

**Etude de l'évolution de la dégradation du couvert végétal
au Guidimakha 1988/89-1998/99 sur la base d'une
interprétation multitemporelle d'images satellites**

Rapport final

Mars 2002

Rapporteur: Dr. H. Kußerow

Traitement des images satellites et utilisation d'un système d'information
géographique: Dipl. Geol. Christian Munier
Exploitation des données météorologiques: Dr. Steffen Naumann

Sommaire:

Résumé	3
1. Contexte	4
2. Méthodologie	4
2.1 Acquisition des images satellites	4
2.2 Traitement des images	5
2.3 Classification des images et transposition dans un GIS	6
2.4 La campagne sur le terrain	7
3. Résultats	8
4. Conclusion et discussion	12
5. Annexes	15
6. Bibliographie	25

Résumé

Dans le cadre de la présente étude il a été procédé à une comparaison entre les images satellites du système SPOT datées de 1988/89 et de 1998/99. L'objectif visé était de suivre l'évolution dans le temps et dans l'espace du couvert végétal, des agglomérations humaines, des pistes et des mares. Les résultats des interprétations visuelle des images satellites ont été présentés dans quatre cartes, un jeu avec 23 unités et un jeu avec 9 unités. Une analyse multitemporelle des images satellites sur une période de dix ans à partir des années quatre-vingt dix était établie d'après une carte de l'évolution de l'état de la végétation et de la culture sous pluie.

Dans une deuxième phase d'autres images satellites étaient ajoutées. Outre les données de SPOT-PAN on a également utilisé les données du système Landsat 7 ETM+. Il conviendrait ici de déterminer dans quelle mesure une meilleure résolution spatiale (SPOT-PAN) et une meilleure résolution spectrale fournissent des informations supplémentaires afin, par exemple, de mieux pouvoir identifier les cultures sous pluie. C'est à cet effet également que les cartes d'interprétation ont été établies.

L'analyse multitemporelle permet de constater une augmentation des terres dégradées (septembre 1988/89 à octobre 1998/99: 13,56%; septembre 1988/89 à septembre 2001: 8,51%). La différence entre les deux périodes comparées est imputable, outre les inexactitudes d'interprétation, aux différences saisonnières (la deuxième moitié d'octobre correspond à la fin de la saison pluvieuse) ainsi qu'aux fluctuations annuelles de l'intensité des précipitations. On peut aussi constater une dégradation de couvert végétal particulièrement marquée dans la comparaison entre 88/89 et 98/99. De même la comparaison entre 1988/89 et 2001 montre un recul particulier des savanes denses. Un point à souligner ici est le recul des terres cultivées depuis 1988/89 qui concerne 13.943 ha (18,4% par rapport à la superficie des terres cultivées en 1988/89).

1. Contexte

Le Guidimakha en Mauritanie fait l'objet d'une phase d'orientation au cours de laquelle est conçu un projet de développement rural.

Dans le cadre de ce projet, l'outil de la télédétection est utilisé pour a) documenter l'état actuel de couverture de la surface: couvert végétal, culture sous pluie, cours d'eau à sec une partie de l'année, sol dégradé et b) analyser le changement des unités entre les années 1988/89 et 1998/99. L'analyse de deux images prises à des dates différentes informe sur les changements dans le temps et dans l'espace des unités susmentionnées. Ces informations devraient permettre de suivre l'évolution du milieu au Guidimakha pendant 10 à 11 années et, sur la base de ces résultats, de poursuivre l'étude du projet.

Le travail dans ce projet était divisé en deux parties: une première étape pendant laquelle les images du système SPOT des années 1988/89 et 1998/99 étaient pré-interprétées avec visite de terrain pour vérifier l'interprétation. Une deuxième étape au cours de laquelle une deuxième interprétation basée sur les unités était discutée avec l'équipe du projet à Sélibabi. Le nombre d'unités a été adapté aux besoins du projet. La deuxième étape comportait aussi d'autres images du système SPOT (panchromatique, date de prise de vue: 25 novembre 1999) et quatre images du système Landsat 7 ETM+ (18 janvier 2000 et 17 septembre 2001) ainsi que leur interprétation. Pour toutes les interprétations des cartes ont été établies. A partir des interprétations des données SPOT (années 1988/89 et 1998/99) a été établie une carte du changement écologique pour documenter les changements des unités (culture sous pluie, savanes anthropique, galerie forestière etc.).

2. Méthodologie

2.1 Acquisition des images satellites

Dans le cadre de la présente étude, on a choisi pour la première étape les images satellites de la saison des pluies.

Il aurait été souhaitable de disposer de données datant de la 2ème moitié de septembre. Les données des archives Spot disponibles pour la période choisie allaient de début juillet (un peu trop tôt) à début novembre (un peu trop tard).

Les données avec leur date de prise et les coordonnées sont reprises dans le tableau 1. Il était initialement prévu d'acheter deux scènes pour la partie sud du Guidimakha (031/320 et 031/321). La scène avec les coordonnées 031/321 contenait seulement la partie nord. SPOT Image a donc proposé un déplacement de 80% de la scène 031/320 en direction du sud.

Pour la deuxième étape on a choisi pour SPOT-PAN la date du 25 novembre 1999. En plus on a choisi les données du système Landsat Enhanced Thematic Mapper 7 (ETM+): 202/49 et 202/50 du 18 janvier 2000 et 17 septembre 2001 (tableau 2).

2.2 Traitement des images

Préparation

Toutes les scènes étaient lues par le logiciel ENVI 3.2 (Research Systems Inc.) et converties en format Bitmap TIFF.

Correction géométrique

Comme base de redressement géométrique des scènes ont été utilisées les cartes topographiques suivantes (échelle: 1:200 000):

NE-28-VI Mbout
NE-29-I Kiffa
NE-28-XXIV Sèlibabi
NE-29-XIX Kankossa
ND-28-XVIII Bakel
ND-29-XIII Kayes

Les cartes topographiques ont été scannées et traitées à l'aide du module GCP-Works du logiciel Easi Pace (PCI, Ottawa Inc.).

Le redressement des scènes a été ensuite effectué sur la base des cartes topographiques (projection UTM, zone 28). L'erreur quadratique moyenne (RMS) se situe entre >50 mètres et 100 mètres. L'erreur est imputable aux cartes (Copies et déformation du papier).

Pour réaliser des études multitemporelles et rendre les scènes superposables, la géométrie des données de 1988/1989 a été modifiée en fonction de l'image de référence. Le redressement des nouvelles données des images satellites était effectué sur la base de la mosaïque des années 1998/99 (système SPOT/XS).

Radiométrie et plots:

Une égalisation radiométrique a été réalisée pour toutes les scènes au moyen de l'adaptation de l'histogramme, de façon à rendre les valeurs radiométriques comparables entre elles et à permettre la comparabilité des données satellites entre elles comme base de l'interprétation. Le logiciel Easi Pace était utilisé pour cette opération.

Les données satellites étaient tracées à l'aide d'un traceur haute capacité (IRIS) à l'échelle 1:150.000 en "fausse couleur" rouge-vert-bleu (RGB). Une vue d'ensemble était élaborée dans la première phase sous forme de mosaïque à partir des scènes de 1998/99 avec les limites administratives, villages importants, pistes et la pré-interprétation de scènes (échelle: 1:200.000).

Pendant la deuxième phase les mosaïques avec limites administratives (ces limites n'ayant pas de valeur juridique et n'engageant donc pas la responsabilité de l'auteur), villages importants, pistes et réseau hydrographique étaient élaborées pour les images SPOT/XS des années 1988/89 et 1998/99. En outre les mosaïques avec limites administratives, villages et pistes étaient élaborées pour les scènes Landsat 7 ETM+ (avec réseau hydrographique) et SPOT-PAN (sans réseau hydrographique).

2.3 Interprétation visuelle des images et transposition dans un GIS

Dans le cadre de la présente étude il a été procédé à une interprétation visuelle sous forme imprimée couleurs (plots à échelle 1:150.000). Lorsque des questions particulières devaient être éclaircies, l'interprétation était vérifiée sur écran. Les interprétations étaient transposées sur deux transparents. Ces deux transparents étaient ensuite scannés à l'aide d'un scanner grand format en Tiff-file. Puis intervenait la vectorisation des lignes à l'aide du programme ainsi que les opérations suivantes:

- Correction géométrique et mosaï ques des différents fichiers de vecteurs
- Contrôle des bords des feuilles
- Préparation du "coverage" des polygones des données
- Affectation interactive des polygones aux unités sélectionnées sur ordinateur avec dépôt des données brutes.

Tous les résultats de l'interprétation sont présentés sur les cartes d'interprétation à l'échelle 1:200.000. Les interprétations sont transposées dans un système d'information géographique ArcView (ESRI). Cet outil permet la quantification (pourcentage) et la visualisation (lieu) des unités. Les cartes d'interprétation basées sur les images SPOT/XS des années 1988/89 et 1998/99 étaient réalisées en deux variantes; avec 23 unités et avec 9 unités. Pour ce faire les unités étaient regroupées en unités centrales.

Pour les données satellites du système SPOT/XS datées de 1988/89 et 1998/99 une analyse du changement des 9 unités depuis 1988/89 était effectuée. La carte thématique du changement écologique à l'échelle 1:200.000 est le résultat de ce travail. Le traitement des données était réalisé à l'aide des logiciels ENVI 3.2 et ArcView 3.2.

On a procédé en outre à une interprétation des données du système Landsat 7 ETM+ pour janvier 2000 et septembre 2001.

L'agrégation des images SPOT XS (multispectrale) et SPOT PAN (panchromatique) augmente la résolution spatiale de 20m à 10m. La visibilité des objets (végétation, champs, pistes, agglomérations) s'en trouve ainsi accrue. Cela présente aussi des inconvénients. Ainsi la méthode d'agrégation des images provoque souvent des «déséquilibres de la couleur» qui rendent l'interprétation difficile. Il n'a pas été procédé à une agrégation entre SPOT XS et SPOT-PAN pour deux raisons: a) phénomène de brumes et de nuages et b) la mosaï que de base 1998/99 englobait déjà deux années, ce qui se traduisait dans ce cas par des limitations sensibles de la qualité.

Au lieu de cela, les données SPOT-PAN étaient agrégées avec la mosaï que de Landsat 7 ETM+, datée de janvier 2000 (augmentation de la résolution spatiale de 30m à 10m). Là aussi se posaient des problèmes spectraux et géométriques. C'est pourquoi les données étaient utilisées comme informations supplémentaires pour l'interprétation des données de janvier 2000 et pour l'interprétation des cultures de décrue qui se distinguent par leur couleur intensive rouge-brun. Ici également la capacité requise tournerait autour de 1,6 gigabytes. Ces données n'ont donc pas été fournies, mais un plot peut l'être ultérieurement sur demande.

En raison des problèmes susmentionnés on renonçait à tracer une courbe de l'agrégation Landsat 7 ETM+ / SPOT avec les agglomérations, les pistes et le réseau hydrographique

pour privilégier d'une courbe des mosaïques SPOT-PAN. Le haut degré de résolution des données (la superficie du pixel de 10m) n'est plus assuré lorsqu'on imprime à l'échelle 1:200.000.

Il était en outre procédé à une agrégation entre Landsat 7 ETM+/Pan et les canaux de ETM+/ 7-4-1. La résolution des données, initialement de 30m, est maintenant de 15m. Cette méthode présente l'avantage de permettre la combinaison une haute résolution spectrale avec une haute résolution géométrique.

Les limites de l'interprétation

L'interprétation est basée sur les signaux spectraux des objets. Pour l'interprétation des surfaces végétées il faut tenir compte du fait que l'influence saisonnière (saison des pluies ou saison sèche) et les événements particuliers ont un impact à court terme sur le signal de la végétation. Il importe de le prendre en compte lors des comparaisons échelonnées sur une année.

2.4 La campagne sur le terrain

La campagne sur le terrain pour la vérification de la pré-interprétation était effectuée entre le 10 septembre et le 28 septembre 2001. Du fait que 7 jours seulement étaient disponibles pour la campagne concernant la région de Guidimakha (80-100 km environ), la visite sur le terrain ne pouvait être que très générale. Les étapes du séjour en Mauritanie (mission interprétation terrain) sont indiquées dans le tableau 3.

Les images satellites ont été vérifiées sur le terrain (comparaison des images satellites avec la réalité). Cela signifie que les unités déjà interprétées et précédemment classifiées en "savane anthropique clairsemée" ou "savane anthropique dense", "culture sous pluie" etc. ont été vérifiées lors d'une visite locale. Cette brève visite des unités principales a permis, grâce à l'information spectrale par images satellites, de tirer des conclusions sur d'autres régions comparables de l'image satellite qui ne pouvaient être vérifiées sur place. Cette extrapolation permet des conclusions d'autant plus précises que les journées sur le terrain s'accompagnent d'une interprétation. Il n'était pas possible de vérifier toutes les unités dans les délais prévus. Les unités principales l'ont cependant été (les unités étaient documentées par des photographies et localisées à l'aide des mesures GPS).

En outre des informations sur l'environnement et le changement observé par les populations rurales ont été collectées au niveau des villages ainsi que par des enquêtes menées auprès des paysans (Exemple des questions abordées: Type et âge des cultures, changement intervenu au niveau de la strate herbeuse, des ligneux, de la fertilité des sols, des mouvements de population etc.)

A partir des observations et de la vérification des images sur le terrain et après discussion avec l'équipe du projet, les unités pour la deuxième interprétation étaient établies (au nombre de 23 (voir tableau 4) initialement. Les 23 unités étaient ultérieurement regroupées en 9 unités (voir tableau 5; établissement de deux cartes d'interprétation avec 23 unités et 9 unités). Les informations sur la densité de la végétation (par exemple 10 à 30%) sont des estimations et elles concernent la densité de la végétation reconnaissable sur l'image satellite.

3. Résultat

Dans le cadre de l'étude réalisée un ensemble de cartes étaient établies sur la base des images satellites du système SPOT et Landsat 7 ETM+. Des cartes d'interprétation étaient dressées pour les images du système SPOT (années 1988/89 et 1998/99) et Landsat 7 ETM+ (2000 et 2001). Ces cartes sont indiquées dans le tableau 6 joint en annexe.

Une liste des unités d'interprétation avec quelques descriptions est fournie dans le tableau 4 joint en annexe. L'ordre des unités suit la hiérarchie des valeurs entre le sol dégradé, les différentes catégories de végétation et la culture sous pluie. Cette hiérarchie des valeurs est importante pour le suivi de l'évolution écologique dans la région de Guidimakha et constitue la base de définition de l'interface des images satellites 1988/89 et 1998/99. Le tableau 5 montre les 9 unités avec la clé de répartition des 23 classes en 9 unités.

Le tableau 7 indique le total des surfaces pour 23 unités plus villages dans les années 1988/89 et 1998/99. Le tableau 8 comporte une liste des 9 respectivement 13 unités avec indication de leur superficie en ha et en % pour les années étudiées.

Le tableau 9 indique les unités définies pour l'étude des changements des états de la végétation et de la culture sous pluie entre 1988 et 1999 et leur composition. Les unités 6 (eaux de surface permanentes, 21) et 7 (affleurements géologiques, 22, 23) n'ont pas été prises en compte dans les calculs. Ces unités sont considérées comme étant immuables.

Les tableaux 10 et 11 indiquent les résultats statistiques de la comparaison entre 1988/89 et 1998/99 ainsi que 1988/89 et 2001. Il a été procédé à un autre recoupement (comparaison des données de septembre 2001 avec celles de septembre 1988/99) pour analyser le changement subi par les unités entre les deux dates.

La situation pluviométrique:

L'hivernage de 1988/89:

Les précipitations de l'hivernage de 1988 pour Kankossa se rapprochaient du médian de la période 1971-2000 (276mm ou + 2mm), tandis que les précipitations pour Sèlibabi étaient inférieures au médian (-24mm, total: 410mm). L'hivernage commençait en juin. Juillet notamment était sec et on n'enregistrait aucun excédent de précipitations jusqu'en septembre. L'hivernage de 1989 était caractérisé par un excédent de 171mm (total annuel: 605mm) pour Sèlibabi, tandis que pour Kankossa, situé plus au nord, on observait seulement 165mm (-113mm par rapport au médian annuel). Pour les deux stations, l'hivernage commençait en juin avec des précipitations abondantes. Pour Sèlibabi, tous les mois de l'hivernage étaient pluvieux, tandis que pour Kankossa, les totaux mensuels des précipitations étaient, dès juillet, inférieurs aux médians.

L'hivernage de 1998/99:

L'année 1998 était également pluvieuse, avec 333mm (+55mm) enregistrés pour Kankossa et 475mm (+41mm) pour Sèlibabi. L'hivernage commençait en juin avec des pluies faibles, mais en juillet et notamment en septembre on observait des précipitations abondantes. Les totaux d'août étaient inférieurs au médian (-64mm, total: 89mm) pour Sèlibabi et supérieurs au médian (+23mm, total: 114mm) pour Kankossa. L'hivernage de 1999 était caractérisé par des excès de précipitations, notamment pour Sèlibabi avec 673mm ou + 239mm

(Kankossa: 322mm ou +44mm). Les totaux des précipitations pour tous les mois étaient supérieurs aux médians et l'écart le plus remarquable était celui enregistré en juin pour Sèlibabi avec +116mm.

Comparaison entre 1988/89 et 1998/99 (23 unités, voir tableau 7)

L'unité "Terrains dégradés" est divisée en deux parties - densité de la végétation inférieure à 10% (unité 1) et densité de la végétation entre 10-30% (unité 2). Il est intéressant de constater l'augmentation particulière de l'unité 1 entre 1988/89 et 98/99 avec un total de plus de 10%. Au contraire l'unité 2 ne présente qu'une augmentation inférieure à 3%. Cela signifie que l'unité 1 en 1988/89 avec une superficie de 48.986 ha ou 4,55% a augmenté en 1998/99 de 10,5% pour atteindre 162.568 ha ou 15,08%. Il semble que la couverture végétale, lorsqu'elle a dépassé une valeur critique, continue alors à régresser très rapidement. Mais il faut tenir compte d'une certaine marge d'erreur imputable au fait qu'une végétation déjà sèche (tapis d'herbacées par exemple) n'est plus visible comme telle dans l'image satellite (voir plus bas). Des augmentations distinctes sont également discernables concernant les unités 7, 9 et surtout l'unité 5. Par contre les unités de végétation dense, comme les unités 14,16,18 et 19 présentent partiellement des régressions sensibles.

Dans cette comparaison il faut prendre en compte que, en raison des dates de prises ultérieures à la période de pluie (mi-octobre et fin d'octobre), la végétation a plus rapidement desséché, en particulier en 1998, et que certaines surfaces apparaissent plus dénudées qu'elles ne le sont en réalité. Ce point sera précisé dans la partie consacrée aux changements entre 1988/89 et 2001.

Comparaison entre 1988/89 et 1998/99 (9 unités, voir tableau 8, 9 et 10)

Le tableau 8 montre les changements entre des différentes unités selon les années de captage. Le tableau établit le bilan global des modifications des surfaces entre 1988/89 et 1998/99 ou entre 1988/89 et 2001. Si l'on veut par exemple savoir de quelles unités se compose l'unité "pas de changement" ou le pourcentage de changement pour l'unité par exemple entre 1988/89 et 1998/99, on utilise le tableau 10.

En général 51% des surfaces de la région étudiée ne présentent pas de changement entre 1988/89 et 1998/99, avec une répartition de 23% sur l'unité 1, 11,3% sur l'unité 2, 0,7% sur l'unité 3, 12,3% sur l'unité 4 et 2,3% sur l'unité 6.

Dans le détail, les surfaces qui étaient classées unité 1 en 1988/89 et qui n'ont pas changé jusqu'en 1998/99 constituent 23% des surfaces étudiées. Cela signifie que 23% pour-cent de la surface de la région étudiée était déjà dégradée en 1988/89 et n'a pas subi de changement jusqu'en 1998/99. Cela signifie aussi que la couleur jaune de la carte des changements comporte encore d'autres surfaces dégradées. Les couleurs rouges indiquent l'augmentation des terres dégradées et la diminution de la végétation mais pas les surfaces qui étaient déjà dégradées.

Quel est le pourcentage des unités constituant maintenant l'unité 1 et quelles sont-elles ?

L'unité 1 a augmenté de 4,6% au détriment de l'unité 2 (il s'agit là de valeurs absolues, l'unité 2 pouvant s'améliorer à certains endroits pour devenir unité 4 et se détériorer à d'autres). 3,1% des surfaces de l'unité 3 et 4 se sont transformées en unité 1 et 1,7% des

surfaces qui étaient utilisées comme culture sous pluie sont maintenant classées terres dégradées.

Comparaison entre 1988/89 et 2001 (9 unités, voir tableau 8 et tableau 11)

Aucun changement n'est constaté pour 22% des terres des terrains dégradées. Ce chiffre est comparable avec l'analyse temporelle entre 88/89 et 98/99 (23%).

La somme des unités 1 "terrains dégradés" est, avec 36% pour septembre 2001, inférieure à celle de septembre/octobre 1998/99 (41,8%). La raison de cette différence est avant tout imputable à la différence phénologique. Le tapis d'herbacées est plus ou moins sec pendant la deuxième partie d'octobre et, si la pluviosité est déficitaire comme en 1998 (475mm), l'impression de surfaces desséchées se renforce.

Dans le détail on peut constater ce qui suit concernant l'unité 1:

L'unité 1 a augmenté de 5,2 % au détriment de l'unité 2; 0,9 % des surfaces de l'unité 3 intégraient l'unité 1 ainsi que 1,5% de l'unité 4. Concernant 2001, 0,8% des surfaces utilisées antérieurement pour la culture sous pluie sont maintenant classées unité 1. Les totaux pour l'unité 3 et 4 diffèrent par rapport à l'analyse de 1988/89 à 1998/99. Force est ici de constater que l'intégration dans l'unité 2 ou l'unité 3 est problématique: on constate souvent une interpénétration entre la galerie forestière clairsemée et la savane clairsemée qui, selon l'année et la saison, apparaissent différemment dans l'image satellite. Par contre l'unité 4 (ensemble des "savanes" denses) ne présente pas un recul aussi marqué qu'en 1998/99. Ce phénomène s'explique vraisemblablement par la date ultérieure de prise évoquée ci-dessus. Quant à l'unité 5 (galeries forestières denses) elle a même augmenté de 2% en comparaison avec les années 1988/89. De quelle unité viennent ces deux pour-cent de la surface totale étudiée. Le tableau 11 montre que 0,3% de la surface qui constituait en 1988/89 l'unité 6 "terres cultivées" s'inscrit maintenant dans l'unité 5. Une part de 0,5% de l'unité 7 (eaux de surface temporaires) est devenu unité 5. Cela concerne également 0,5% de l'unité 2. L'unité 4 présente l'évolution la plus forte avec 0,8%. Il est intéressant de constater à ce propos qu'une surface de 0,9% des terres cultivées a été abandonnée dans une zone et qu'une surface de 0,6% a été défrichée dans une autre zone pour établir les champs.

On soulignera aussi l'augmentation des galeries forestières dans les vallées sèches, signe de la diminution du volume des eaux de surface et/ou de la stagnation plus courte des précipitations. Selon les discussions menées au niveau des villages, les paysans ont observé que l'eau ne stagnait plus aussi longtemps dans l'oued que précédemment et qu'elle s'écoulait beaucoup plus rapidement. Cela signifie que la population ne peut actuellement plus profiter aussi longtemps des précipitations que dans les années 80. L'image de Landsat 7 ETM+ avec la date de prise de 17 septembre 2001 confirme que l'eau stagnait moins longtemps qu'avant dans les oueds.

Quelques remarques sur l'interprétation de janvier 2000

Les scènes du système Landsat 7 ETM+ captées en janvier montrent la répartition des cultures de décrue. Il faut indiquer à ce propos que la résolution de 10m ne permet pas de saisir les très petites surfaces. L'interprétation de janvier 2000 n'est pas prise en compte dans l'étude des changements. Les différences saisonnières sont trop importantes. De plus la couverture de nuages de 5% constitue une autre difficulté pour une analyse temporelle de deux images satellites.

Il est pratiquement certain que l'augmentation des surfaces pour les villages en 2000 et 2001 est due à leur reconnaissance plus aisée sur les images Landsat 7 ETM+ et non à leur augmentation entre 1998/99 et 2000/01.

Autres explications sur les cartes d'interprétation

La mosaïque du SPOT-PAN à l'échelle au 1:200.000 (carte n°8) ne présente plus le haut degré de résolution des données (la superficie du pixel de 10m). Mais on peut y distinguer très précisément les ligneux, voit même les arbres individuels.

Le système Landsat offre une plus grande possibilité de combinaisons des canaux que le système SPOT. Pour les cartes n°9 et n°11 dans le tableau 6, la combinaison "R=4, V=7, B=1" a été choisie afin de pouvoir examiner les possibilités de mieux discerner les cultures sous pluie.

SPOT-PAN était agrégé dans Landsat 7 ETM+ de janvier 2000 pour permettre de détecter les cultures de décrue qui se distinguent par leur couleur intensive rouge-brun. Ici également la capacité requise tournerait autour de 1,6 gigabytes. Ces données n'ont donc pas été fournies, mais un plot peut l'être ultérieurement sur demande.

4. Conclusion et discussion

Comment peut-on évaluer les changements observés entre 1988/89, 1998/99 et 2001 ?

Tout d'abord il est important d'évaluer l'influence de climat. En général les années quatre-vingts étaient plus sèches que les années quatre-vingt dix.

Si l'on compare les années de prises 1988/89, 1998/99 et 2001 pour la station de Sélibabi, on constate que les totaux des années jusqu'à la date de prise de vue en 1988 (25 septembre) et 2001 (17 septembre) sont plus ou moins comparables (405mm, et 424mm). Deux scènes en 1989 (031/318 et 031/320) datent du 13 septembre. Le total de la pluie jusqu'au 13 septembre était de 470mm. Les autres scènes (une du 4 novembre 1989, deux scènes d'octobre 1998 et cinq scènes d'octobre 1999) étaient captées après la saison des pluies (1989:604mm, 1998: 475mm et 1999:684mm). La scène du 3 juillet 1998 (031/318, la région de Kankossa) doit être considérée séparément. Le station de Kankossa a enregistré un total de 16mm (10mm en juin et 6mm dans le premier tiers) jusqu'au 10 juillet. En conclusion: Les données satellites captées en septembre (années 1988, 1989 et 2001) sont tout à fait comparables. On ne peut pas en dire autant des données de 1998 (17 et 27 octobre) sur lesquelles, suite à une période de pluie relativement mauvaise et à une date de prise plus tardive, la région apparaît plus sèche qu'elle ne l'était un mois encore auparavant. Le 3 juillet est une date trop précoce pour le but de cette étude, mais il n'y avait pas d'autres alternatives.

L'analyse multitemporelle permet de constater une augmentation des terres dégradées (septembre 1988/89 à octobre 1998/99: 13,56%; septembre 1988/89 à septembre 2001: 8,51%, voir chapitre 3). La différence entre les deux périodes comparées est imputable, outre les inexactitudes d'interprétation, aux différences saisonnières (la deuxième moitié d'octobre correspond à la fin de la saison pluvieuse) ainsi qu'aux fluctuations annuelles de l'intensité des précipitations. Les fluctuations des précipitations sont typiques pour le Sahel. Il se peut donc qu'une année relativement humide traduise un état plus humide sans permettre de généraliser cette situation. Viennent s'y ajouter les imprécisions d'interprétation, de sorte qu'une marge de tolérance de 5% entre le deux comparaisons (88/89 à 98/99 et 88/89 à 2001) semble possible. On peut aussi constater une dégradation de couvert végétal particulièrement marquée dans la comparaison entre 88/89 et 98/99. De même la comparaison entre 1988/89 et 2001 montre un recul particulier des savanes denses.

Pour conclure cet ensemble de réflexions sur la dynamique de l'environnement dans le Guidimakha on peut constater en général une tendance à l'augmentation des terres dégradées et à la diminution de la végétation dense (exception: l'unité 5: galeries forestières denses).

Répartition spatiale des surfaces particulièrement menacées:

La carte des changements d'état de la végétation et de la culture sous pluie montre les régions qui sont particulièrement touchées par l'augmentation des terres dégradées et la diminution de la végétation. Elles sont situées autour de Sélibabi et au sud-est de la région de Guidimakha, entre 14°45'N et 15°10'N et 11°50'S et 12°10'S.

Quelques remarques sur la question agricole

Il convient de souligner le problème posé par la reconnaissance de la culture sous pluie au moyen d'images satellites. Actuellement les villageois ont établi leurs champs (des champs de sorgho et de maïs pour la plupart, mais aussi d'arachide) dans les bas-fonds. La visibilité des champs sur les images satellites est difficile (contrairement à la situation au Mali et au Sénégal). La raison est liée au schéma d'utilisation différent; les parcelles implantées dans les bas-fonds sont en majorité de petite taille. Ces champs se situent au milieu de surfaces couvertes d'une couche d'herbacées (avec quelques arbustes) et des jachères. Les jachères typiques sont couvertes de *Cassia* sp. (souvent *C. obtusifolia*). Les exemplaires individuels de *Cassia* sp. sont spectralement difficiles à distinguer des cultures sous pluie. Quel avantage les images du système SPOT-PAN et les données de Landsat 7 ETM+ offrent-elles pour la reconnaissance des cultures sous pluie ? SPOT-PAN avec 10 mètres de résolution permet une meilleure reconnaissance des champs, même après récolte (date de prise de vue: 25 novembre 1999). Afin de cartographier les champs individuels, il serait préférable d'utiliser des extraits de petite dimension et une échelle au 1:50.000.

La diminution des sites agricoles (unité 6: terres cultivées) attire particulièrement l'attention. Même si on peut supposer une certaine inexactitude de visibilité dans l'image satellite, d'autres facteurs traduisent le recul de ces surfaces.

En 1988/89 7,05% de la région du Guidimakha étaient constitués de terres cultivées. En 1998/99 les sites agricole avaient reculé à 6,43%. En 2001 ce ne sont plus que 5,74%. Cela représente, par rapport à la superficie des terres cultivées en 1988/89, 13.943 ha ou 18,4% de moins. Cette évolution - diminution des terres cultivées - a une longue histoire dans la région Guidimakha (voir Bradley et al. 1977). Les agriculteurs sédentaires, les Soninke, migrent depuis des décennies à destination de la France principalement. Le recul des terres cultivées est-il lié au développement de la migration ?

On lit cependant chez Bradley et al. (1977:86) que les abandons de terre sont probablement compensés par les défrichements effectués dans d'autres zones du terroir. Les auteurs constatent que, du fait de la diminution de la force de travail disponible qui est une conséquence de la migration, les agriculteurs préfèrent les fonds du vallée pour se faciliter le travail (voir plus bas). Certes la dégradation des sols explique également que les agriculteurs cherchent d'autres endroits à cultiver.

L'apogée de la culture sous pluie dans la région du Guidimakha se situait vraisemblablement pendant la première moitié du vingtième siècle et le recul des terres cultivées depuis des années soixante-dix et après (Bradley et ses collègues parlent d'une stagnation des superficies cultivées) reflète le changement climatique et le développement de la migration. Cela signifie que l'évolution observée dans les autres pays sahéliens comme le Mali, le Sénégal et le Niger de la dégradation de la végétation et du sol à cause d'une surexploitation agricole était déjà antérieure aux années soixante-dix. Toutefois Bradley et ses collègues (1977) parlent de grandes étendues de sols de bonne qualité laissés libres grâce à la stagnation d'agriculture.

Les images satellites permettent en outre d'observer aisément que les cultures sous pluie au Guidimakha/ Mauritanie sont établies dans les vallées et non, comme d'habitude au Mali et au Sénégal, sur les terrains sableux ou les dunes. Les champs de millet sont bien identifiés dans les régions limitrophes du Mali et du Sénégal, contrairement à la Mauritanie où les champs sont mélangés avec les galeries forestières au fond des vallées. Cette différence de

comportement de la part des agriculteurs est documentée depuis presque trente ans. Bradley et ses collègues (1977) ont observé pendant leur enquête de terrain en avril 1975 que les fonds des vallées, non cultivables en année normale, ont été largement défrichés et cultivés durant des années de sécheresse (1972-1974). Ces auteurs ont observé (1977:69-70) dans l'ensemble de la région du Guidimakha une tendance générale à l'abandon partiel du *dieri* (des hautes terres sèches), soit au profit des versants des cuvettes soit, dans les villages du fleuve, au profit des parties basses du fond. L'interprétation des images satellites confirme aujourd'hui la présence de la plupart des champs dans le bas-fond où ils se mélangent avec le tapis de graminées ou la strate arbustive.

Quelques remarques sur le choix du système satellite

Les données du système SPOT présentent l'avantage de fournir des scènes avec une résolution de 20m/10m depuis 1986. Par contre cela implique des coûts très élevés, du fait que plusieurs scènes sont nécessaires pour la couverture de la région du Guidimakha et que les scènes du système SPOT sont plus onéreuses (6 scènes pour le système SPOT, mais seulement 2 pour le système Landsat 7 ETM+). A cela s'ajoutent les coûts pour le traitement des données ainsi que les difficultés liées à l'interprétation des données (période de prise différente etc.). Landsat 7 ETM+ permet de combiner une haute résolution spatiale (de 15m) avec une haute résolution spectrale (7 canaux plus PAN), ce qui aboutit à une meilleure visibilité des objets comme les pistes, l'agglomération etc). Il est cependant parfois très difficile d'obtenir des prises pour une saison précise.

ANNEXE

Tableau 1: Les données des images satellites du système SPOT/XS et SPOT-PAN

Coordonnées du système SPOT K/J	Prise de vue SPOT/XS	Prise de vue SPOT/XS	Prise de vue SPOT/PAN
030/318	25 sep 1988	26 oct 1999	25 nov 1999
030/319	25 sep 1988	12 oct 1999	25 nov 1999
030/320	25 sep 1988	12 oct 1999	25 nov 1999
031/318	13 sep 1989	03 juil 1998	25 nov 1999
031/319	04 nov 1989	27 oct 1998 et 25 août 1998	25 nov 1999
031/320 plus 031/320-80% (Déplacement de 80% en direction sud)	13 sep 1989	17 oct 1998	25 nov 1999

Tableau 2: Les données des images satellites du système Landsat 7 ETM+

Coordonnées du système Landsat 7 ETM+ Path/Row	Prise de vue
202/49	18 janv 2000
202/50	17 sep 2001

Tableau 3: Calendrier du séjour en Mauritanie

10 sep 2001	Arrivée
11 sep 2001	Nouakchott
12 sep 2001	Nouakchott-Kiffa
13 sep 2001	Kiffa-Sélibabi
14 sep 2001	Sélibabi
15 sep 2001	Sud de Sélibabi
16 sep 2001	Région de Gouraye
17 sep 2001	Sélibabi-Baediam-Melgue-Sélibabi
18 sep 2001	Sélibabi
19 sep 2001	Sélibabi-Hassi Chaggar
20 sep 2001	Retour à Sélibabi pour cause de pluie
21 sep 2001	Sélibabi-Ajar Sonninké-Sélibabi
22 sep 2001	Sélibabi-Harr-S.
23 sep 2001	Sélibabi
24 sep 2001	Sélibabi-Kiffa
25 sep 2001	Kiffa-Nouakchott
26 sep 2001	Nouakchott
27 sep 2001	Nouakchott
28 sep 2001	Vol de retour à Berlin

Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie

Légende (23 unités et villages):

Tableau 4: Unités définies pour l'interprétation des états de la végétation, de la culture sous pluie et du réseau hydrographique

N° Unités	Nom	Description des états de végétation, de la culture sous pluie et du réseau hydrographique
1	Terrains dégradés, densité de la végétation inférieure à 10%	Sol nus et à faible végétation (en dehors des affleurements rocheux d'origine géologique. Les informations sur la densité de la végétation sont des estimations et elles concernent la densité de la végétation reconnaissable sur l'image satellite.
2	Terrains dégradés, densité de la végétation 10 à 30%	Sol nus et à faible végétation (en dehors des affleurements rocheux d'origine géologique)
3	Dunes vives	
4	Lit asséché de cours d'eau	permanent ou temporaire
5	Végétation sur les montagnes, densité inférieure à 20%	
6	Végétation sur les montagnes, densité 20% - 40%	
7	Dunes avec végétation clairsemée (ligneux et herbacées)	
8	Galeries forestières clairsemées	Galeries forestières sahéliennes
9	Savane anthropique clairsemée 30 à 60%	
10	Cultures sous pluies certaines	
11	Mélange de cultures pluviales et jachères	Damier de champs de sorgho pluvial de bas fonds avec zones non cultivées avec <i>Cassia obtusifolia</i> et quelques ligneux
12	Irrigation	
13	Palmeraies doum et rônier	Karakoro, Oued Tektaké, El Moudere, Kankossa
14	Galeries forestières denses	Galeries forestières sahéliennes
15	Végétation sur formation géologique	Mosaïque de végétation
16	Végétation sur les montagnes, densité supérieure à 40%	
17	Végétation arborée et graminées dense sur placage sableux	sur l'image satellite structures en forme de bandes
18	Dunes avec végétation dense (ligneux et herbacées)	
19	Savane anthropique, densité 60 à 80%	Jachères anciennes et pâturages
20	Eaux de surface temporaires	Eaux visible sur les images correspondant aux oueds et au Karakoro et au lit du fleuve Sénégal
21	Eaux de surface permanentes	correspondant à une inondation permanente
22	Affleurements géologiques	Zones de relief avec affleurement rocheux d'origine géologique
23	Plateaux	Plateaux latéritiques, îlots montagneux, éboulis et versants (sans végétation)
	Villages	

Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie
Légende avec 9 unités

Tableau 5: 9 unités regroupant les 23 unités initiales (tableau 6).

9 unités	23 unités
1. Terrains dégradés	1, 2, 3, 4
2. Ensemble des "savanes", clairsemées	5, 6, 7, 9
3. Galeries forestières, clairsemées	8, 13
4. Ensemble des "savanes" denses	15, 16, 17, 18, 19
5. Galeries forestières, denses	14
6. Terres cultivées	10, 11, 12
7. Eaux de surface temporaires	20
8. Eaux de surface permanentes	21
9. Affleurements géologiques	22, 23

Tableau 6: Mosaiques et cartes effectués dans le cadre du projet

N°	Produit	PLOTS
1	Mosaïque de base avec pistes, agglomérations et réseau hydrographique, SPOT 1988/89 , 1:200.000	3 A0 plots
2	Mosaïque de base avec pistes, agglomérations et réseau hydrographique, SPOT 1998/99 , 1:200.000	3 A0 plots
3	Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie 1:200.000 en 1988/89 (SPOT , 23 unités avec cours d'eau, village et pistes)	3 A0 plots
4	Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie 1:200.000 en 1988/89 (SPOT , 9 unités avec cours d'eau, village et pistes)	3 A0 plots
5	Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie 1:200.000 en 1998/99 (SPOT , 23 unités avec cours d'eau, village et pistes)	3 A0 plots
6	Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie 1:200.000 en 1998/99 (SPOT , 9 unités avec cours d'eau, village et pistes)	3 A0 plots
7	Carte des changements d'état de végétation et culture sous pluie entre 1988/89 et 1998/99, avec cours d'eau, village et pistes, 1:200.000	3 A0 plots
8	Mosaïque de base avec pistes, agglomérations et interprétation des cultures de décrue, SPOT 1999 , 1:200.000	3 A0 plots
9	Mosaïque de base avec pistes, agglomérations et réseau hydrographique, Landsat 7 ETM+ 2000 , 1:200.000, canaux: 4-7-1	3 A0 plots
10	Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie 1:200.000 en 2000 (Landsat 7 ETM+ , 12 unités avec cours d'eau, village et pistes)	3 A0 plots
11	Mosaïque de base avec pistes, agglomérations et réseau hydrographique, Landsat 7 ETM+ 2001 , 1:200.000, canaux: 4-7-1	3 A0 plots
12	Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie 1:200.000 en 2001 (Landsat 7 ETM+ , 9 unités avec cours d'eau, village et pistes)	3 A0 plots
13	Carte d'interprétation de la végétation et culture sous pluie 1:200.000 en 2001 (Landsat 7 ETM+ , 9 unités avec cours d'eau, village, pistes et 4 photos de terrain)	1 A0 plot
14	Mosaïque de base avec pistes, agglomérations et réseau hydrographique, Landsat 7 ETM+ 2000 , 1:200.000, IHS canaux: 7-4-1	1 A0 plot
15	Mosaïque de base avec pistes, agglomérations et réseau hydrographique, Landsat 7 ETM+ 2001 , 1:200.000, IHS canaux: 7-4-1	1 A0 plot
16	Strate forestière de 5 unités (interprétation SPOT 1988/89)	1 A0 plot
17	Strate forestière de 5 unités (interprétation SPOT 1998/99)	1 A0 plot

Tableau 7: Total des surfaces pour 23 unités plus villages dans les années 1988/89 et 1998/99

Unités	Nom	1988/89 (ha)	%	1998/99 (ha)	%
1	Terrains dégradés, densité de la végétation inférieure à 10%	48.986,54	4,55	162.568,22	15,08
2	Terrains dégradés, densité de la végétation 10 à 30%	246.930,77	22,95	274.201,55	25,43
3	Dunes vives	1.372,97	0,13	2.147,43	0,20
4	Lit asséché de cours d'eau	7.257,01	0,67	12.433,23	1,15
5	Végétation sur les montagnes, densité inférieure à 20%	7.938,50	0,74	46.120,38	4,28
6	Végétation sur les montagnes, densité 20% - 40%	50.993,04	4,74	47.032,75	4,36
7	Dunes avec végétation clairsemée (ligneux et herbacées)	12.430,68	1,16	28.816,46	2,67
8	Galeries forestières clairsemées	73.853,28	6,86	52.782,88	4,90
9	Savane anthropique clairsemée 30 à 60%	173.449,06	16,12	177.119,69	16,43
10	Cultures sous pluies certaines	11.764,40	1,09	11.011,09	1,02
11	Mélange de cultures pluviales et jachères	64.108,23	5,96	57.926,78	5,37
12	Irrigation	-	-	414,24	0,04
13	Palmeraies doum et rônier	2.730,00	0,25	3.662,89	0,34
14	Galeries forestières denses	26.551,23	2,47	10.115,50	0,94
15	Végétation sur formation géologique	6.180,36	0,57	5.474,82	0,51
16	Végétation sur les montagnes, densité supérieure à 40%	41.005,22	3,81	6.899,98	0,64
17	Végétation arborée et graminées dense sur placage sableux	34.495,89	3,21	29.236,75	2,71
18	Dunes avec végétation dense (ligneux et herbacées)	85.038,65	7,90	64.082,16	5,94
19	Savane anthropique, densité 60 à 80%	142.828,42	13,27	65.533,14	6,08
20	Eaux de surface temporaires	23.141,81	2,15	5.051,32	0,47
21	Eaux de surface permanentes	1.977,60	0,18	2.431,59	0,23
22	Affleurements géologiques	3.835,78	0,36	3.834,63	0,36
23	Plateaux	9.046,66	0,84	9.098,88	0,84
	Villages	87,05	0,01	198,37	0,02
Total		1.076.003,17	100,00	1.078.194,70	100,00

Tableau 8: Total des surfaces des unités pour les différentes années

Unités	SPOT 1988/99 (ha/ %)	SPOT 1998/99 (ha/ %)	Landsat 7 ETM+ Janvier 2000 (ha/ %)	Landsat 7 ETM+ Sept 2001 (ha/ %)
1. Terrains dégradés	304.547,29 (28,30 %)	451.350,43 (41,86 %)	365.430,76 (33,89 %)	396.841,62 (36,81 %)
2. Ensemble des "savanes", clairsemées	244.811,28 (22,75 %)	299.089,28 (27,74 %)	271.136,73 (25,15 %)	187.228,98 (17,37 %)
3. Galeries forestières, clairsemées	76.583,28 (7,12 %)	56.445,77 (5,24 %)	92.305,82 (8,56 %)	115.868,86 (10,75 %)
4. Ensemble des "savanes" denses	309.548,52 (28,77 %)	171.226,86 (15,88 %)	215.007,31 (19,94 %)	242.759,43 (22,52 %)
5. Galeries forestières, denses	26.551,23 (2,47 %)	10.115,50 (0,94 %)	15.039,05 (1,39 %)	48.515,37 (4,50 %)
6. Terres cultivées	75.872,64 (7,05 %)	69.352,10 (6,43 %)	24.387,61 (2,26 %)	61.929,05 (5,74 %)
7. Eaux de surface temporaires	23.141,81 (2,15 %)	5.051,32 (0,47 %)	3.330,11 (0,31 %)	8.909,76 (0,83 %)
8. Eaux de surface permanentes	1.977,60 (0,18 %)	2.431,59 (0,23 %)	2.076,07 (0,19 %)	2.751,93 (0,26 %)
9. Affleurements géologiques	12.882,44 (1,20 %)	12.933,51 (1,20 %)	17.758,45 (1,65 %)	12.992,36 (1,21 %)
10. Feux de brousse	—	—	2.547,27 (0,24 %)	—
11. Cultures de décrue	—	—	4.587,95 (0,43 %)	—
12. Nuages	—	—	64.042,41 (5,94 %)	—
13. Villages	87,05 (0,01 %)	198,37 (0,02 %)	477,83 (0,04 %)	399,31 (0,04 %)
Total	1.076.003,15 (100 %)	1.078.194,71 (100 %)	1.078.128,03 (100 %)	1.078.196,66 (100 %)

Carte thématique du changement écologique entre 1988/89 et 1998/99

Légende:

Tableau 9: Unités définies pour l'étude des changements des états de la végétation et de la culture sous pluie entre 1988/89 et 1998/99

N°Unités	Nom	Composition
1	Terrains dégradés (1,2,3,4)	Sols nus et à faible végétation (en dehors des affleurements rocheux d'origine géologique)
2	Ensemble des "savanes", clairsemées (5,6,7,8,9,13)	Savane anthropique des jachères anciennes et de pâturage (surpâturage) Savane arborée, savane arbustive, strate de ligneux sur les collines, galerie forestière clairsemées et palmeraies
3	Ensemble des "savanes" denses (14,15,16,17,18,19)	
4	Terres cultivées (10,11,12)	Cultures sous pluies certaines, irrigation, mélange de cultures pluviales et jachères
5	Eaux de surface temporaires (20)	Espaces des oueds inondés temporairement
6	Eaux de surface permanentes (21)	Cours d'eau permanent fleuve Sénégal
7	Affleurements géologiques (22,23)	Zones de relief avec affleurements rocheux d'origine géologique
8	Surfaces sans changement 88/89-98/99	

Tableau 10: Résultat statistique de la comparaison entre 1988/89 et 1998/99
(concernant 9 unités)

		1988/89										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Village - 10	Sum
1999	1	23,0	7,6	4,2	3,8	0,7	2,1	0,4	0,0	0,0	0,0	41,8
	2	3,0	11,3	1,4	10,5	0,6	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0	28,0
	3	1,1	1,1	0,7	0,9	0,4	0,9	0,3	0,0	0,0	0,0	5,4
	4	0,7	1,9	0,3	12,3	0,1	0,5	0,1	0,0	0,0	0,0	15,9
	5	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
	6	0,4	0,7	0,4	1,0	0,5	2,3	1,0	0,0	0,0	0,0	6,3
	7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,4
	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2
	9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	1,2
	Village - 10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sum	28,3	22,8	7,1	28,8	2,4	7,0	2,2	0,2	1,2	0,0	100	

Pourcentage pour la surface totale (arrondi au millième)

Tableau 11: Résultat statistique de la comparaison entre 1988/89 et 2001
(concernant 9 unités)

		1988/89										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Village - 10	Sum
2001	1	22,0	7,0	2,7	2,6	0,5	1,5	0,2	0,0	0,4	0,0	36,9
	2	1,8	7,4	0,5	6,8	0,2	0,5	0,1	0,0	0,1	0,0	17,4
	3	1,8	2,8	2,2	2,4	0,3	1,0	0,2	0,0	0,0	0,0	10,7
	4	1,1	3,8	1,0	15,3	0,3	0,9	0,1	0,0	0,2	0,0	22,7
	5	0,5	0,7	0,3	1,1	0,4	0,9	0,6	0,0	0,0	0,0	4,5
	6	0,7	0,6	0,4	0,4	0,6	2,3	0,7	0,0	0,0	0,0	5,7
	7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,8
	8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,2
	9	0,3	0,3	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	1,1
	Village - 10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Sum	28,3	22,7	7,2	28,8	2,4	7,1	2,2	0,2	1,1	0,0	100,0	

Pourcentage pour la surface totale (arrondi au millième)

Bibliographie

Bradley, P., Raynaut, C. & J. Torrealba 1977: Le Guidimaka Mauritanien. -Diagnostic et Propositions d'Action - War on Want, 156 p., London.