) initiated in the 1990, when the vegetation cover was much more important than nowadays.

**Key words**: Niger, Erosion, gullyng, Sahel, half-moons, soil overexploitation, soil crusting

## Problématique

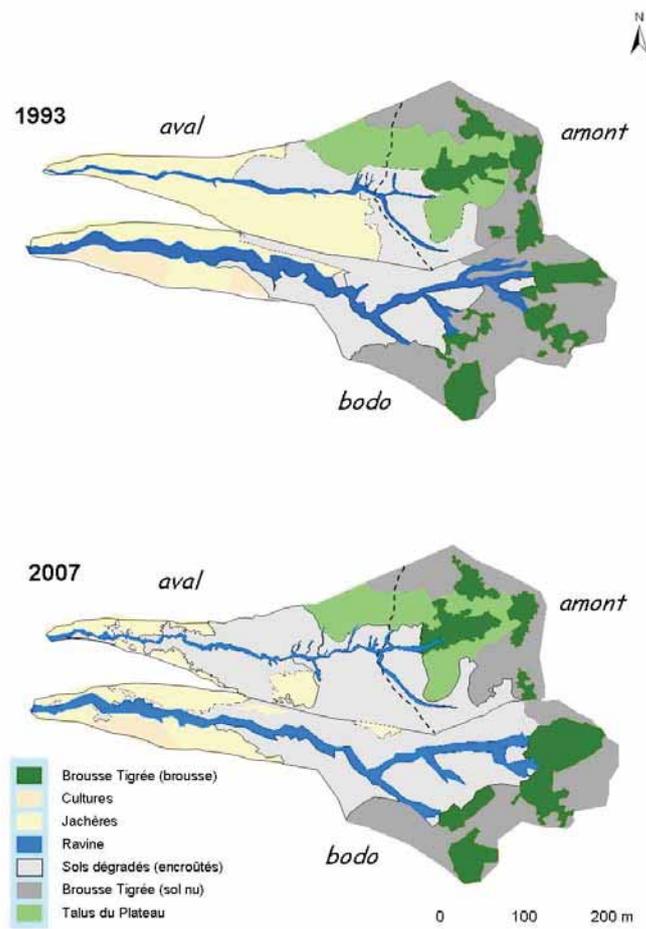
L'Afrique de l'Ouest est à l'heure actuelle la zone qui connaît la plus forte croissance démographique au Monde : aux alentours de 3% par an, et elle est appelée à se maintenir à ce taux là pendant encore une décennie (le taux de croissance démographique continue à augmenter au Mali et au Niger, les deux plus grands pays



Plus récemment, on a pu constater dans que les régions proches de Niamey (le long du fleuve et aussi dans le Fakara pourtant situé à 70 km de la capitale), l'auréole de déboisement liée à la demande en bois de chauffe de la ville avait accru le déboisement et l'érosion (Amogu, 2009), ce qui confirme les conclusions de Chinen (1999). On y a trouvé des témoignages de plusieurs ruptures d'endoréisme récentes, certaines s'étant produites ces dernières années, ce qui justifie le démarrage d'une thèse de géographie cette année au département de géographie de l'Université Abdou Moumouni (UAM) de Niamey. On décrit ici un dispositif de lutte antiérosive proposé pour maintenir voire améliorer la qualité des sols.

## Objectifs

Partant d'un diagnostic sur l'état dégradé des sols et de la végétation sur le terroir des villages du Fakara, cette étude propose de tester des méthodes de conservation des sols sur ces terrains dégradés. La figure 2 permet de constater qu'en seulement 14 ans, le changement d'usage des sols peut être très rapide.



**Figure 2 : évolution de l'occupation des sols sur les bassins de Tondi Kiboro entre 1993 et 2007**

En particulier, on peut constater qu'une importante partie du bassin a vu ses sols se dégrader ; la surface de sols encroûtés est passée de 17 à 40% de la surface du bassin « nord » (aval + amont sur la figure 2).

A l'échelle un peu plus grande de l'ensemble du Fakara, une région d'environ 15 km sur 40 (figure 3), on peut constater qu'entre 1986 et 2005, c'est-à-dire sur une période récente, on observe une forte progression des cultures et des surfaces dégradées.

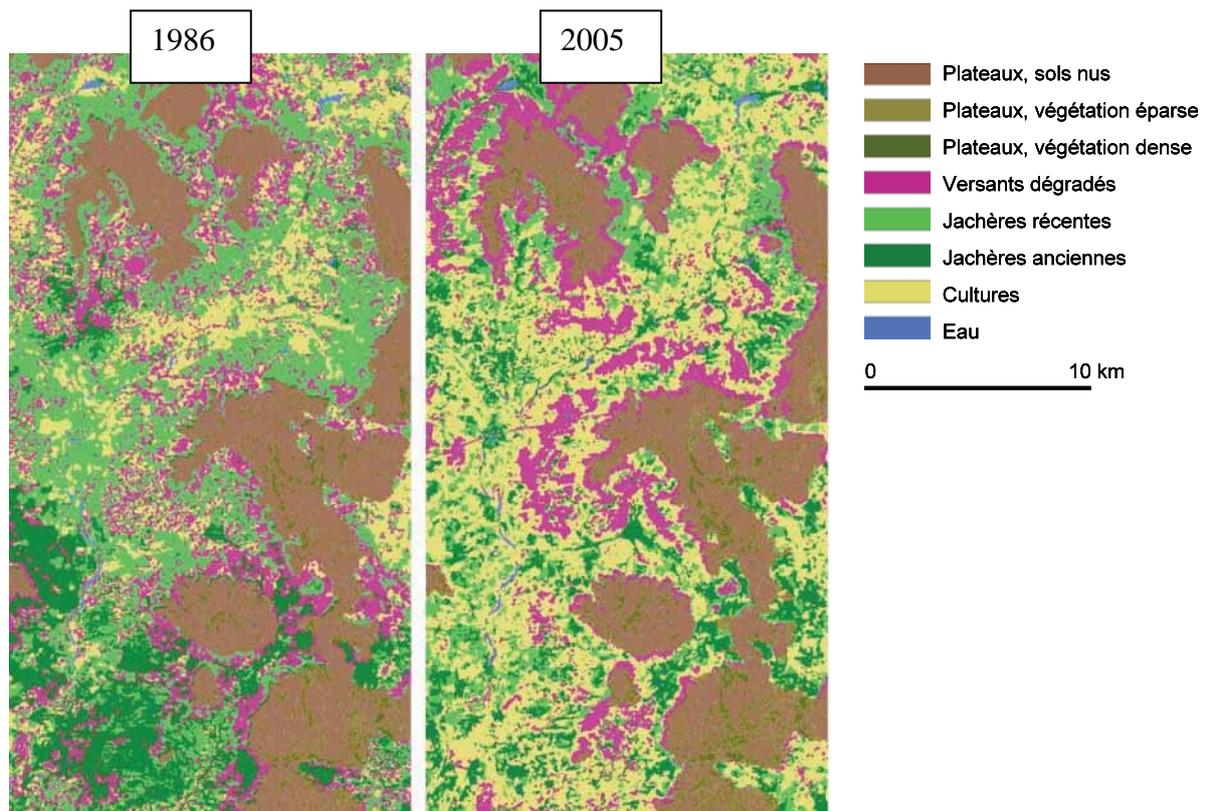


Figure 3 : évolution de l'occupation du sol dans le Fakara entre 1986 et 2005 (d'après Catherine Ottlé, programme AMMA)

Or comme le montre le tableau 1 (Le Breton, 2005 ; Mamadou, 2006), le ruissellement est bien plus important sur les sols encroûtés, qu'ils soient sous forme de croûte d'érosion (ERO dans la nomenclature de Casenave et Valentin, 1989) ou de croûte algale (ALG),- que sur les surfaces occupées par du mil ou de la jachère, qui représentent l'essentiel de la surface au Sahel du Niger.

Tableau 1 : coefficient de ruissellement (Kr) et taux d'érosion (en kg/ha) sur les différents types d'occupation des sols du Fakara (parcelles de 10 et 100 m<sup>2</sup>, 5 répétitions, 5 années de mesure)

| Type de couvert ou d'ES | Kr en % de la pluie par an | érosion en kg.ha <sup>-1</sup> .an <sup>-1</sup> |
|-------------------------|----------------------------|--|
| Mil                     | 3,8                        | 372  |
| Jachère                 | 10,5                       | 881  |
| Croûte ERO              | 59,5                       | 5566   |
| Croûte ALG              | 25,5                       | 863  |

Ces valeurs ont été mesurées sur une vingtaine de parcelles de deux sites expérimentaux du Fakara, pendant 5 saisons des pluies. Il s'agit de sols sableux sur des pentes faibles (1 à 5% suivant les parcelles).

De fait, les travaux récents (Souley Yéro, 2008, Amogu, 2009) ont montré que du fait de l'extension des surfaces encroûtées, on constate une hausse des coefficients de ruissellement et aussi des débits observés. Ceci apparaît dans le tableau 2 entre les périodes 1991-1994 et 2004-2010 pour les trois bassins dont le premier est emboîté dans le second. C'est cet ensemble (aval + amont) qui constitue le bassin nord

représenté dans la figure 2, la limite de bassin intermédiaire représentée étant la limite entre les deux parties amont et aval ; dans le tableau ci-dessous, le bassin TK aval englobe TK amont. Le bassin « bodo » est celui situé au sud. La hausse des débits et lames ruisselées est plus faible pour « TK aval » car une grande partie du débit est infiltrée dans les dépôts sableux de fond de talweg entre les deux seuils limnimétriques. Elle s'observe au niveau de la relation pluie/débit par évènement mais pas sur le total annuel. Cela avait déjà été observé par Esteves et Lapetite (2003). On distingue le coefficient de ruissellement global (3<sup>ème</sup> colonne) de celui par évènement donné par l'équation pluie/débit. La dernière colonne montre que si les débits augmentent, le temps pendant lequel ils se produisent s'est sensiblement réduit, traduisant l'accélération des ruissellements et la baisse de la capacité de rétention en eau des sols, dues à l'encroûtement des sols.

**Tableau 2. Evolution des écoulements sur les bassins de Tondi Kiboro entre les périodes 1991-1994 et 2004-2010 (d'après Souley Yéro, 2008, actualisé des données de 2009 et 2010).**

| TK amont          | Pluie en mm | Lame ruisselée en mm | Kr   | Relation Pluie/débit | Durée d'écoulement en heure par an |
|-------------------|-------------|----------------------|------|----------------------|------------------------------------|
| Moyenne 1991-1994 | 513         | 180,3                | 0,35 | R = 0,56 P – 2,61    | 39,6                               |
| Moyenne 2004-2010 | 499         | 217,3                | 0,43 | R = 0,73 P – 4,5     | 34,2                               |

| TK aval           | Pluie en mm | Lame ruisselée en mm | KR   | Relation Pluie/débit | Durée d'écoulement en heure par an |
|-------------------|-------------|----------------------|------|----------------------|------------------------------------|
| Moyenne 1991-1994 | 513         | 132,6                | 0,26 | R = 0,43 P – 2,3     | 28,1                               |
| Moyenne 2004-2010 | 502         | 124,3                | 0,26 | R = 0,46 P – 3,1     | 18,2                               |

| TK bodo           | Pluie en mm | Lame ruisselée en mm | KR   | Relation Pluie/débit | Durée d'écoulement en heure par an |
|-------------------|-------------|----------------------|------|----------------------|------------------------------------|
| Moyenne 1991-1994 | 485         | 185,3                | 0,38 | R = 0,53 P – 2,14    | 44,2                               |
| Moyenne 2007-2010 | 493,8       | 233,3                | 0,47 | R = 0,85 P - 7       | 25,9                               |

Ces bassins versants élémentaires de quelques hectares, équipés de stations de jaugeage à leur exutoire, qui ont permis de mesurer les débits cités, sont ceux qui serviront à évaluer l'évolution future des écoulements et des pertes en terre avec et sans traitement

### Matériel et méthodes

On se propose d'installer des parcelles de zaï, des demi-lunes, des cordons pierreux, des reboisements, des haies, afin de limiter le ruissellement et l'érosion.

Trois bassins versants permettront de suivre les écoulements et les transports solides dans le temps et de mesurer l'éventuel impact des actions de conservation des sols sur ces éléments. Deux des bassins ont commencé à être équipés de ces dispositifs expérimentaux (voir ci-dessus) : le bassin de TK amont (4,9 hectares) est emboîté (partie amont) dans TK aval (11 ha) ; c'est celui-ci qui a été aménagé. Le troisième bassin, TK Bodo (12 ha), reste inchangé, comme témoin. Ces bassins ont 25 m de dénivelée entre l'amont (plateau du Fakara, à l'est) et la petite cuvette endoréique dans laquelle ils se déversent. L'altitude de la base est de 235 m.



**Figure 4 ci-dessus : demi-lunes sur le versant nord du bassin**



**Figure 5 en haut à droite : grande banquette rectangulaire pouvant accueillir 3 arbres**

**Figure 6 ci contre : plantation de acacias senegal (gommiers) en poquets (mini-zai) sur le versant sud du bassin**



## Résultats

Les expérimentations grandeur nature ont été initiées durant la saison sèche 2006-2007 : mise en place d'une pépinière sur le site expérimental de Banizoumbou, installation de « demi-lunes » et de « mini-banquettes » (5 m de long) sur les bassins proches de Tondi Kiboro « Nord », amont (4.5 ha) et aval (11 ha).

La pépinière a, elle, été installée à côté du village de Banizoumbou, à 4 km à l'ouest, dans l'enclos d'un centre technique du Ministère de l'Agriculture, afin d'être à l'abri du bétail. Au début de la saison des pluies, plusieurs centaines de plants (acacias, gommiers, prosopis africana) ont été repiqués sur ces bassins, le bassin TK Bodo, au sud (12 ha) restant sans aménagement comme bassin « témoin ». Débits et débits solides sont contrôlés depuis la Mousson 2004 comprise. En tout, moins de 1 hectare a été traité, mais il s'agit de la partie la plus dégradée du bassin, donc celle où la moindre action est susceptible de porter le plus rapidement ses fruits.

Pour le moment, la pousse étant très lente en zone sahélienne, on n'attend pas de modification des débits avant plusieurs années le temps que les arbres poussent (il y a eu aussi beaucoup de pertes en plantation, plus de 80%, un taux habituel au Sahel, qui oblige à de constants « regarnissages »). Il s'agit donc de maintenir et entretenir le dispositif durant quelques années (5 années de plus peut être, jusqu'en 2014 idéalement) de manière à s'assurer de son autonomisation avant de le laisser se développer et jouer son rôle protecteur.

On montre, figures 7 à 9 quelques exemples de dispositifs LAE dans la sous-région, installés à bon ou a mauvais escient.



**Figure 7 : exemple de cordons pierreux bien réalisés (ici dans le bassin de la Sirba, au Burkina Faso)**



**Figure 8 : exemple de plantation de gommiers en cuvette réussie (Boubon, au nord de Niamey)**



**Figure 9 : cordons pierreux installés inutilement sur un cône de déjection (Boubon)**

On attend, au bout de quelques années, une analyse de l'efficacité de chacune des méthodes de conservation testées sur les bassins versants de Tondi Kiboro, en termes de limitations de l'écoulement et des transports solides. Avant la mousson 2009, un regarnissage partiel des arbres a été opéré, ainsi que l'installation d'une vingtaine de nouvelles demi-lunes et terrasses ; en 2010, les demi-lunes ont été recreusées, sans que soit effectué de regarnissage. Ceci permet à l'avance de diagnostiquer quelques difficultés :

- **les regarnissages doivent être opérés chaque année**, et il faut s'attendre à remettre chaque année au moins 80% de plants manquants, voire plus de 90%; ce taux élevé est facile à expliquer par le fait que les parcelles traitées, pas plus ici que lors des opérations menées par les Eaux et Forêts ou les ONG, n'ont été ni clôturées ni surveillées, ce qui fait que, au retour du bétail transhumant aux premières semaines de la saison sèche, une grande partie des plants est broutés car ils sont appétants ;
- Les **demi-lunes et autres tranchées** destinées à aider l'infiltration de l'eau et la pousse des arbres, malgré leurs dimensions honorables (40 cm par 40 cm de section), sont presque entièrement colmatées en deux moussons par les eaux de ruissellement ; donc à entretenir régulièrement aussi ;
- Il faut donc prévoir un travail d'entretien annuel pratiquement aussi important que celui de la première installation, et à réaliser juste avant la mousson ou aux premiers jours de celle-ci.

Sur le bassin versant nord (station aval) où le traitement a été appliqué, on observe une baisse des ruissellements les deux dernières années (2009 et 2010), soit à partir de la troisième année de traitement antiérosif, avec des valeurs de coefficient de ruissellement en diminution par rapport aux années antérieures et nettement sous la moyenne (tableau 3), alors que ceux-ci restent au même niveau pour les années 2009-2010 que pour 2007-2008 sur le bassin non traité, « bodo ». Cependant, comme 2009 et 2010 sont aussi deux années déficitaires au niveau pluviométrique, il est difficile d'affirmer que cette baisse est uniquement le fait du traitement antiérosif appliqué au bassin nord.

**Tableau 3. Evolution du coefficient de ruissellement sur le bassin « nord » traité de 2004 à 2010**

| TK aval | Lame précipitée | Lame ruisselée | Kr   |
|---------|-----------------|----------------|------|
| 2004    | 533,00          | 170,97         | 0,32 |
| 2005    | 400,10          | 64,78          | 0,16 |
| 2006    | 560,67          | 131,99         | 0,24 |
| 2007    | 523,53          | 127,40         | 0,24 |
| 2008    | 610,70          | 193,28         | 0,32 |
| 2009    | 461,00          | 103,00         | 0,22 |
| 2010    | 424,00          | 78,60          | 0,19 |

## Conclusion

Il est trop tôt pour se prononcer sur l'efficacité des dispositifs réalisés ; ce qu'on a constaté, c'est la nécessité d'un entretien annuel, ou plutôt on a découvert la nécessité d'un effort constant à partir de l'aménagement, indispensable surtout les premières années. Celui-ci sera poursuivi jusqu'à ce qu'on se soit assuré que le maintien des ouvrages ne nécessite plus d'entretien régulier, ce qui n'affranchira pas l'équipe d'un contrôle périodique afin de s'assurer du bon déroulement du dispositif.

L'équipement hydrologique permettra de constater si l'aménagement des versants se traduit en termes de coefficient de ruissellement et de temps d'écoulement. On attend au bout de quelques années (une dizaine d'années ?) une augmentation de l'infiltration et de l'évapotranspiration pouvant réduire les

ruissellements et écoulements et accroître les durées d'écoulement lors des épisodes pluvieux.

Les deux dernières années de mesure (2010) ont connu une diminution du ruissellement à l'échelle du bassin traité, mais il est trop tôt pour être sûr que cela soit lié au traitement réalisé. Les observations seront poursuivies les prochaines années afin de mieux cerner le rôle de ce traitement et de son évolution.

## **Bibliographie**

Albergel, J., 1987. Sécheresse, désertification et ressources en eau de surface : application aux petits bassins du Burkina Faso. In « The influence of climate change and climatic variability on the hydrologic regime and water resources » IAHS Publ. 168, 355-365.

Amogu O., 2009. « La dégradation des espaces sahéliens et ses conséquences sur l'alluvionnement du fleuve Niger : méthodes expérimentales et modélisation ». PhD Thesis, Université Joseph Fourier, Grenoble, 440 p. .

Amogu O., Descroix L., Yéro K.S., Le Breton E., Mamadou I., Ali A., Vischel T., Bader J.-C., Moussa I.B., Gautier E., Boubkraoui S., Belleudy P., 2010. Increasing River Flows in the Sahel?. *Water*, 2(2):170-199.

Bouzou Moussa, I, Faran Maiga, O, Karimou Ambouta, J-M, Sarr, B., Descroix, L, Moustapha Adamou, M., 2009. Les conséquences géomorphologiques de l'occupation des sols et des changements climatiques dans un bassin versant rural sahélien. *Sécheresse20(1) : 1-8.*

Casenave, A., et Valentin, C., 1989). Les états de surface de la zone sahélienne ; influence sur l'infiltration. Coll. Didactiques, Ed. Orstom, Paris, 229 p.

Chinen, T., 1999. Recent accelerated gully erosion and its effects in dry savanna, southwest of Niger. In: Human response to drastic changes of environments in Africa. Faculty of Economics, Ryutsu Keizai University 120, Hirahata, Ryugasaki 301-8555, Japan, pp. 67-102.

Desconnets, J.-C., Taupin, J.-D., Lebel, T., Leduc, C., 1997. Hydrology of the HAPEX Sahel Central Super Site : surface water drainage and aquifer recharge through the pool systems. *J. of hydrol.*, 188-189: 155-178.

Descroix, L., Mahé, G., Lebel, T., G., Favreau, G., Galle, S., Gautier, E., Olivry, J.-C., Albergel, J., Amogu, O., Cappelaere, B., Dessouassi, R., Diedhiou, A., Le Breton, E., Mamadou, I. Sighomnou, D., 2009. Spatio-Temporal Variability of Hydrological Regimes Around the Boundaries between Sahelian and Sudanian Areas of West Africa: A Synthesis. *Journal of Hydrology*, AMMA special issue, doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.12.012

Esteves, M., Lapetite, J.-M., 2003. A Multi-scale approach of runoff generation in a Sahelian gully catchment : A case study in Niger. *Catena* 50, 255-271.

Hiernaux, P., Ayantunde, A., Kalilou, A., Mougin, E., Gérard, B., Baup, F., Grippa, M., et Djaby, B., 2009. Trends in productivity of crops, fallow and rangelands in Southwestern Niger: impact of land use, management and variable rainfalls. *Journal of Hydrology*, in press.

Karambiri, H., Ribolzi, O., Delhoume, J-P, Ducloux, J., Coudrain-Ribstein, A., 2003. Importance of soil surface characteristics on water erosion in a small grazed sahelian catchment. *Hydrol. Process.*, 17: 1495-1507.

Le-Breton E. (2005). Ensablement des bas-fonds sahélien: étude des transferts sédimentaires au fleuve Niger dans le secteur moyen Niger –Mali ; Niger ; Bénin, DEA de géomorphologie de l'université Paris 7-Denis –Diderot, 74p.

Loireau, M., 1998. Espaces, ressources, usages : spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes écologiques au Sahel nigérien. Thèse de géographie, Université Montpellier 3, 410 p.

Mamadou I. 2006 : Erosion et ensablement dans les kori du Fakara-dégré carré de Niamey Niger. Mémoire de DEA de Géographie, 144p.

Malam Abdou M. 2008 : Approche méthodologique pour la constitution d'une base de données pour la surveillance des systèmes hydrogéomorphologiques du bassin de kori Dantiandou (degré carré de Niamey). Mémoire de DEA de Géographie 115p.

PNUD – Programme des Nations unies pour le développement, 2007. *Rapport mondial sur le développement humain 2007-2008. La lutte contre le changement climatique : un impératif de solidarité humaine dans un monde divisé*, Paris, La Découverte.

Souley Yéro, K ., 2008. L'évolution de l'occupation des sols à l'échelle des bassins versants de Wankama et Tondikiboro : Quelles conséquences sur les débits ?. Mémoire de DEA de géographie, Université Abdou Moumouni de Niamey, 75 p.

## **Remerciements**

Nous remercions le programme AMMA et l'ANR ECLIS pour le financement de cette étude ; ainsi que Catherine Ottlé du LSCE qui nous a fourni la figure 3. Nos remerciements vont aussi au PI CRECS qui a financé l'achat de 3 ordinateurs pour les étudiants en veille sur le terrain.



Ambassade de France en Haïti

# Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles

Editeurs scientifiques

Eric ROOSE, Hervé DUCHAUFOUR et Georges DE NONI

avec le soutien de

l'Université d'État d'Haïti

l'Université de Quisqueya

le SCAC de l'Ambassade de France en Haïti

l'Institut de recherche pour le développement (IRD)

IRD EDITIONS

Marseille, 2012