Télédétection, 2006, vol. 5, n°4, p. 285-297.
© 2006 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions Scientifiques GB*

ÉVOLUTION DE L'OCCUPATION DES TERRES ET LOCALISATION DES SOLS NUS DANS LE CENTRE NORD DU BURKINA FASO

Prosper N. ZOMBRE[1]

[1] Unité de Formation et de Recherche en Science de la Vie et de la Terre (UFR/SVT), Université de Ouagadougou, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso
Téléphone : 226 70 25 68 88 ; 226 50 30 70 64 ; télécopieur : 226 50 30 72 42 ;
courriel : prosper.zombre@ univ-ouaga.bf

(Soumis le 26 octobre 2004; révisé le 17 février 2005; accepté le 10 mars 2006)

Cette étude menée au Centre Nord du Burkina Faso a pour objectifs de faire l'analyse diachronique de l'occupation des sols en vue de mesurer l'ampleur des modifications du paysage dues à la dégradation des ressources naturelles et de mettre en évidence la localisation des plaques de sols nus. Elle a consisté en l'interprétation de photographies aériennes de différences périodes (1955, 1982 et 1995).
Du point de vue de l'occupation des terres, l'analyse révèle une modification profonde de l'espace naturel avec un accroissement des zones de culture jusque dans les terres de faible aptitude agricole, une extension des sols nus et une réduction de la savane arborée au profit de la savane arbustive. Les formations ripicoles sont devenues discontinues.
L'analyse de la géomorphologie et de l'occupation indique que les sols nus sont localisés préférentiellement en parties supérieures des glacis en milieu birrimien schisteux, à relief élevé.
En revanche, dans les milieux granitiques, à relief moins élevé, les sols dénudés sont majoritairement localisés en mi et en bas de pente des glacis.

Mots clés : Burkina Faso, analyse diachronique, occupation des terres, sols nus.

LAND USE EVOLUTION AND LOCATION OF BARE SOILS IN THE NORTH CENTRAL REGION OF BURKINA FASO

The objective of this study conducted in northern Burkina Faso was to analyse the multitemporal evolution of land use for evaluating the scope of landscape changes due to natural resource degradation and for determining the location of bare soil areas.
The study consisted in the analysis of aerial photos over time (1955, 1982, 1995).
With regard to land use, results show a major modification of the natural landscape with a significant increase in cultivated lands even in the low productivity areas, an extension of bare soils and a reduction in the densely covered tree savannah to the benefit of bush savannah. The riparian vegetation, previously characterized by large areas of dense trees in proximity to water courses, has become very sparse.
Analysis of the geomorphology and land use indicate that bare soils are located preferentially on upslope glacis and eroded slopes, in birrimian schistic environments with very high relief. On the other hand, in granitic environments with lower relief, bare soils are mainly located on down-slope and mid-slope glacis.

Keywords : Burkina Faso, multitemporal analysis, land use, bare soils.

1. INTRODUCTION

Le Burkina Faso, pays enclavé à économie basée sur l'agriculture, est confronté depuis quelques décennies à une dégradation de ses ressources naturelles, particulièrement inquiétante dans les zones agro-écologiques sahélienne et nord soudanien, dont les causes sont climatiques et anthropiques. Ainsi, le Centre Nord, comportant les provinces du Bam, Sanmatenga et Namentenga, zone essentiellement subsahélienne au climat contraignant (faible pluviosité, températures élevées, etc.) connaît un environnement caractérisé par une surexploitation des terres et un appauvrissement des ressources naturelles, notamment des sols. Cette zone est l'une des plus peuplées et la plus pauvre du pays (INSD, 1996). Une pression croissante (liée à l'augmentation de la population) s'exerce sur les sols cultivés et les terres marginales (sols de faible épaisseur, forte pente,...) qui font de plus en plus l'objet de nouvelles défriches (BUNASOLS, 1990). Les zones encore arborées sont abusivement exploitées à des fins agricoles ou d'exploitation de bois de construction et de chauffe.

En outre, les irrégularités annuelles et interannuelles de la pluviosité se traduisent par des saisons de pluie déficitaires avec pour conséquence de mauvaises récoltes. Par ailleurs, les sols, généralement pauvres en matière organique et mal protégés par une végétation peu dense, ont tendance sous l'effet des orages à subir des réorganisations superficielles importantes limitant l'infiltration (Casenave et Valentin, 1989). Ils deviennent davantage pauvres, fragiles, en proie à une érosion éolienne et à un ruissellement intense (Cissé et Touré, 1991). L'équilibre écologique est rompu, le seuil d'irréversibilité est atteint (William et al., 1993). Ainsi selon Kambou et Zougmoré (1996), dans les zones centre et nord du Burkina Faso, la dégradation accentuée du sol du fait des conditions pédo-climatiques actuelles en liaison avec les effets de la pression démographique et du surpâturage a entraîné la dénudation des glacis avec pour conséquence, l'apparition de sols nus, les zipella dont la place devient inquiétante au regard de l'insuffisance des terres cultivables.

Ces terrains sont en voie d'expansion spatiale. Ainsi, ne représentant que quelques pourcents dans les années 1960, les zipella affectaient en 1980 18 % de la province du Passoré (Zombré et Sow, 1989 ; Kaboré, 1995). Bien d'autres études révèlent cette forte expansion des sols en zone soudanienne (Mietton, 1988). Cet auteur étudiant la dégradation des sols à l'aide des images satellitaires de 1975 dans la zone nord soudanienne du Burkina évalue l'extension des sols nus entre 10 et 20 %.

Notre étude a pour objectif de faire l'analyse diachronique de l'occupation des sols en vue de mesurer l'ampleur des modifications du paysage dues à la dégradation des ressources naturelles et de mettre en évidence la localisation des zones nues dans l'ensemble des paysages.

2. CADRE NATUREL DU SITE D'ÉTUDE

2.1. Situation géographique

La région du Centre Nord qui couvre l'ex Centre Régional de Promotion Agropastorale (CRPA) fait partie intégrante du Plateau Central. Elle couvre une superficie totale de 19 508 km². Située entre les parallèles 12°40' N et 14° N, elle regroupe les trois provinces du Bam, Sanmatenga et Namentenga ayant respectivement pour chef lieu : Kaya, Boulsa et Kongoussi (figure 1).

Dans chacune des provinces, ont fait l'objet d'étude les sites suivants :

- dans la province de Sanmatenga : Soubeira (12°48'19,5" N ; 0°52'30,3" W), Namissiguima (13° 30'13,5" N ; 1°15'54" W), Dablo1 (13°40'0,06" N ; 1°10'32" W) et Dablo2 (13°45'46,6" N ; 1°09'51, 03" W) ;
- dans la province de Bam : Kongoussi (Loaga (13°18'53,1" N ; 1°37'83,4" W) et Niénéga (13°20' 49,6" N ; 1°35'06" W)).
- dans la province du Namentenga : Yalogo (13° 28'36,1" N ; 0° 22' 06,5" W).

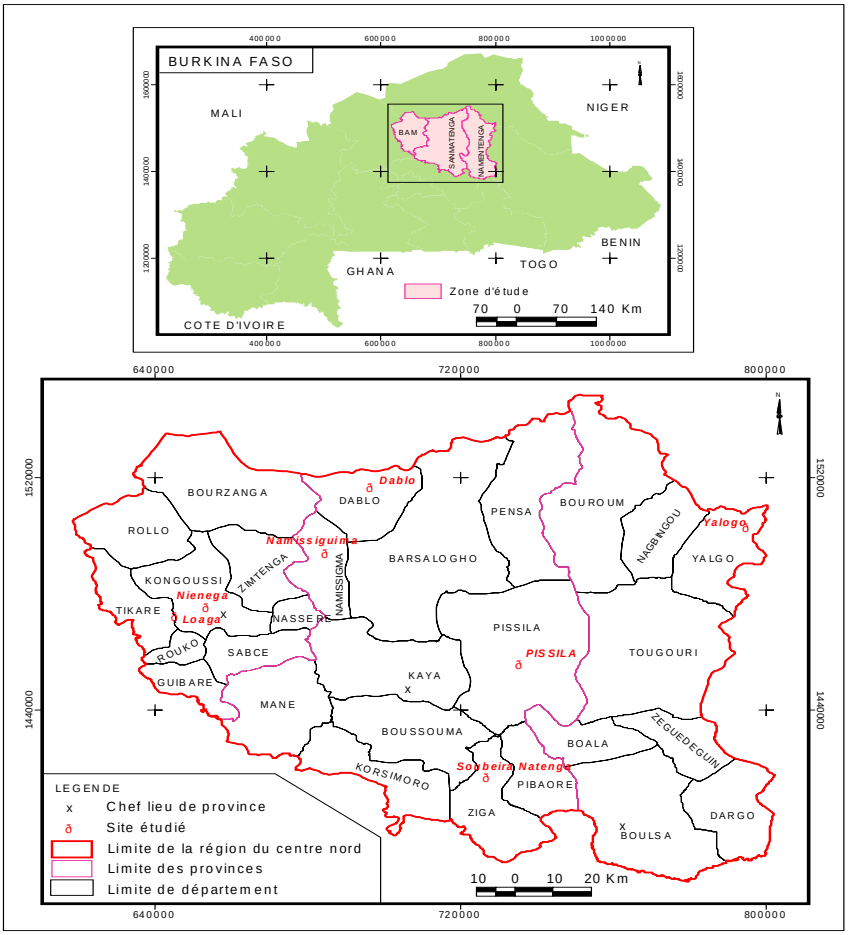


Figure 1: Carte du Centre Nord

Source : BNDT, 2000

FIGURE 1 : Carte du Centre Nord. *Map of the North-Central region*

2.2. Données agroclimatiques

Le Centre Nord fait partie de la zone climatique sahélo-soudanienne, caractérisée par deux saisons bien marquées : une longue saison sèche (novembre à mai) et une courte saison pluvieuse (juin à octobre). Du point de vue des précipitations, Fontès et Guinko (1995) distinguent trois types de climat dans notre zone d'étude :

- le type sahélien sud avec une pluviosité annuelle de 400 à 600 mm et 7 à 9 mois de saison sèche, dans lequel se trouvent les sites de Dablo, Namissiguima et Yalogo ;
- le type de transition sahélo-soudanien avec une pluviosité annuelle de 600 à 700 mm et 7 à 8 mois de saison sèche, dans lequel on classe les sites de Loaga et Niénéga ;
- le type nord-soudanien avec une pluviosité annuelle de 700 à 800 mm et 6 à 7 mois de saison sèche, où se situent Soubeira et Pissila.

L'évolution climatique dans la zone au cours des 50 dernières années montre une tendance à la baisse des précipitations (figures 2, 3 et 4), d'autant plus accentuée que l'on va vers le nord.

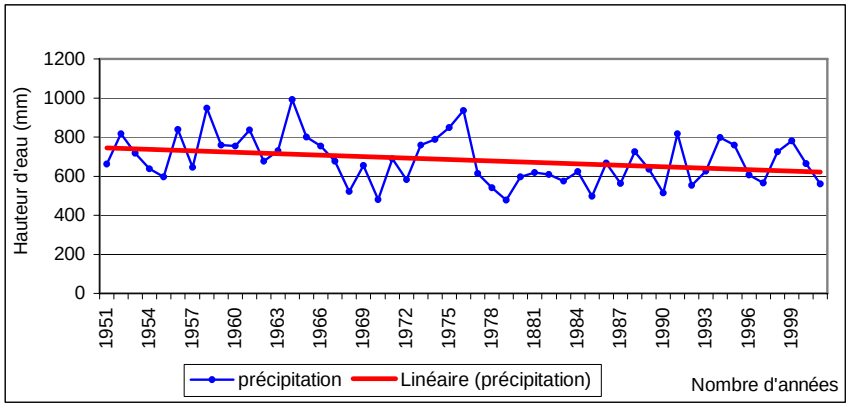


FIGURE 2 : Évolution de la pluviométrie de 1951 à 2001 à Kaya. *Rainfall evolution at Kaya from 1951 to 2001*

Les températures maximales s'observent entre mars et avril avec des moyennes de 41 °C et les températures minimales en janvier avec des moyennes oscillant entre 14 et 17 °C.

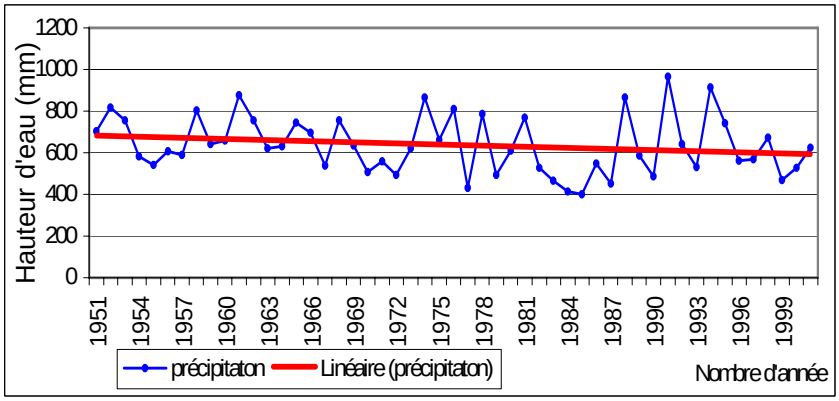


FIGURE 3 : Évolution de la pluviométrie de 1951 à 2001 à Kongoussi. *Rainfall evolution at Kongoussi from 1951 to 2001*

Selon Guinko (1984), l'humidité relative augmente du nord au sud avec un maximum en août qui correspond au mois le plus pluvieux. En saison sèche, au mois de février, elle descend à moins de 20 %

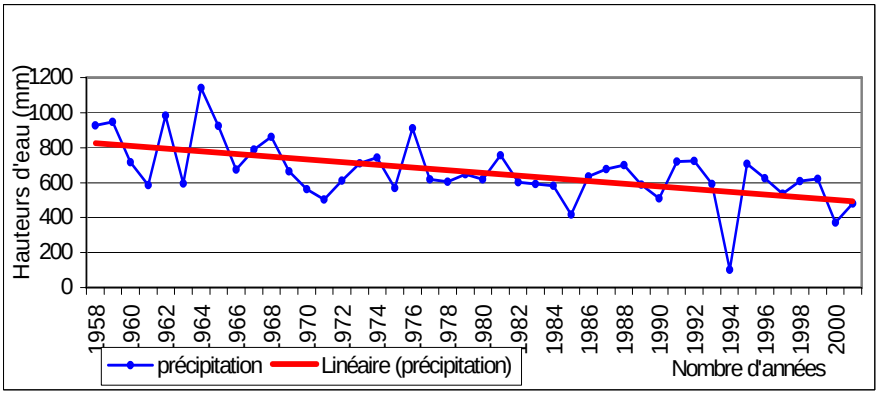


FIGURE 4 : Évolution de la pluviométrie de 1958 à 2001 à Boulsa. *Rainfall evolution at Boulsa from 1958 to 2001*

2.3. Géologie et géomorphologie

Selon Hottin et Ouédraogo (1975, 1992), la couverture géologique de la région du Centre Nord est composée de deux formations géologiques principales : le birrimien et l'antébirrimien. À ces deux formations correspondent deux types principaux de paysage :

- les formations birrimiennes sont constituées de roches volcano-sédimentaires (tufs, laves, sédiments associés, métavolcanites neutres à basiques). Ces ensembles s'étendent sur une centaine de kilomètres selon la direction nord - est – sud - ouest. Les secteurs de Loaga et Niénéga (région de Kongoussi) se situent sur roches volcano-sédimentaires. De même, le secteur de Soubeira appartient à ce même faciès avec une prédominance de métasédiments argileux ou argilogréseux.
- les formations granitiques, antébirrimiennes (zone de Barsalogo, Dablo, Pissila), ou bien synectoniques ou tarditectoniques du birrimien (Boulsa et Pissila) correspondent à des paysages plus ou moins ondulés pouvant s'étendre sur plus de vingt kilomètres où dominent les migmatites et granites indifférenciés et les amphibolo-pyroxénites et métagabbros noritiques.

Le relief se présente sous la forme de collines aux versants à pentes fortes, à cuirasses affleurantes.

La partie nord de la région est caractérisée par une vaste pénéplaine comportant par endroits des roches granitiques affleurantes, des collines et inselbergs, laissant apparaître des cuirasses ferrugineuses et des glacis. Ces glacis sont des surfaces à pentes faibles de 1 à 3 %.

Au sud dans la région de Kongoussi et Kaya, on note la présence de collines birrimiennes dont le matériau est essentiellement composé de schistes, roches vertes, granites et des formations superficielles. La zone de raccordement entre les bas-fonds et les glacis, convexe, est fortement dégradée.

2.4. Sols

On distingue deux types d'altération à la base de la pédogenèse en zone tropicale sèche (Zeegers et Leprun, 1979) :

- l'altération ancienne dite latéritique développée sous un climat peu contrasté et plus humide qu'aujourd'hui ;
- l'altération récente qui se poursuit actuellement et qui a pour conséquence la formation de nouveaux sols à partir des matériaux de démantèlement et des horizons argileux d'altération sous jacents qui arrivent alors en surface. Suivant la nature de l'horizon atteint par l'érosion et l'origine de la roche mère, on a des sols peu évolués gravillonnaires, des sols ferrugineux à taches et concrétions, des sols halomorphes à structure caractéristique (solonetz), des vertisols (sur roches à tendance basique), des sols bruns eutrophes (sur roches basiques et ultra basiques) et des sols bruns subarides en zone sahélienne.

2.5. Population

Le Centre Nord comptait 933 727 habitants au recensement de 1996 contre 729 189 habitants en 1985 et 695 923 en 1975 (INSD, 1985 ; 1996). La densité moyenne de population est de 37 habitants au km^2 contre une moyenne nationale de 29 habitants au km^2.

Le taux d'accroissement annuel est estimé à 1,72 % contre 2,7 % pour la moyenne nationale. Seulement 4 % de cette population est alphabétisée et 14,3 % scolarisée. La population en majorité rurale vit de l'agriculture. D'importants mouvements migratoires sont observés vers le sud et la Côte d'Ivoire (environ 100 000 personnes de 20 à 45 ans de 1975 à 1985). Ils constituent un important facteur économique pour la région dans la mesure où ils rapportent près de 2,4 milliards de francs CFA par an aux familles des immigrés.

La tendance actuelle de l'évolution de la population permet de dire qu'en l'an 2005, la population aura doublé par rapport à ce qu'elle était en 1985, c'est-à-dire en 20 ans. Il devient alors aisé d'imaginer les conséquences d'une telle explosion démographique sur les ressources naturelles si des mesures particulières ne sont pas prises.

3. MATÉRIEL ET MÉTHODE

La démarche a consisté à cartographier la région étudiée. Le but était de montrer, d'une part, la dynamique de l'occupation des terres par une analyse diachronique de photos aériennes et, d'autre part, de montrer dans quels contextes géomorphologiques les sols nus se développent préférentiellement.

3.1. Matériel

3.1.1. Les photographies aériennes

Les photographies aériennes fournies par l'Institut Géographique du Burkina (IGB), à l'exception de celles de Namissiguima de 1955 commandées à l'IGN France, ont été utilisées pour l'interprétation. Le tableau 1 renseigne sur les sites étudiés et les photos utilisées.

TABLEAU 1 : Données iconographiques. *Iconographic data*

Site d'étude	Année de prise de vue	Numéro de la mission	Numéro des PVA	Nombre de PVA	Échelle
KONGOUSSI (Niénéga et Loaga)	1955	AOF ND-30-XI	339 à 345 376 à 382 401 à 407	17	1/50000
	1995	KAYA 95141 B	6643 à 6647 6649 à 6654 6704 à 6709	21	1/50000
NAMISSIGUIMA	1955	AOF ND-30-XI	221 à 226 240 à 245 285 à 290	18	1/50000
	1995	KAYA 95141 B	6923 à 6927 6961 à 6965 7003 à 7007	15	1/50000
DABLO	1995	KAYA 95141 B	7200 à 7206 7237 à 7243 7280 à 7286	21	1/50000
SOUBEIRA	1996	BOULSA 96158 B	7767 à 7772 7791 à 7796 7818 à 7824	19	1/50000

PVA = Prise de vue aérienne

3.1.2. Matériel d'interprétation et de cartographie

Ont été utilisés en outre un stéréoscope pour l'interprétation, un planimètre pour les mesures de superficies et un GPS Scoutmaster pour les relevés de coordonnées sur le terrain.

3.2. Méthode d'étude

3.2.1. Interprétation, cartographie des sols et analyse diachronique

L'analyse diachronique (Léo et Dizier, 1986) a concerné uniquement les terroirs de Kongoussi et de Namissiguima. Après la collecte des informations relatives à la zone et des photographies aériennes, les étapes suivantes ont consisté en :

- une interprétation sommaire des photographies aériennes en vue de faciliter la photo identification sur le terrain.
- une sortie de reconnaissance dans le but de reconnaître les lieux et de déterminer les clés d'interprétation.
- la photo interprétation proprement dite

Les principales unités géomorphologiques délimitées l'ont été sur la base des caractéristiques et surtout de l'homogénéité des éléments suivants : nature du relief, nature et intensité des phénomènes morphodynamiques (érosion, ruissellement). Quant à l'occupation des terres, les unités homogènes ont été délimitées sur la base de la densité du couvert végétal, de la forme même des unités, mais aussi du type de relief. Les buttes et les collines ne se voient pas toujours très bien à l'interprétation en 1955 parce que davantage couvertes de végétation à cette époque.

Après l'élaboration des cartes provisoires, des sorties de validation ont été effectuées sur le terrain, permettant de vérifier et de corriger les limites des unités délimitées en laboratoire. Les coordonnées UTM sont relevées à l'aide du GPS Scoutmaster suivant des transects pré-établis en laboratoire. Les repères sont les croisements de voies, les pointements de butte, parfois les arbres, et les digues des barrages quand ils étaient identifiables. Le nombre de coordonnées relevées varie de 7 à 12 selon les sites.

Les cartes provisoires ont toutes été corrigées et numérisées dans ARC INFO 3,5 à partir de la table à numériser, puis documentées dans ARCVIEW 3,1.

4. RÉSULTATS

4.1. Localisation des sols nus par rapport à la situation géomorphologique

À Kongoussi, les sols nus couvrent une superficie totale de 2 006,30 ha, soit 2,3 % de la superficie cartographiée (tableau 2). Par ordre d'importance, on retrouve 70,5 % des sols nus sur les parties supérieures des glacis, 14,1 % sur les versants érodés et 9,3 % sur les parties médianes des glacis. Sur les hauts de pente des glacis, leur superficie

est de 69,71 ha, soit 3,5 % de la superficie totale des sols nus. On les rencontre très peu dans les plaines et au niveau des affleurements rocheux. Leurs superficies y sont respectivement de 0,8 % et 1,8 % de la surface totale.

TABLEAU 2 : Unités géomorphologiques et répartition des sols nus. *Geomorphological units and bare soils distribution*

Localité	Unité géomorphologique	Superficie (ha)	Superficie (%)	Superficie des sols nus		
				En (ha)	En (%)	En % de l'unité géomorphologique
Kongoussi	Butte cuirassée	6 145,4	7,2	-	-	-
	Butte rocheuse	19 748,1	23,0	-	-	-
	Plateau cuirassé	2 439,2	2,8	-	-	-
	Versant	4 068,1	4,7	283,2	14,1	7,0
	Affleurement rocheux	3 023,5	3,5	35,2	1,8	1,2
	Partie supérieure du glacis	18 526,4	21,6	1 415,0	70,5	7,6
	Partie médiane du glacis	12 962,1	15,1	186,4	9,3	1,4
	Partie inférieure du glacis	7 950,2	9,3	69,7	3,5	0,9
	Plaine	6 207,4	7,2	16,9	0,8	0,3
	Bas-fond	3 581,9	4,2	-	-	-
	Lac Bam	1 107,4	1,3	-	-	-
	Total	**85 759,6**	**100,0**	**2 006,3**	**100,0**	
Dablo	Butte cuirassée	954,1	1,4	-	-	-
	Plateau non cuirassé	788,7	1,2	-	-	-
	Versant	537,5	0,8	24,8	0,9	4,6
	Partie supérieure du glacis	7 227,7	10,5	273,8	9,5	3,8
	Partie médiane du glacis	20 700,5	30,2	971,4	33,9	4,7
	Partie inférieure du glacis	29 166,1	42,5	1 600,0	55,8	5,5
	Plaine	4 134,9	6,0	-	-	-
	Bas-fond	4 766,5	6,9	-	-	-
	Nappe d'eau temporaire	337,8	0,5	-	-	-
	Barrage	32,6	0,1	-	-	-
	Total	**68 646,4**	**100,0**	**2 870,0**	**100,0**	
Namissiguima	Butte cuirassée	1 684,6	2,6	-	-	-
	Butte non cuirassée	292,4	0,4	-	-	-
	Plateau cuirassé	493,5	0,8	-	-	-
	Plateau non cuirassé	1 564,2	2,4	29,8	2,9	1,9
	Versant	1 206,9	1,8	-	-	-
	Partie supérieure du Glacis	4 505,5	6,9	23,5	2,3	0,5
	Partie médiane du Glacis	20 055,7	30,5	400,6	39,0	2,0

	Partie inférieure du Glacis	24 790,1	37,7	451,4	43,9	1,8
	Plaine	7 533,7	11,5	123,4	12,0	1,6
	Bas-fond	3 599,3	5,5	-	-	-
	Total	**65 725,8**	**100,0**	**1 028,8**	**100,0**	
Soubeira	Butte cuirassée	1 982,7	3,7	-	-	-
	Butte rocheuse	4 303,3	8,1	-	-	-
	Plateau non cuirassé	1 060,1	2,0	-	-	-
	Versant	503,3	1,0	-	-	-
	Partie supérieure du glacis	9 712,5	18,3	31,1	3,9	0,3
	Partie médiane du glacis	16 669,7	31,4	189,1	23,6	1,1
	Partie inférieure du glacis	15 160,1	28,6	563,1	70,2	3,7
	Interfluve	1 129,3	2,1	8,9	1,1	0,8
	Plaine	812,1	1,5	10,4	1,3	1,3
	Bas-fond	1 562,2	2,9	-	-	-
	Barrage	131,7	0,3	-	-	-
	Total	**53 026,5**	**100,0**	**802,6**	**100,0**	

À Dablo, ils couvrent une superficie de 2 870,01 ha, ce qui représente 4,2 % de la superficie cartographiée (tableau 2). C'est le chiffre le plus important de toutes les zones étudiées. Le tableau statistique obtenu à partir de la table d'attributs des sols nus montre que les parties inférieures des glacis sont les unités les plus dénudées. On y observe plus de la moitié des surfaces dénudées, soit 55,8 %. Les parties médianes des glacis viennent en seconde position avec 23,9 % des surfaces dénudées. Au niveau des parties supérieures des glacis, on ne note que 9,5 %. Ce résultat est presque le même au niveau de l'interfluve avec 9,9 %. Le versant ne porte que 0,9 % de surface nue.

À Namissiguima, les sols nus occupent une superficie totale de 1 028,78 ha, soit 1,6 % de l'aire cartographiée (tableau 2). On les retrouve sur les glacis, les plateaux et dans les plaines. Leur nombre important est remarquable près des cours d'eau. Les superficies les plus importantes se retrouvent au niveau des parties inférieures des glacis et des parties médianes des glacis ; ils ne représentent que 2,3 % sur les parties supérieures des glacis. Cette proportion est presque identique à celle des plateaux (2,9 %). Contrairement aux autres sites, on note une superficie importante de sols nus dans les plaines, soit 123,43 ha, ce qui représente 12 % des surfaces nues. Ces unités sont régulièrement exploitées du fait de l'humidité qui y est plus favorable que sur les pentes.

À Soubeira, ils couvrent une superficie de 802,60 ha, soit 1,5 % de l'aire totale cartographiée. Contrairement aux résultats observés à Kongoussi, on note ici plus de sols nus sur les parties inférieures des glacis : plus exactement, 70,2 % des surfaces dénudées. Les parties médianes des glacis viennent en seconde position avec 23,6 % des sols nus, puis les parties supérieures des glacis avec 3,9 % Au niveau des plaines et de l'interfluve, on note respectivement 1,3 % et 1,1 % de surface dénudée (tableau 2)

4.2. Analyse diachronique de l'occupation des terres à Namissiguima de 1955 à 1996

À l'issue de la photo-interprétation, six unités d'occupation des terres ont été retenues à Namissiguima. Il s'agit de : champs et jachères, formations ripicoles, savanes arborées, savanes arbustives, sols nus et buttes. La distinction entre champ et jachère était peu nette en raison de la courte durée des jachères dans cette région. La superficie totale cartographiée est de 48 783,33 hectares en 1955 et 49 981,81 hectares en 1995. Les résultats sont illustrés par le tableau 3.

TABLEAU 3 : Évolution (en %) des unités d'occupation des terres entre 1955 et 1995 à Namissiguima sur une superficie de 48 783 ha. *Land use unit evolution (%) at Namissiguima between 1955 and 1995 covering a surface area of 48 783 ha*

Unités	Année 1955	Année 1995	Variation (%)
Champs et jachères	28,18	68,71	40,53
Savane arbustive peu dégradée	5,66	3,33	-2,23
Savane arbustive dégradée	60,85	22,17	-38,68
Formations ripicoles	3,29	1	-2,29
Buttes et collines	1,86	2,95	1,09
Sols nus	0,16	1,84	1,68
Total	100	100	

4.2.1. Les champs et jachères

Ce sont des formations purement anthropiques résultant de l'exploitation des terres. En 1995, soit quarante ans après, ces unités couvrent une superficie de 34 346,00 ha, soit 68,7 % de la surface totale. Elle a plus que doublé : elle est 2,4 fois plus importante que dans le passé. Si l'on considère la variation de 40,6 % pendant les quarante années et que cette variation se fait de manière constante, cela équivaudrait à dire que les champs et jachères augmentent chaque année de 1 %.

4.2.2. Les formations ripicoles

On les rencontre évidemment le long des cours d'eau, mais aussi dans les secteurs marécageux. Elles se présentent généralement en bande de végétation assez dense avec une superficie de 1 604,62 ha en 1955, soit 3,3 % de la superficie totale. Elles passent à 495,33 ha en 1995, soit 1 % de la superficie totale. 1 109,29 ha de formation ripicole ont donc disparu en quarante ans, soit une régression de 2,3 %

4.2.3. La savane arbustive peu dégradée

Il s'agit en réalité d'une savane arbustive très peu dégradée. Cette unité qui couvrait en 1955 une superficie de 2 769,92 ha, soit 5,7 % de la surface totale, a été réduite de près de la moitié en 1995, date à laquelle elle ne représente plus que 3,3 % de la superficie totale cartographiée.

4.2.4. La savane arbustive dégradée

C'est l'unité la plus importante en 1955 avec 29 686,81 ha, soit 60,9 % de la zone cartographiée. En 1995, elle ne vaut plus que 11 080,63 ha, ce qui représente 22,2 % de la superficie totale. La régression est de l'ordre de 38,7 %.

4.2.5. Les sols nus

Ce sont les surfaces dépourvues de végétation, le plus souvent d'organisations pelliculaires superficielles à forte cohésion. En 1995, leur superficie est estimée à 919,80 ha, soit 1,8 % de la superficie totale contre seulement 75,53 ha en 1955, soit 0,2 % de la superficie totale. La plupart des sols nus qui existaient en 1955 se sont étendus en 1995, comme le montre le tableau 3.

4.2.6. Les buttes cuirassées

A Namissiguima, ces buttes cuirassées, de faible altitude, sont peu nombreuses et présentent un sommet généralement plat. Ces unités occupaient une superficie de 905,36 ha en 1955, soit 1,9 % de la superficie totale et 1 473,92 ha en 1995, soit 3 % de la superficie totale. Ces unités logiquement ne devraient pas varier en superficie mais, il est à noter que la végétation en 1955 masquait certaines buttes qui ne sont pas perceptibles sur les photographies aériennes. En effet, l'observation sur le terrain révèle que ces buttes sont aujourd'hui déboisées.

La réduction très importante des savanes (savane arborée et claire) et des formations ripicoles de l'ordre de 43,3 % s'explique en partie par la mise en culture des terres qui a progressé de 40,5 %. Ces résultats font de l'homme le principal agent de dégradation du milieu.

4.3. Analyse diachronique de l'évolution des terres à Kongoussi

4.3.1. Période entre 1955 et 1995

L'analyse a porté sur une superficie de 65 980 ha. Entre 1955 et 1995, sur les sites étudiés, la distinction entre champ et jachère n'a pu être effectuée sur les photographies aériennes aux deux dates pour une question d'échelle et de qualité des photos. Cependant, sept unités d'occupation des terres ont été recensées en 1955 (tableau 4). Ce sont : champs et jachères, savanes arborées, savanes arbustives, formations ripicoles, sols nus, buttes et collines, lac.

Les champs et les jachères occupaient 55 % de la zone cartographiée en 1955. En 1995, elles représentent 61,35 %, soit un accroissement de 6,3 %.

TABLEAU 4 : Évolution (en %) de l'occupation des unités cartographiques de 1955-1995 à Kongoussi sur une superficie de 65 980 ha. *Cartographic unit evolution (%) at Kongoussi between 1955-1995 covering a surface area of 65 980 ha*

Unités	Superficie (1955)	Superficie (1995)	Variation
Champs et jachères	55,04	61,37	6,33
Savane arbustive peu dégradée	0,98	0,02	-0,98
Savane arbustive dégradée	9,58	0,71	-8,87
Formations ripicoles	7,86	11,02	-3,16
Buttes et collines	25,5	19,35	-6,15
Lac Bam	0,79	1,93	1,14
Aménagements hydro-agricoles	0	0,45	0,45
Sols nus	0,25	5,15	4,9
Total	100	100	

Les formations ripicoles ont vu leur superficie passer, entre 1955 et 1995, de 7,9 % à 11 %, soit une progression de 3,2 %

La savane arborée, qui couvrait une superficie de 645,12 ha en 1955, soit 1 % de l'aire cartographiée, a complètement disparu en 1995.

La savane arbustive qui représentait 9,9 % de la surface totale en 1955 n'équivaut plus qu'à 0,7 % de la superficie totale en 1995. La réduction est de 8,9 %.

Les sols nus avaient une superficie de 162,87 ha en 1955 (0,3 %) contre 1 759,25 ha en 1995 (5,2 %). Entre ces deux dates, leur accroissement est de 4,9 %, soit 19,6 fois la superficie qu'ils occupaient en 1955.

Les aménagements hydro-agricoles inexistants en 1955, occupent 156,25 ha en 1995, soit 0,45 % de la surface totale. On les retrouve uniquement autour du lac Bam.

- Le lac Bam a vu sa surface de plan d'eau passer de 524,41 ha en 1955 à 659,25 ha en 1995.

Les buttes et collines occupent 25,5 % de la surface totale cartographiée en 1955 contre 19,4 % en 1995. En principe cette unité ne devrait pas varier d'autant. L'erreur proviendrait de la méthode d'interprétation et de la qualité des PVA. Comme indiqué précédemment, l'apparition de ces formes témoigne du défrichement (coupe des arbustes notamment des Combretacées sur les collines birrimiennes et les parties supérieures des glacis).

4.3.2. Période entre 1982 et 1996

Les résultats sont illustrés dans le tableau 5.

- Les zones de cultures : confondues avec les jachères, elles occupent une large portion de la superficie totale : 19 883,34 ha en 1982 c'est à dire 59,1 % du total et 20 950,2 ha en 1995 soit 61,4 % de la superficie totale.
- La savane arbustive était de 399,4 ha en 1982, soit 1,2 % du total de superficie et de 243 ha, soit 0,7 % de la superficie totale, en 1995 ; cette régression de la savane au détriment des champs et des jachères est une conséquence de l'action de l'homme dans le processus de la dégradation et de la régression du couvert ligneux ou herbacé.
- Les sols nus se retrouvent au voisinage des buttes et des collines ou sont disséminés dans les champs. Ils étaient beaucoup plus localisés au nord en 1982 et occupaient une superficie de 1 621,41 ha, soit 4,5 % de la superficie totale alors qu'en 1995, ces zones nues s'étendent davantage et occupent 1 759,25 ha, soit 5,1 % de la superficie totale.

Les formations ripicoles se situent le long des cours d'eau secondaires ou le long des axes de drainage du lac Bam. En 1982, leur superficie était de 4 369,28 ha soit 12,8 % et 3 762,25 ha, soit 11,2 % en 1995. Le tableau 5 nous donne l'état de la situation.

TABLEAU 5 : Évolution (en %) des unités cartographiques à Kongoussi entre 1982 et 1996 sur une superficie de 34 185 ha. *Cartographic unit evolution (%) at Kongoussi between 1982 and 1996 covering a surface area of 34 185 ha*

Unités	Superficie (1982)	Superficie (1996)	Variation
Aménagements hydro-agricoles	0,6	0,45	-0,19
Lac Bam	2,09	1,93	-0,16
Formations ripicoles	12,91	11,02	-1,82
Savane arbustive	1,16	0,73	-0,45
Champs. et jachères.	59,13	61,37	2,18
Buttes et collines	19,36	19,35	0,01
Sols nus	4,75	5,15	0,4
Total	100	100	

5. DISCUSSION

C'est sur les glacis que l'on retrouve les superficies les plus importantes de sols dénudés notamment sur les parties supérieures à Kongoussi et sur les parties inférieures à Namissiguima, Dablo et Soubeira.

En ce qui concerne l'analyse de la répartition des sols nus sur les unités géomorphologiques, les résultats obtenus sont en accord avec ceux de Mulders et al. (2001) dans les provinces du Bam et du Sanmatenga. Ces auteurs mettent en évidence que les sols dégradés sans couverture végétale sont importants en haut et mi-pente des glacis des milieux birrimiens (Kongoussi) et essentiellement sur les glacis de bas de pente en zone granitique (partie sud de Kaya).

Quatre facteurs principaux expliquent cette situation à travers l'érosion hydrique (Combeau, 1977). Il s'agit des caractéristiques pédologiques du sol, de la topographie, du couvert végétal et des techniques culturales.

L'impact de la topographie locale sur la dégradation est évident. À cet effet, Ambouta (1994) montre que pour les gradients de pente, l'effet exercé est ambivalent : très fort pour la pente de 1 %, il diminue jusqu'à un minimum obtenu à 15 % avant de remonter pour les gradients plus élevés.

La pente intervient dans la dégradation des terres par son importance (déclivité), sa longueur et sa forme ; les pertes en terre augmentent de façon exponentielle avec la valeur de la pente (Cissé et Touré, 1991). Toutes choses étant égales par ailleurs, on peut penser que l'augmentation du degré de pente se traduit par un ruissellement accru (Combeau, 1977).

La répartition des superficies totales cultivées par type de terrain dans le Centre Nord fait ressortir en premier lieu les glacis-champs de brousse suivis des glacis-champ de case ou de village puis des bas-fonds et enfin des versants des collines birrimiennes (BUNASOLS, 1990). La dégradation des sols semble surtout être favorisée par la mise en culture des terres qui laisse saisonnièrement le sol nu. Ceci démontre l'importance du couvert végétal dans le processus de régénération des sols et de leur protection. Il s'en suit un accroissement de l'intensité de l'érosion ; les sols sont emportés bien plus vite qu'ils n'ont le temps de se reconstituer par leur base. L'érosion selon Tricart (1962) bien souvent ne se limite pas au sol, mais attaque vigoureusement les formations meubles qui les supportent. Une fois le sol décapé, la végétation recolonise difficilement les roches nues.

L'analyse diachronique de l'occupation des terres entre 1955 et 1995 montre à Namissiguima un accroissement très important des zones de culture. En quarante années, leur superficie a plus que doublé. Plus exactement, elle a été multipliée par 2,5. Si l'on considère la variation de 40,58 % pendant cette période et que l'extension des zones de culture se fait de manière constante au fil des ans, cela équivaudrait à dire que les zones de culture augmentent chaque année de 1,03 %. À Kongoussi, la superficie de cette unité a augmenté, mais pas de façon très sensible comme à Namissiguima. L'accroissement est de 6,33 %. Ce résultat, d'une part, pourrait s'expliquer par le fait que les buttes et collines, très nombreuses à Kongoussi, occupent des superficies importantes, limitant ainsi l'extension des zones de culture. Une étude menée dans une zone plus méridionale du Burkina par imagerie satellitaires à haute résolution (SPOT) a montré que les plaques de sols nus sont les plus fréquentes à proximité des bas-fonds (Puech *et al.*, 2000).

La régression des savanes et des formations ripicoles entre 1955 et 1995 est considérable à Namissiguima (43,30 %) en liaison avec la forte emprise agricole. Elle est moins importante à Kongoussi (16,28 %), où les champs et jachères représentaient déjà en 1955 plus de 55 % de la superficie étudiée.

La progression des sols nus plus importante à Kongoussi qu'à Namissiguima (4,90 % contre 1,68 %) constitue un indicateur de la dégradation des sols. Leur superficie initiale en 1955 a été multipliée par 11,5 à Namissiguima et 19,6 à Kongoussi.

Les différences de superficie constatées au niveau des buttes et collines aux deux dates s'expliqueraient, dans le cas de Namissiguima, par le fait que la végétation plus dense en 1955 masquait certaines buttes qui ne sont pas perceptibles sur les photographies aériennes.

La variation de superficie au niveau du lac Bam résulte du changement des facteurs climatiques et des aménagements anthropiques (agriculture, déboisement, pâturages, etc.) ayant pour corollaire le rétrécissement de la superficie du lac.

L'analyse diachronique de l'occupation de l'espace entre 1980-82 et 1995-96 à Kongoussi indique une nette évolution. Au cours de cette période, l'habitat, qui était concentré à proximité des routes principales et aux abords des cours d'eau, s'est étendu suite à la création de zones de culture, dans toutes les régions étudiées. De même, l'espace agricole s'est énormément accru.

Cette évolution est essentiellement due à la forte augmentation de la population, aux nombreux besoins en terres fertiles, au défrichement, à la surexploitation des ressources, à la diminution de la durée des jachères, à la déforestation, etc.

L'évolution du couvert végétal pendant cette période révèle les situations suivantes :
- une diminution du couvert ligneux dans toutes les zones étudiées ; en dehors des espèces protégées, on n'observe pas un fort taux de recouvrement ligneux. Il subsiste seulement quelques arbres épars dans les champs ; les espèces souvent rencontrées sont surtout celles qui sont à usage alimentaire et aussi les arbres fruitiers (*Butyrospermum paradoxa, Lanea microcarpa…*) ;
- une réduction de la savane arborée au profit de la savane arbustive et les reliques de quelques espèces dans les différentes zones ;
- une apparition des zones nues, en plus de celles qui existaient avant 1980-82 et qui se sont étendues ; ce phénomène résulte de la forte dégradation des savanes, suite aux défrichements.

Kaboré (1995) a trouvé des résultats similaires dans le Passoré, où il enregistre une extension des zones dénudées (zipella) de 300 à 600 % dans les terroirs de Pougyango et de Taonsongo sur une période de 37 ans (1952 à 1988).

La jachère devient de plus en plus rare et on assiste à la mise en culture de terres marginales. La pratique de la jachère, très courante dans le système de culture de la région dans les années 1955, ne fait presque plus partie de l'assolement dans la région. Il en résulte une surexploitation des terres cultivables avec toutes les conséquences qu'elle entraîne.

Dans les conditions d'une agriculture intensive, la jachère peut être remplacée par des apports de fertilisants organiques et minéraux (Brethedaut, 1992). Cependant l'agriculture est de type extensif dans le plateau central et principalement dans le Bam, caractérisée par d'insuffisants apports d'engrais et de matières organiques (Fornage, 1990). C'est donc dire qu'aucune alternative suffisamment efficace n'a encore été envisagée pour remplacer la jachère qui n'est plus pratiquée.

Toutes ces observations faites au cours de cette étude diachronique révèlent que le rythme de dégradation de l'environnement dans la région est tel que les méthodes actuelles de lutte ne permettent pas de le contenir, leur efficacité étant bien lente à s'imposer. Les hommes et les animaux exercent une grande pression sur le sol, la végétation, les ressources hydrauliques de telle sorte qu'ils n'ont pas le temps de se reconstituer.

L'état actuel des caractéristiques superficielles des sols de la région, et particulièrement celles des jachères dégradées, n'est pas des plus favorables à la reconstitution du couvert végétal de la région.

La disproportionalité qui existe actuellement entre les ressources naturelles et les besoins diversifiés des populations n'offre aucune alternative pour la régénération efficace du couvert végétal et partant, des propriétés physiques, chimiques et biologiques des sols. En effet, les caractéristiques morpho-bio-pédologiques des sols nus ne sont pas favorables à la reconstitution de la végétation.

6. CONCLUSION

L'étude cartographique (analyse diachronique de 40 ans) a révélé une modification profonde de l'espace naturel avec un accroissement des zones de culture, avec même une mise en culture des terres dites marginales et une extension des sols nus. La pratique de la jachère est rare et, quand elle existe, elle ne dépasse guère deux années. On note également une réduction de la savane arborée au profit de la savane arbustive plus ou moins dégradée. Les formations ripicoles qui étaient plus ou moins étendues sont devenues très étroites.

L'analyse de la géomorphologie et de l'occupation indique que les sols nus sont localisés préférentiellement sur les parties supérieures des glacis et sur les versants, en milieu birrimien schisteux, sur les reliefs élevés. Par contre, dans les milieux granitiques, à relief moins élevé, les sols dénudés sont majoritairement sur les parties inférieures des glacis et à pente moyenne. Dans les deux cas, les zipella occupent la périphérie des zones de culture, ce qui pourrait être la preuve que l'homme est au centre de cet état de dégradation ultime du sol.

Les observations montrent que les zipella sont développés sur des substrats géologiques variés : migmatites et granites indifférenciés, métavolcanites neutres à basiques, amphibolopyroxénites et métasédiments argileux. Sur le plan topographique local, ils apparaissent principalement en situation de moyen glacis cuirassé, avec une topographie quasi plane, pouvant être faiblement ondulée au niveau des collines birrimiennes.

Références

Ambouta, J.M.K. (1994) Étude des facteurs de formation d'une croûte d'érosion et de ses relations aux propriétés internes d'un sol sableux fin au Sahel. Thèse de Ph.D., Département des sols, Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Sainte-Foy, Québec, 97 p.

Brethedeaut, A. (1992) Cours d'agronomie générale destiné aux étudiants en agronomie de l'IPR de Katibougou, Mali, 76 p.

BUNASOLS (1990) Plan régional du secteur agro-pastoral de l'ex ORD du centre-nord. Tome 1, 2, 3, Ministère de l'Agriculture et de l'Élevage.

Casenave, A. et Valentin, C. (1989) Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. ORSTOM, Paris, France, 229 p.

Cissé, A. et Touré, I.A. (1991) La conservation du milieu et des ressources naturelles au Sahel. CILSS, Bamako, Mali, 140 p.

Combeau, A. (1977) Érosion et conservation des sols (plus particulièrement en zone tropicale). Plan de cours commenté et illustré d'exemples à l'usage des élèves de l'ORSTOM et des étudiants

du cours Post-Universitaire pour l'aménagement du milieu naturel, 85 p.

Fontès, J. et Guinko, S. (1995) Carte de la végétation et de l'occupation du sol du Burkina Faso. Notice explicative, projet Campus, 66 p.

Fornage, N. (1990) Rapport de recherche/développement. Campagne 1990/91. CRPA du Nord.

Guinko, S. (1984) Végétation de la Haute-Volta. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux II, tomes 1 et 2, 394 p + annexes.

Hottin, G. et Ouédraogo, F. (1975) Carte géologique du Burkina Faso et notice explicative. Échelle 1 :1 000 000, 2ème édition. Bureau des Mines et de Géologie du Burkina-Faso.

Hottin, G. et Ouédraogo, F. (1992) Carte géologique du Burkina Faso. Échelle 1 : 1 000 000, 2ème édition. Direction de la Géologie et des Mines.

INSD (1985) Recensement général de la population : Burkina Faso. Données brutes. Vol. II. Ensemble du pays. Ministère du Plan et de la Coopération. 662 p.

INSD (1996) Recensement général de la population et de l'habitat du Burkina Faso du 10 au 20 décembre 1996. Ministère de l'Économie et des Finances, Édition de mars 1997.

Kaboré, V.S. (1995) Amélioration de la production végétale des sols dégradés (zipellés) du Burkina Faso par la technique des poquets (zaï). Thèse de docteur ès sciences, EPFL, Lausanne, Suisse, 196 p.

Kambou, N. et Zougmoré, R. (1996). Évolution des états de surface d'un « zipellé » soumis à différentes techniques de restauration des sols (Yilou, Burkina Faso). Réseau Érosion, bulletin n°16, pp 19-32.

Léo, O. et Dizier, J.L. (1986) Télédétection : techniques et applications cartographiques. Éd. Forhom-BDPA, Paris, 275 p.

Mietton, M. (1988) Dynamique de l'interface litosphère-atmosphère au Burkina Faso. L'érosion en zone de savane. EDITEC 14, Caen, France, 511 p.

Mulders, M., Leenaars, J. et Belemvire, A. (2001) Soil ressources in Sahelian villages. In Leo Stroosnijder and Teunis Van Rheenen (ed) – Agrosylvopastoral land use in Sahelian villages. Advances in Agro-ecology, 33, p. 101-130.

Puech, C., Bechler, M. et Mietton, M. (2000) Apport de la télédétection à l'étude des plaques de sols nus en zone soudanienne (Burkina Faso). International Journal of Remote Sensing, Vol. 21, p. 221-135.

Tricart, J. (1962) L'épiderme de la terre ; esquisse d'une géomorphologie appliquée. Coll. Évolution des Sciences, Maran, Paris, France, 167 p.

William, J. R., Keith, R., Richard, S. B. and Hook, A. (1993) Soil characteristics and process critical to the sustainable use of grasslands in arid and seasonally dry environments. In M.J., Baker, Etd. Grasslands for our world, Camberra, p. 488-503.

Zeegers, H. et Leprun, J.C. (1979) Évolution des concepts en altérologie tropicale et conséquences potentielles pour la prospection géochimique en Afrique Occidentale soudano-sahélienne. Bulletin du B.R.G.M (2), II, 2-3-1979, p. 229-239.

Zombré, P. N. et Sow, A. N. (1989) Étude de l'occupation des sols du Passoré. MAE/Projet pilote de développement agricole PPDK.