

PROTECTION DES SOLS DANS LE SYSTÈME AGRICOLE DU GROUPE SOCIO-CULTUREL MAHI DE LA PÉNÉPLAINE CRISTALLINE AU BÉNIN

*M. MAKPONSE**

**Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale (LABEE)/Département de Géographie et Aménagement du Territoire (DGAT)/Faculté des Sciences Humaines et Sociales (FASHS)/Université d'Abomey-Calavi (UAC)/Bénin 01BP 56 Cotonou Section 2 : Socio-économie de la gestion des terres ; Email : makpons18@yahoo.fr*

RÉSUMÉ

L'économie du groupe socio-culturel Mahi de la pénéplaine cristalline du Bénin est basée sur l'agriculture considérée comme le moteur d'un développement socio-économique local durable. Cependant, les ressources pédologiques, un des déterminants sur lesquels le système agricole est axé subissent dans l'espace et dans le temps une dégradation accélérée qui impacte négativement la production. Il importe alors d'identifier dans les valeurs traditionnelles et modernes des techniques capables de conserver, de protéger les sols et d'améliorer leur fertilité en vue d'une production agricole intensive respectueuse de l'environnement dans la perspective que les bénéfices agricoles puissent compenser les dommages causés à l'environnement. Un état des lieux par rapport à la nature, la profondeur et la composition chimique des différents types de sols du secteur d'étude fut réalisé à travers des fosses pédologiques, des prélèvements d'échantillons de mottes de terre et de leur analyse au laboratoire. Des entretiens, entrevues et interviews de 200 agriculteurs et de 50 agents des services techniques agricoles ont permis de recueillir des pratiques endogènes et exogènes susceptibles d'être adaptées au secteur d'étude. En outre des observations directes et indirectes ont été réalisées. Il ressort de cette méthodologie que les pluies violentes, abondantes, les roches cristalloyphylles dures imperméables à l'eau, les pentes moyennes 5 à 10 % et les pentes fortes supérieures à 10 %, la déforestation favorisent l'érosion des sols d'où le lessivage et la perte des colloïdes des sommets de relief plans, rectilignes et convexes au profit de ceux concaves et des vallées. Se rapportant aux compositions chimiques des sols suivant les études antérieures et actuelles, la pollution et les déficits des sols en substances nutritives des plantes sont de plus en plus remarquables. Le reboisement des parties menacées, l'usage de compost au détriment des engrais chimiques, l'association des cultures, l'assolement, la rotation,...sont les espoirs d'une agriculture durable.

Mots clés : Pédogenèse – Morphogenèse – Epuisement des sols - Système agraire - Agriculture biologique

THE PROTECTION OF SOILS IN AGRICULTURAL SYSTEM OF SOCIO-CULTURAL GROUP MAHI OF THE CRYSTALLINE PENEPLAIN IN BENIN

ABSTRACT

The economy of the sociocultural group Mahi located on the crystalline peneplain of Benin is based on the agriculture considered as the engine of a durable local socio-economic development. However, pedological resources, one of the determinants on which the agricultural system is centered undergoes in space and in time an accelerated degradation which impacts the production negatively. It is then important to identify in the traditional and modern values, techniques able to preserve and at least to improve the soil fertility for a respectful intensive agricultural production of the environment so that the agricultural benefit can compensate for the damage caused to the environment. An inventory fixtures compared to nature, the depth and the chemical composition of the various soil types of the study site was carried out through pedological pits, samplings of lumps and their analysis at the laboratory. Talks and interviews of 200 farmers and 50 agents of the agricultural engineering departments made it possible to have endogenous and exogenic practices likely to be adapted to the sector of study. Moreover direct and indirect observations were carried out. It should be emphasized on this methodology that heavy rains, abundant, the impervious crystalline hard rocks, the average slopes 5 and 10 % and the strong slopes higher than 10 %, deforestation favour the soil erosion leading to the scrubbing and the loss of colloids of the tops of plane relief, in a straight line and convex in favour of those concave and the valleys. Referring to the soil chemical compositions according to the former and current studies, pollution and deficits of the land in nutritive substances of the plants are more and more noticed. Reforestation of the threatened areas, the use of compost to the detriment of the

chemical fertilizers, the crop association, and the cropping systems as crop rotation are the hopes of a durable agriculture.

Keywords : Pedogenese - Morphogenese - Exhaustion of the grounds - agrarian System - biological Agriculture

INTRODUCTION

La terre à travers ses différentes couches ou enveloppes constitue des enjeux de développement dont l'un des plus importants est sa fonction nourricière, de support et de cadre des espèces animales et végétales que jouent les sols, couches superficielles d'origine minérale et organique. En effet, 95 % de la nourriture de la population humaine mondiale proviennent directement de la terre (FAO, 2018) et selon le Centre National de Recherches Scientifiques (CNRS, 2018), le sol et sa biodiversité sont des ressources essentielles pour les sociétés humaines et les écosystèmes. Ce trésor naturel non renouvelable est différemment exploité suivant les modes de vie et le niveau de technologie des communautés humaines. L'importance pluridimensionnelle (économique, sociale, politique, spirituelle, ...), du couple sol/ terre fait de lui une ressource d'attraction et de tensions. Ainsi, sa surface est soumise à d'importante pression anthropique qui se traduit par des aménagements et des activités économiques qui détruisent le couvert végétal principal facteur de protection du sol. Chaque année une surface végétale de la taille de l'Islande disparaît portant surtout atteinte aux surfaces cultivables (Arnalds, 2007). Au Bénin, entre 1972 et 1987, environ 0,8 million d'hectares de forêts ont été détruits (FAO, 2001). De plus près de 100 000 hectares de végétation naturelle sont détruits chaque année au Bénin du fait des seuls défrichements (Mama et Houndagba, 1991). La dégradation des sols part de la transformation de toute végétation originelle ; cela peut-être la reconversion d'une forêt en terre agricole ou d'une mangrove en élevage de crevettes ; la dégradation des sols n'est pas un problème isolé : elle affecte de multiples régions et de nombreux habitants du monde ; elle altère la production de nourriture et la qualité de l'eau (Watson, 2007). Les activités humaines constituent alors les principaux facteurs de dégradation des sols, voire des écosystèmes. Dans l'aire de la plaine cristalline au Bénin, l'agriculture est une activité séculaire, pratiquée actuellement par 72,6 % de la population (INSAE, 2013) avec deux types de cultures : les cultures vivrières et les cultures de rente ou industrielles avec l'usage des outils rudimentaires parfois aratoires. De générations en générations de producteurs du secteur d'étude, les plaintes de baisse de rendement et de productivité liée à l'appauvrissement, à l'épuisement et à la pauvreté des sols et à la dégradation des écosystèmes s'agrandissent d'années en années. Dans un processus de recherche de solutions à ces problèmes environnementaux et socio-économiques, il importe d'analyser les facteurs naturels, humains et organisationnels de la dégradation des sols, ensuite les forces et faiblesses du système agricole en matière de protection des sols et enfin faire des recommandations dans le cadre d'une agriculture durable axée sur la protection des sols.

Milieu d'étude

Le secteur d'étude est balayé par un climat de transition qui balance entre le type soudano-guinéen à deux saisons (une saison de pluies allant de mi-mars à mi-octobre et une saison sèche allant de mi-octobre à mi-mars) et le type subéquatorial avec alternance de deux saisons de pluies et deux saisons sèches (Awoyé, 2007 ; Sintondji et al., 2013). Le trait marquant du paysage morphologique est la présence sur la pénéplaine cristalline de reliefs résiduels, les inselbergs (Okioh, 1972). Ce relief a une altitude moyenne entre 200 et 300 m (Adam & Boko, 1983). Le secteur d'étude présente une diversité de roches en rapport avec la variété des sols et de la végétation dont la savane est la formation végétale dominante (Makponsè, 1991). La flore est composée de plusieurs espèces végétales comme *Prosopis africana*, *Pterocarpus erinaceus*, *Azelia africana*, *Isobertia doka*, *Daniellia oliveri*, *Isobertia doka*, *Parkia biglobosa*, *Pterocarpus erinaceus*, *Prosopis africana*, *Vitellaria paradoxa*, *Chloroflora exelsa*, etc. , (Makponsè, 2012). La faune est constituée en majorité des rats, des fourmis, des termites, des vers de terre, des oiseaux et des microorganismes qui contribuent à l'aération des sols par leurs déjections et des trous qu'ils creusent et à leur fertilisation par la remontée en surface des substances nutritives. Le milieu d'étude est drainé par le fleuve Ouémé et son affluent Zou et sous-affluents Agbado et Klou (Adam et Boko, 1983). La dégradation de l'environnement est marquée par celle des ressources naturelles notamment les terres, les forêts et les eaux (FAO, 1985). Elle est caractérisée par la baisse de la fertilité des sols (Agbossou, 2004) dont la cause principale est l'érosion qui est de deux sortes : l'érosion éolienne et l'érosion hydrique qui est la plus dominante. Le secteur d'étude est situé entre 7° 45' et 8 ° 45' latitude nord et entre 1°30' et 2° 50' longitude est (Figure 1).

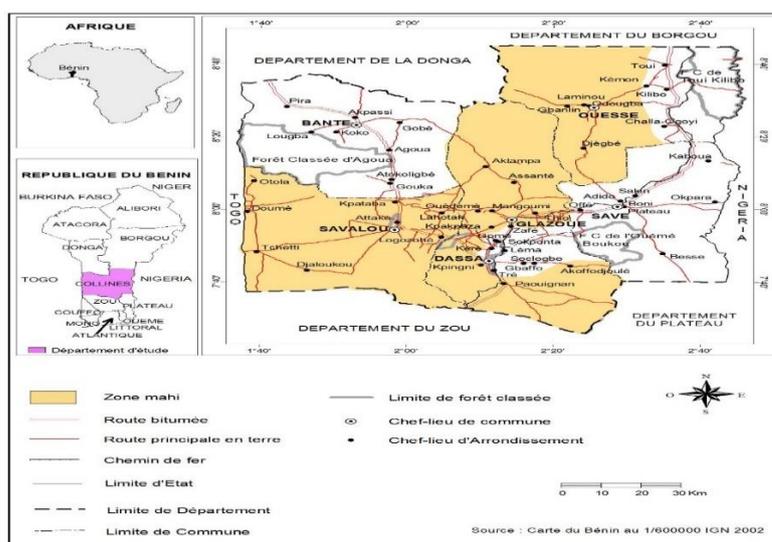


Figure 1. Situation du secteur d'étude

L'aire culturelle Mahi a d'emprise différemment sur les six communes du département des Collines (Bantè, Dassa-Zoumé, Glazoué, Ouèssè, Savalou et Savè). Selon l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique du Bénin (INSAE, 2013), les Mahi représentent 5, 1 % de la population de Bantè, 49,2 % de celle de Dassa-Zoumé, 42,1 % de la population de Glazoué, 44, 8 % de celle de Ouèssè, 55, 5 % de la population de Savalou et 29,6 % de celle de Savè.

Matériel et méthodes

Matériel

Plusieurs instruments ont été utilisés. Il s'agit notamment d'un mètre ruban, d'une chaîne d'arpenteur, d'un clisimètre, d'un clinomètre, d'un GPS (Global Positioning System), d'une houe, d'un coupe-coupe, de la carte pédologique des sols au 1/200000 établie par Volkoff (1976) et d'une tarière. La chaîne d'arpenteur a permis de prendre des mesures le long des transects. Ainsi, des levés altimétriques et planimétriques ont été réalisés grâce au mètre ruban, au clisimètre et au GPS. En plus du clinomètre, ils ont également permis d'avoir les coordonnées géographiques de chaque objet jugé intéressant pour la présente étude et de faire de la topométrie le long des layons réalisés sur des toposéquences. La houe et le coupe-coupe ont servi à faire des fosses pédologiques et à établir de pièges sédiments. Un appareil photographique numérique a été utilisé pour la prise de vue des objets et faits intéressants. La tarière a permis des prélèvements de mottes de terre (échantillons) analysées au laboratoire. Des cartes pédologiques et géologiques ont permis de faire des observations indirectes. A défaut de ces types de cartes couvrant le secteur d'étude à 1/50 000, des échantillons de cartes à l'échelle communale ont permis d'illustrer les différents types de roches et de sols du secteur d'étude.

Méthodes

Collecte des données

Nature des données

Les données collectées dans le cadre de cette étude sont quantitatives et qualitatives. Quantitativement, il s'agit des données relatives aux moyennes mensuelles des pluies et de températures, ensuite les quantités de pertes de particules de terre. Quant aux informations qualitatives, elles sont relatives aux processus et agents d'érosion, la nature des roches, des pentes, des types de formations végétales, aux modes de gestion des terres, l'interprétation des phénomènes observés comme le bilan : pédogenèse/morphogenèse, les informations socio-culturelles, économiques relatives aux modes d'accès à la terre, aux techniques culturelles, aux modes de vie, aux activités économiques, etc.

Techniques de collecte des données

Recherche documentaire

Elle a consisté à consulter les documents relatifs à la pédogenèse, la morphogenèse, la pollution, la conservation et la protection des sols donc à l'érosion, l'appauvrissement, l'épuisement et à l'infertilité des sols. La recherche documentaire a alors permis de comprendre les processus de formation des sols, de leur dégradation, de leur pollution et des mesures générales à prendre pour sauvegarder les écosystèmes en général et des sols en particulier. Les centres de documentation de l'Agence pour la Sécurité et la Navigation en Afrique et à Madagascar (ASECNA), de l'Institut National de Recherche Agricole (INRAB), de l'Office Béninois des Mines, du Laboratoire de Biogéographie et d'Expertise Environnementale (LABEE), de l'Agence Béninoise pour l'Environnement (ABE), de l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE) et d'autres institutions spécialisées ont permis de collecter des données disponibles et utiles pour comprendre le régime climatique, les systèmes cultureux et agraires, les problèmes environnementaux, leurs causes et conséquences en général et pédologiques en particulier.

Enquêtes de terrain

Elles se sont déroulées sur le territoire occupé par le groupe socio-culturel Mahi de la pénélaine cristalline au Bénin. De façon intermittente, elles ont été réalisées du 15 mars 2017 au 15 mars 2018, soit une durée d'un an, prenant ainsi en compte toutes les saisons climatiques. Des techniques de collecte de données ont été utilisées. Des entretiens, entrevues, interviews ont permis d'avoir les perceptions des agriculteurs sur la dégradation des sols et de recueillir d'eux les mesures d'adaptation prises. En plus, une observation directe sur les différents types de sols a été réalisée à partir des fosses pédologiques et leurs propriétés physiques appréciées. A l'aide de la carte pédologique des sols de Volkoff (1976) une observation indirecte a été réalisée et a permis de comparer les résultats avec les réalités du terrain et de faire des sondages. Des sondages réalisés au niveau de chacune des stations choisies ont permis d'apprécier la texture, la structure et la couleur des sols. Des pièges et des fosses à sédiments ont été établis en aval des placettes pour recueillir les pertes de terre et les quantifier. Au laboratoire, des constituants chimiques ont été identifiés et comparés à ceux des études antérieures.

Outils de collecte des données

Un questionnaire, un guide d'entretien, une grille d'observation et une fiche d'évaluation ont été les principaux outils utilisés. La grille d'observation a permis de détecter sur le terrain notamment dans les champs les pratiques agricoles peu respectueuses de l'environnement, favorables à la dégradation des sols et celles protectrices et régénératrices des sols. Des fiches ont été conçues à partir du prototype de la tarière hollandaise pour une évaluation

minimale de la texture, de la structure et de la couleur des sols. Le questionnaire a été administré à des hommes et femmes agriculteurs et chefs de ménages afin de recueillir les difficultés liées aux modes d'accès et de gestion des terres/sols d'une part et les actions correctives appliquées d'autre part. Le guide d'entretien a servi à obtenir les points de vue de certains spécialistes des questions de gestion, conservation et protection des sols. Leurs propositions ont été collectées en vue d'une protection efficace et d'un rendement agricole meilleur. Les avis des parties prenantes à cette étude ont été recueillis à partir d'un échantillon représentatif.

Échantillonnage

Les Mahi cohabitent directement avec les groupes socio-culturels Ifè, Itcha, Idaatcha, Shabè et des groupes minoritaires comme les Fon, les Adja, les Peul, les Ditamari et autres. Ce contact est favorable à toutes formes de brassages comme dans le domaine du système cultural. Les personnes interrogées sont des agriculteurs, chefs de ménages, sages, autorités administratives et traditionnelles et âgées d'au moins 45 ans. Leur choix a été raisonné et équitable suivant les six communes qui abritent les Mahi de la pénéplaine. Tenant compte de l'effectif de 5467 Mahi de Bantè comme le quota de base, les populations des communes de Dassa-Zoumè, de Glazoué, de Ouèssè, de Savalou, de Savè représentent environ respectivement celle de Bantè 10, 10, 12, 15, 5 fois, soit au total 53 quotas. Ainsi, 265 agriculteurs ont été interrogés dont 5 personnes à Bantè, 50 à Dassa-Zoumè, 50 à Glazoué, 60 à Ouèssè, 75 à Savalou et 25 à Savè. En plus 35 personnes des services techniques d'Etat et des ONG spécialisés dans l'agriculture et la gestion des terres ont fait l'objet d'interrogation. Au total 300 personnes ont été interrogées dans le cadre de cette étude.

Traitement des données

Les questionnaires récupérés et les fiches d'enquête ont été dépouillés manuellement. Les enregistrements ont été réécoutés pour éviter d'oublier certaines informations. Ensuite les données recueillies ont été classées par catégorie. Les données quantitatives ont été rangées sous forme de tableaux et de graphiques par les logiciels Word et Excel. Celles qualitatives ont été soumises à un raisonnement cartésien à travers des explications, des analyses, des comparaisons et des conclusions. Des cartes ont été réalisées à l'aide du logiciel ArcView. Des coupes morpho-pédologiques ont été interprétées.

RÉSULTATS

Pédogenèse et répartition des sols sur la pénéplaine de l'aire culturelle Mahi au Bénin

Pédogenèse

Les sols du secteur d'étude sont formés à partir des altérites des roches sous-jacentes, le tout combiné aux débris organiques en l'occurrence d'origine végétale. Le processus pédogénétique dominant est la ferrugination qui aboutit à la formation des cuirasses ferrugineuses d'épaisseur variable allant de 0,5 à 1,5 m (Figure 2). La Figure 2 montre une cuirasse ferrugineuse de 1,45 m d'épaisseur dans un forage de latrine dans la localité de Monkpa et plus précisément dans l'école du quartier Donmonnon. Ces cuirasses occupent la plupart des sols à l'exception de ceux bordant immédiatement les thalwegs. Les plus anciennes subissent des démantèlements en perdant leur cohésion surtout sous l'effet de leur contact avec l'eau ou sous l'action des eaux de ruissellement. Outre la ferrugination, le processus d'hydromorphie n'est manifeste qu'au niveau des ruisseaux, des marécages et des grandes rivières présentant un engorgement temporaire ou permanent. Pendant les phases de pleine végétation dans le secteur d'étude, les processus morphogénétiques d'ordre éolien et hydrique sur les sols sont relativement réduits ou arrêtés dans une certaine mesure : c'est la phase de pédogenèse qui favorise l'altération de la roche-mère. Une expérimentation dans le bassin-versant du ruisseau Koga a permis d'analyser l'impact du couvert végétal sur la protection du sol.



Figure 2. Cuirasse ferrugineuse

Prise de vue : MAKPONSE, mars 2017

En effet, sur une portion de 1000 m² mise à nu par le feu, suivie de mars à septembre 2018 a permis d'observer que les rigoles et cavités élaborées par les eaux de pluie de mars à avril ont disparu après le recouvrement à plus de 85 % du sol, par des arbustes de *Daniella oliveri*, *Morinda indica*, *Nauclea latifolia* et des graminées tel *Andropogon gayanus*. Il en résulte dès juillet un développement intense du système racinaire, en particulier chez *Andropogon gayanus* dont les racines s'étalent jusqu'à près de 1,31 m de sa base et forment une pellicule fibreuse protectrice du sol contre le ravinement. Il s'en suit un ruissellement faible, donc une infiltration plus importante ayant pour

corollaire une altération pédologique favorisée par l'abondance de l'appareil végétal souterrain. Il n'y a pratiquement plus d'apport de sédiments dans les fosses de 1 m³ qui servaient de bac de réception de sédiments courant mars-avril pour l'aire d'observation. L'eau d'infiltration au contact des roches favorise leur altération comme en témoignent des masses granito-gneissiques pourries ou désagrégées du fond des puits du secteur d'étude. Ce processus à caractère continu est favorable à la pédogenèse et prépare le sol à l'ablation. La végétation paraît comme le principal antagoniste de l'ablation de la terre à cause de son caractère ou rôle de dissipation de l'énergie éolienne et cinétique des eaux de pluies. Sans pouvoir réaliser le transport de zéro particule, les végétaux limitent très sensiblement l'érosion du sol.

Répartition des sols

Les dispositions des sols dans le paysage permettent de les regrouper en trois grandes catégories. Il s'agit des sols sur les affleurements rocheux appelés sols minéraux bruts et peu évolués ou squelettiques ensuite des sols situés sur les versants et enfin les sols sur les interfluves plans. Dans ces milieux, existent les sols ferrugineux tropicaux à concrétions sur granites et granito-gneissiques à deux micas, les sols tropicaux hydromorphes sur granites (Volkoff 1976). Les sols ferrugineux lessivés jouxtent les collines et forment souvent les auréoles autour des sols hydromorphes des endroits à tendance marécageuse. Ils sont presque partout les mêmes dans les communes et variés comme dans la commune de Ouèssè (Figure 3), le plus grand grenier du secteur d'étude. Il est aussi observé par endroits des sols brunifiés des pays tropicaux sur roches basiques (Volkoff 1976), spatialement peu étendues comme ceux situés près de Padji une petite localité (ferme) distante de 7,5 km de la localité de Logozohè. Enfin, il y a les sols hydromorphes qui longent les ruisseaux, les rivières et les zones marécageuses. Un échantillon des sols du secteur d'étude prenant en compte la commune de Ouèssè montre une diversité pédologique : des sols tropicaux lessivés sans concrétions, des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétions, des sols ferrugineux tropicaux lessivés indurés, des sols ferrugineux tropicaux appauvris à concrétions, des sols ferrallitiques faiblement désaturés rajeunis ou pénévoués avec érosion et ravinement des sols hydromorphes minéraux peu humifères à gley lessivés.

Le secteur d'étude a une diversité de roches. De la diversité des roches dépend la variété des sols. Ces différents types de sols présentent des propriétés physiques et chimiques diverses suivant les processus pédogénétiques, la nature de la roche-mère et les activités économiques qui y sont menées.

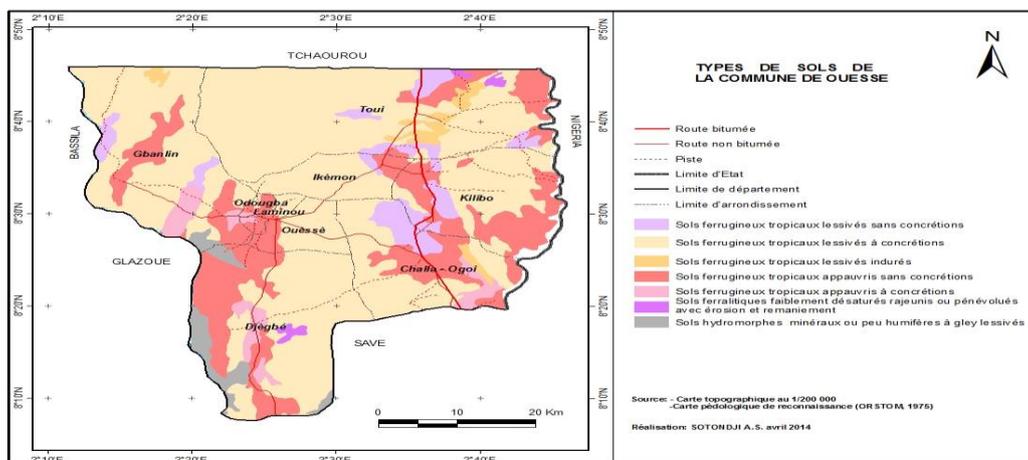


Figure 3. Répartition des sols dans la commune de Ouèssè

Caractéristiques pédogénétiques et propriétés physico-chimiques

Caractéristiques pédogénétiques

Des fosses pédologiques ont été ouvertes sur différentes toposéquences et suivant les divers types de sols repérés. La profondeur moyenne choisie est de 1,5 m. Avec les sols ferrugineux lessivés à concrétions sur granites et sur gneiss, le comportement du profil pédologique n'est pas partout identique. Ceci dépend de la végétation en place, de la pente et de l'activité humaine. Dans les milieux à surface relativement plane, le profil pédologique présente une mince pellicule de battance suivie d'un horizon gris comportant une chevelure racinaire et quelques gravillons ferrugineux. L'épaisseur de cet horizon varie entre 30 et 100 cm. Elle est suivie de la couche formée de cuirasse ferrugineuse dont l'épaisseur dépasse parfois 1 m. Par endroits, la cuirasse affleure ou est voilée d'une mince couche de terre arable. Cet affleurement est surtout observé sur les pentes marquées où les ravinements et éboulements sont importants. Le profil des sols ferrugineux lessivés hydromorphes sur embréchites et granites présente de haut en bas une mince pellicule de battance des pluies ; un horizon gris d'épaisseur variant entre 25 et 30 cm sableux, abritant un système racinaire ; un horizon de concrétions ferrugineuses avec des sables fins de couleur jaune-clair contenant de grosses racines. Son épaisseur varie entre 30 et 40 cm ; un horizon compact comportant des gravillons ferrugineux de couleur ocre tirant sur du rouge. Son épaisseur avoisine 1,10 m. Quant aux sols hydromorphes, le profil moyen comporte : un horizon sableux (20 à 40 cm) de couleur jaunâtre ; un horizon argilo-sableux de 50 à 62 cm d'épaisseur, compact, dur teinté de jaune et de rouge et un horizon argileux, clair, tacheté de jaune. S'agissant des sols bruns ferrugineux sur roches basiques (gabbros), le profil pédologique présente un horizon brun-clair de près de 1 m d'épaisseur et un horizon argileux de 0,56 m.

Propriétés physico-chimiques

Le secteur d'étude présente une variété de sols à dominance ferrugineuse. Les sols ferrugineux comportent dans leurs horizons situés juste au-dessous de la mince pellicule racinaire, des nodules de concrétions ferrugineuses. Ces dernières résultent de la combinaison de la silice et des ions ferriques. Cet ensemble se durcit sous l'effet de la température et des radiations solaires surtout pendant les saisons sèches. La taille de ces nodules varie entre 0,1 mm et 0,50 mm. L'intensification du processus de ferruginisation et les longues périodes de sécheresse ont permis la formation des dalles de cuirasses ferrugineuses à cause des précipitations en saisons sèches des silices et des ions ferriques libérés pendant les périodes de saisons pluvieuses. Ces dalles empêchent l'enfoncement des racines pivotantes de certains arbres d'où le chablis de ces derniers sous l'effet de leurs propres poids ou de l'action du vent. Au cours de longues périodes humides, les dalles sont progressivement démantelées par l'effet de l'érosion différentielle. Elles rendent par endroits les sols médiocres. Les forages de puits de profondeur variant entre 10 et 15 m permettent par endroits d'observer des étages de dalles ferrugineuses intercalées par des couches de roches sédimentaires. Quant aux sols hydromorphes, les couches superficielles sont constituées des vases glissantes qui sont des limons de taille variant entre 2 à 20 microns, déposés par les eaux de ruissellement. Cette couche est suivie de celle de sable fin (20 à 200 microns) et en bas, il y a de l'argile de grains de taille inférieure à 2 microns. Il s'agit dans leur ensemble des sols de bonne texture, structure, perméabilité et de bonne capacité de rétention de l'eau. Concernant les propriétés chimiques de ces sols, les analyses de leurs échantillons aux laboratoires ont indiqué qu'ils sont riches en phosphore et en potassium. Ils bénéficient des nutriments arrachés aux sols des versants par lessivage. Pour les sols ferrugineux, elles ont révélé que le facteur chimique le plus déterminant (pH) est compris entre 6 et 7. L'observation sur le terrain a permis de constater avec 68,3 % des personnes interrogées que les sols ferrugineux supportent bien des cultures comme l'arachide, le maïs, le sorgho, le manioc, le vandzou, le césame, les légumineuses comme le haricot, le pois d'angole, le niébé, le coton, l'acajou, etc. Pour 52,8 % les sols hydromorphes et les sols bruns ferrugineux sur roches basiques ont une aptitude agronomique et culturale assez variée. La preuve est que de bons rendements sont obtenus sur ces sols avec les cultures d'igname, de palmier à huile, de patate, des maraichères, du maïs, du riz, etc. Les conditions agro-pédologiques sont favorables à la diversification de la production agricole. Ainsi, l'évolution des sols dépend des facteurs naturels et anthropiques.

Facteurs de la dynamique des sols du secteur d'étude

Dynamique naturelle des sols du secteur d'étude

Deux expérimentations ont permis de comprendre la dynamique naturelle au niveau des sols du secteur d'étude.

- Première expérimentation

Sur les sols ferrugineux se trouvant sur une pente de 10 % dans le bassin-versant du ruisseau appelé Koga dans la localité de Monkpa une expérimentation a permis de quantifier les pertes de terre. Les sols en question ont des nodules ou concrétions ferrugineuses et présentent une certaine compacité qui réduit l'infiltration des eaux de pluie. A l'aval d'une toposéquence du bassin-versant ci-dessus évoqué furent établies dans le cadre de cette étude des fosses pédologiques d'une capacité de 1 m³ chacune. Les altérites retirées des fosses sont jetées loin en aval de ces dernières. Elles ont retenu en moyenne chacune 80.000 cm³ de sédiments de masse moyenne égale à 32,7 kg, sans éboulement majeur des rebords des fosses après les pluies de mars 2018. En 2017, cette valeur est de 28,18 kg, une diminution liée à la faible pluviométrie au cours du mois de mars. Au début de ce mois, le sol est non couvert à plus de 65 % et les feuillages des arbres sont en voie de régénérescence. Pour évaluer la perte de terre par unité de surface, une placette de 10 m de long sur 5 m de large a été établie dans le même bassin-versant que les fosses. La placette a été entourée de bourrelet de terre ou de billon bien damé sur ses deux longueurs et sur sa largeur située en amont. Les toutes premières pluies ont creusé des cavités dont le diamètre mesuré après chacune des quatre précipitations de mars 2017 est en moyenne de 0,5 cm. Les fines particules issues du splash sont ensuite transportées par les eaux de ruissellement. Les principaux modes d'écoulement observés sur le terrain sont le ruissellement diffus et le ruissellement en nappe qui déchaussent les nodules ou concrétions ferrugineuses qui pullulent en surface. Ils créent également de petites rigoles non profondes à la surface du sol. Après la reconstitution du couvert végétal à partir d'avril à juin, plus de sédimentation dans les fosses ; mais autour des grands arbres après la régénérescence de leurs feuillages se créent des trous ou cavités, plus larges que précédemment d'une dimension moyenne d'un centimètre (1 cm) de diamètre suivant les mesures obtenues après chacune des sept pluies d'avril 2017 et les trois de 2018. La mise en place de ces microformes est due à la concentration d'eau de pluies sur le feuillage et qui se déverse sur le sol avec une certaine énergie cinétique.

- Deuxième expérimentation

Sur un sentier abandonné d'une largeur moyenne de 0,5 m, bordé de végétaux comme *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*, *Eragrostis namanguensis*, *Daniella oliveri*,..., de petites retenues (filtres) en paille pouvant permettre le passage de l'eau, tout en piégeant certaines particules de terre transportées par l'eau de ruissellement furent établies. Elles sont distantes l'une de l'autre de 30 m et portent à leurs bases tout comme les fosses pédologiques des piquets enfoncés au ras des fonds, pour favoriser une bonne collecte ou un bon prélèvement des sédiments. La quantité moyenne des particules de terres retenues par chacun des filtres suivant les mesures faites aux mois de juillet, août et septembre 2017 et 2018 est de 60, 3 kg. Dans le même bassin-versant sur une ouverture du couvert végétal de 0,5 m de large, des retenues sont

établies à tous les 30 m et les mesures, suivant les mêmes périodes que précédemment, ont donné une moyenne de 33,1 kg de terres arrachées. Il est à noter que l'ouverture a été réalisée par arrachage à la main des herbes et par émondage des arbres. Tant au niveau du sentier qu'au niveau de l'ouverture, nombre de racines sont mises à nu. Le ruissellement en rigole a un effet d'ablation de la terre plus importante que les ruissellements diffus et en nappe. Les filtres n'arrivent pas à retenir ou piéger les matériaux fins ou solubles comme les argiles, les limons. La décantation à alun pendant 24 heures de 20 litres d'eau de ruissellement a permis d'obtenir 1,6 kg de dépôt de particules fines de terre riches en colloïdes qui vont s'accumuler dans les vallées et zones marécageuses. Ceci explique les caractères plus luxuriants et fournis des formations végétales dans les vallées et zones marécageuses que sur les interfluves et sur pentes fortes. Les transports éoliens quasi-absents dans le secteur d'étude se manifestent néanmoins au début de la saison sèche quand l'alizé prélève aux sols nus du sable dans une certaine mesure. Ce vent est plus actif de février au début mars. La nature du sol, la pente et la végétation conditionnent alors l'ablation des sols. Le transport et la sédimentation des particules des sols sont précédés des phases de mobilisation (altération) et d'enlèvement. Ils sont dus à des processus chimiques et mécaniques. Le processus chimique dépend des réactions entre les différents corps en présence. L'action mécanique est exercée surtout par la microfaune (vers de terre, les insectes, les rongeurs, fourmis,...) qui creuse des trous, construit des terroirs, des termitières, contribue à l'aération et à la fertilisation des sols. Certains des micromodèles (déjections de lombrics, tortillons lombricaires, etc.), sont transportés par les eaux de ruissellement. Ils sont très nombreux dans les formations végétales très fournies. Les précipitations et le ruissellement de l'eau sont les principaux facteurs de la modification ou transformation naturelle des sols.

Occupation du sol dans le terroir des Mahi de la pénéplaine cristalline au Bénin

La culture itinérante sur brûlis reste la technique culturale la plus utilisée. La chute de la fertilité d'un sol conduit à l'abandon des terres pour permettre le renouvellement et la restauration partielle de la valeur agronomique des terres par la jachère. Cette technique extensive fait localement place à une occupation intensive au niveau de certains bassins-versants, mais la tendance générale reste extensive. Une vision stéréoscopique des photographies aériennes de 1982 du secteur d'étude a permis d'observer des îlots de champs au cœur d'immenses savanes ; les aires cultivées s'étendent surtout dans les vallées des cours d'eau. L'augmentation de la population du secteur d'étude a influencé les structures agraires et accompagné l'extension de l'espace agricole. C'est ainsi qu'il est observé de plus en plus le morcellement des parcelles surtout celles plantées d'*Elaeis guineensis*. De même, nombreux sont les groupements coopératifs qui réalisent de grands blocs de cultures annuelles s'étendant sur 10 à 25 hectares d'un seul tenant et souvent les principales plantes cultivées

sont le coton, le maïs et le niébé. Les terres éloignées des agglomérations sont surtout réservées aux cultures annuelles et celles proches des villages portent des plantations d'*Elaeis guineensis*, de *Tectona grandis* et d'*Anacardium occidentale* et sont densément exploitées malgré leur appauvrissement. Les aires les plus dégradées portent une végétation rase et parfois rabougrie, une situation favorable à la dégradation des sols. Nombreuses sont les agglomérations qui se trouvent au pied de collines. Cette localisation est favorable à l'érosion des sols. Comme preuves, après les pluies les habitants ramassent des rigoles créées par les eaux de ruissellement, du sable qui sert à la construction des maisons (Figure 4 et 5). Ces tas de sable contiennent des nodules ferrugineux grossiers. Ils sont utilisés directement pour les bétons mais nécessite de tamis avant le cimentage des murs. Pour 86, 8 % des septuagénaires interrogés, l'implantation de la population près de collines est due entre-temps à des incursions guerrières répétées des rois d'Abomey dans le secteur d'étude. Initialement installées au sommet de Sègui-Sô (colline de Sègui), les populations de Logozohè par exemple ne sont descendues en plaine qu'après la trêve sous la conduite de leur roi Kpodjèdo (La panthère est descendue). Autour des collines s'étaient les forêts naturelles et des plantations d'*Elaeis guineensis* et de *Tectona grandis*.

Les populations descendues des collines se sont souvent installées aux bords des fontaines (cours d'eau). Ces deux sites font que la majorité des divinités les plus célébrées et les plus vénérées sont logées dans les creux des collines ou dans des cours et plans d'eau.



Figure 4. Tas de sable en instance depuis juin 2017 pour la construction de bâtiment

Prise de vue : MAKPONSE, mars 2018



Figure 5. Tas de sable en instance depuis août 2017 pour la construction de bâtiment

Prise de vue : MAKPONSE, mars 2018

Activités économiques et la modification des sols du secteur d'étude

Répartition et interactions entre les cultures agricoles et les sols

Dans le secteur d'étude, l'observation des plantes cultivées permet de retenir globalement deux grandes répartitions de ces dernières. Il s'agit d'une part des tubercules comme le *Dioscorea sp* (igname) dont les domaines de prospérité sont les sols ferrugineux lessivés hydromorphes de nature sablo-argileuse, d'autre part des céréales et légumineuses comme le maïs, le mil, le niébé et l'arachide sont semées sur les terres ferrugineuses. Par contre certaines portions de ces sols portent des cultures d'igname, de maïs, d'arachide, de voandzou. Cette occupation dans son ensemble bipartite est liée selon 85,2 % des agriculteurs interrogés à la capacité de rétention en eau du sol (crainte d'hydromorphie), aux difficultés qu'impose une terre argilo-sableuse qui se durcit rapidement avec la rareté des pluies et au besoin hydrique de chacune des plantes. Sur sols ferrugineux, la densité élevée du système racinaire des cultures vivrières contribue à l'aération, à la perméabilité d'une certaine couche du sol, d'où une restitution hydrique relativement bonne et la protection du sol. Des pieds de maïs dont le cycle végétatif est de 90 jours, observés d'avril à mai 2017 sur sol ferrugineux sablo-argileux sont luxuriants. La rareté des pluies du 20 mai au 15 juin a entraîné l'assèchement des terres avec des cultures pâles par plasmolyse tandis que sur sols argilo-sableux, elles sont fournies et caractérisées par un développement régulier. A l'étape de maturité en juillet, les pieds de maïs ont une taille de 1,90 m sur les terres ferrugineuses et de 2,10 m sur celles ferrugineuses lessivées hydromorphes. Pour deux végétaux identiques placés en un même lieu, la transpiration (dépendant de l'alimentation en eau) sera chaque année en liaison étroite avec la production de la matière sèche (Robelin, 1969 ; Duthil, 1979). Les cultures souffrent alors de sécheresses atmosphérique, pédologique et hydrique. L'eau est alors un facteur important pour la croissance du végétal, un des meilleurs facteurs de protection du sol. En plus, dans les terres l'eau est un complexe absorbant chargé des colloïdes tant organiques que minéraux, qu'elle véhicule à travers l'appareil végétatif suite à leur prélèvement par les racines (Duchaufour,

1983). Ces colloïdes contribuent alors à la croissance des plantes. Il y a pour preuve, sur certaines parcelles sur lesquelles la culture du maïs est reprise pendant la petite saison pluvieuse, les jeunes plants ont présenté des feuilles gris-jaunes avec des extrémités moribondes. Parfois les nervures et même les plantes sont mortes à cause de la carence d'azote que la plante consomme sous forme d'ions ammonium, soit en ions nitrates à partir du sol. En effet, la monoculture a appauvri le sol en certaines substances nutritives. Pour 45,6 % des agriculteurs interrogés cet état des cultures est lié aux vents frais du mois d'août tandis que 54,4 % attestent de la pauvreté des sols en nutriments sans être en mesure de donner des précisions et prennent des mesures correctives. Pour ces derniers les usages répétés des sols les appauvrissent et entraînent l'insécurité alimentaire.

Destruction de l'écosystème protecteur des sols par les techniques agricoles

Dans le secteur d'étude, l'élevage est très peu associé à l'agriculture. Seuls les immigrants peulhs, Bétamaribé, Dendi, Haoussa gardent des bovins sur des portions de terre qui deux ans durant bénéficient de la fumure apportée par les excréments des animaux. Ces espaces sont souvent occupés par les champs de maïs et de sorgho après déplacement des animaux d'une parcelle à une autre de manière à induire une rotation. Depuis la grande sécheresse de 1977, le secteur d'étude est soumis à des effets des troupeaux de la transhumance venus du Niger, Burkina-Faso et du nord du Nigéria. Les piétinements des bovins écrasent les plantules, cassent les arbustes, et durcissent le sol. Les points de passage de ces derniers donnent des éclaircies dans les savanes même pendant la phase de pleine végétation. Leur divagation occasionne des pillages ou la dégradation des champs et des récoltes d'où des heurts entre pasteurs et paysans aboutissant parfois à des pertes en vies humaines. Des pare-feux et feux précoces sont organisés respectivement pour protéger les plantations, les récoltes et pour avoir de pâtures fraîches pour le cheptel. Après l'épuisement des réserves de pâtures sur la pression conjuguée des bovins locaux et des troupeaux de la transhumance, des éleveurs notamment les migrants coupent les branches de certaines espèces végétales comme le *Pterocarcus erinaceus* et le *Sterospernum kunthianum*. Ces arbres, une fois privés en saison sèche de leur feuillage, organe moteur de la photosynthèse et de la transpiration mènent une vie ralentie, aboutissant quelquefois à la mort de certains de ces végétaux sur sol ferrugineux. L'élevage permet la culture attelée dans une certaine mesure. Très peu développée, elle participe très rapidement à la déforestation à cause des dessouchements des arbres qu'impose ce type de culture. La force de travail étant essentiellement humaine, les paysans se servent des feux pour le nettoyage des terres agricoles, procèdent à des défrichements avec l'abattage des arbres ou de leur calcination sur pied (Figure 6). L'igname étant une plante héliophile et rampante, les arbres calcinés sur pied lui servent de pilier pour se hisser vers le soleil source de lumière. Les pratiques culturales ont pour inconvénients d'exposer le sol aux processus d'ablation qui provoquent le

déracinement des jeunes plantes sur les versants et leur ensevelissement dans les dépressions.



Figure 6. Champ de *Dioscorea sp* avec des arbres calcinés sur pied

Prise de vue : MAKPONSE, mai 2017

Dans les formations végétales bien fournies, les feux détruisent nombre d'espèces notamment les moins résistantes comme *Bridelia ferruginea* et *Prosopis africana*, deux espèces qui se multiplient par germination. Les labours en buttes et en billons sont les techniques agricoles les plus utilisées (Figure 7 et Figure 8).

Le labour en buttes, surtout pour la culture de *Dioscorea sp* sur sol hydromorphe où les buttes atteignent près d'un mètre de haut, détruit la plupart des arbrisseaux, rendant ainsi la régénérescence du couvert végétal difficile. Si ces pratiques agricoles et l'élevage impactent négativement le couvert végétal principal protecteur du sol, leurs conséquences sur les ressources pédologiques ne sont pas négligeables.



Figure 7. Labours en billons

Prise de vue : MAKPONSE, août 2017



Figure 8. Labours en buttes

Prise de vue : MAKPONSE, août 2017

Impacts des outils et techniques agricoles sur les sols

L'outillage agricole des Mahi est essentiellement composé de la daba, de la houe, du coupe-coupe, de la hache et de la pioche qui sont des instruments aratoires du sol. Les effets des feux sur sol restent encore mitigés. En effet, d'après le Centre Technique Forestier Tropical (CTFT, 1969) « La matière organique brûlée, l'humus disparaît, une partie des éléments fertilisants est entraînée par le ruissellement, et le sol s'appauvrit rapidement, obligeant le cultivateur à chercher des terres nouvelles ». Par contre pour certains auteurs les feux fertilisent le sol (da Matha Sant' Anna et Lebeau, 1986). « La technique du champ sur brûlis est universelle. Le sol ameubli par le feu n'exige pas de piochage, rien qui ressemble à un labour » (Lebeau, 1986). Pour 70, 9 % des agriculteurs interrogés, le feu utilisé en tant que technique agricole n'est pas si nuisible au sol car l'usage se fait à des moments précis par le paysan et souvent accompagné de labour et de semis. La durée d'exposition du sol aux processus morphogénétiques est réduite contrairement au cas de feu inorganisé. Aussi, entremêlées d'espèces végétales fraîches, les herbes sèches au début de la saison pluvieuse brûlent-elles de façon moins incandescente qu'en saison sèche. La faible tension du feu et son caractère passager ne peuvent détruire les microorganismes comme le prétendent certains chercheurs. L'observation sur le terrain a permis de distinguer deux types d'orientation des labours : les labours dans le sens des pentes et ceux relativement orthogonaux ou perpendiculaires aux pentes. Pour évaluer l'impact des agents d'érosion sur ces types de labours, des placettes de 10 m sur 5 m en billons dans le sens de la pente et d'autres en buttes ont été observées. Elles ont été semées en niébé pour la petite saison pluvieuse d'août à novembre 2017. En aval de ces placettes, fut établi un canal de réception ou de sédimentation des particules de terre. Les dimensions (base (B) et hauteur (H)) des buttes et billons confectionnés sont à l'origine pour les buttes, B = 86,3 cm et H = 75,2 cm ; pour les billons, B = 45 cm et H = 34,9 cm. Après la récolte, les dimensions des buttes et des billons sont en moyenne pour les buttes B= 54,6 cm et H=33, 9 cm et pour les billons B=23,1 cm et H= 14,6 cm. Du 15 août

2017 au 30 novembre 2017, la quantité de terre perdue est de 5,2 t/ha pour les buttes et 9,6 t/ha pour les billons. C'est le résultat de 400,90 mm d'eau tombée sur les placettes depuis leur établissement. Cette valeur est obtenue grâce à un pluviomètre artificiel installé sur ces portions de terre. Sur sol ferrugineux nu, l'érosion peut entraîner jusqu'à 36 t/ha suivant le labour des billons dans le sens de la pente. Or les sols du secteur d'étude sont plus de 90,2 % ferrugineux, graveleux et peu épais, donc fragiles et très susceptibles à l'érosion et à l'infertilité. Il y a la nécessité de faire recours à des techniques de conservation, de restauration et de protection des sols.

Des mesures pour une agriculture durable dans l'aire socio-culturelle Mahi de la pénégplaine cristalline au Bénin

Mesures endogènes de protection des sols contre leur pauvreté.

Vu l'importance de l'eau dans les écosystèmes sol-végétation, les variabilités pluviométriques ou aléas climatiques (irrégularité des pluies, les sécheresses et les inondations) ont de sérieuses conséquences sur les sols. Au nombre des menaces, il y a l'érosion, la diminution des teneurs organiques, la contamination, l'imperméabilité, le tassement, la diminution de la biodiversité, la salinisation, les inondations et les glissements de terrain (Lefèvre, 2002). Les expériences liées au vécu, la faiblesse des rendements accumulés et les informations tous azimuts ont permis à la plupart des agriculteurs analphabètes de procéder à des associations de cultures. Il est souvent observé dans les champs sur une même parcelle de terre la combinaison des céréales et des légumineuses. Ce sont les cas par exemple de maïs (*Zea mays*) et d'arachide (*Arachis hypogea*), du maïs et du niébé (*Vigna unguiculata*), du maïs et du manioc (*Manihot exculent*), du sorgho et de l'igname (*Dioscorea sp*), etc. En leur phase de plein développement de cycle végétatif le taux de couverture du sol par leurs feuillages est élevé et protège le sol contre les eaux pluviales et les vents. Connaissant le rôle des litières dans la conservation et l'humidité des sols, 2,9 % des agriculteurs au lieu de procéder au sarclage des champs quand les plants sont encore jeunes, procèdent à l'arrachage des herbes nuisibles aux cultures. Après les récoltes, les paysans avertis ne consomment pas les résidus des cultures mais les enfouissent dans les labours de billons et de buttes. Ceci permet au sol une restitution organique dont l'absence entraîne la baisse sensible des taux de matières organiques et du pH du sol. Sur la même parcelle, le sorgho précède l'igname. A la maturité du sorgho ses feuilles sont arrachées et enfouies dans les buttes qui vont porter plus tard les semences d'igname. Il s'agit de l'engrais vert qui permet d'améliorer les taux de rendement. Pour lutter contre les plantes ou herbes sauvages, le pois d'angole est cultivé sur les terres porteuses de ces espèces végétales. Non seulement les légumineuses protègent les sols contre l'érosion mais contribuent aussi à leur fertilisation. En effet, les cultures légumineuses fixatrices d'azote constituent une alternative pour améliorer la nutrition azotée et fertiliser les sols ferrugineux des zones guinéenne et soudanaise. Les paysans Mahi procèdent à la régénération des terres agricoles par la culture du pois d'angole. A ce titre, le

secteur d'étude compte plus de 1120,16 ha de culture de pois d'angole. Les agriculteurs Mahi de la pénéplaine pensent assurer leur retraite en plantant des arbres. Ainsi, 45,9 % d'entre-eux interrogés y croient et se sont investis dans les plantations d'*Elaeis guineensis*, de *Tectona grandis* et d'*Anacardium occidentale*. Ce sont de véritables milieux où le rapport morphogénèse/pédogénèse est en faveur de la pédogénèse. Sur les sols occupés par les plantations d'*Elaeis guineensis*, des cultures de maïs, d'arachide, de manioc, les sols sont protégés contre les agents d'érosion et les revenus du paysan sont améliorés à cause de la diversité des produits agricoles. Les agriculteurs identifient les terres riches par rapport à la densité des terricoles, des termitières, déjections de lombrics, tortillons lombricaires, etc. De même, pour eux l'apparition de certaines espèces végétales comme *Impérata cylindrica*, *Creame viscosa* sur certains sols témoignent de leur pauvreté et la nécessité de les renforcer en nutriments. Les cultes et règles coutumières ont joué d'importants rôles dans la protection des sols en particulier et des écosystèmes en général à travers les forêts reliques, des interdits d'accès à certains cours et plans d'eau, à des forêts d'une part et d'autre part de prélèvements d'objets. Les enquêtes dans le cadre de cette étude ont révélé que les paysans utilisent la technique de rotation des cultures, de jachère, d'assolement, de reboisement, laissent quelques arbres vivants pour restaurer la fertilité des sols. Pour lutter contre l'érosion dans les bassins-versants, 86,4 % des agriculteurs disposent des billons perpendiculaires aux pentes. Par endroits des arbres vivants et leurs feuillages sont laissés pour favoriser la zoochorie, l'anémochorie et l'hydrochorie.

Mesures exogènes de protection des sols contre leur dégradation

Pour fertiliser les sols en vue d'améliorer les productions agricoles dans le secteur d'étude, les agriculteurs bénéficient des semences améliorées, des engrais chimiques, des pesticides ou produits phytosanitaires. Les intrants agricoles de bonne qualité ont contribué à améliorer les rendements des cultures. Le témoignage d'un paysan du village de Lahotan a révélé que l'usage des intrants agricoles de bonne qualité lui a permis de passer de 925 kg de coton à 1800 kg de coton à l'hectare et de 20 sacs de maïs à 38 à l'hectare. Mais leurs usages ont des conséquences négatives sur l'environnement. Parmi ces intrants agricoles, il y en a de mauvaise qualité qui contaminent les sols, les eaux et les produits agricoles. L'analyse des sols du secteur a révélé la présence des traces de polluants métalliques comme le mercure, le cuivre, le plomb, le zinc, le cadmium surtout le long des sols longeant la rivière Klou en aval de la retenue d'eau. En effet, à environ 300 m du barrage fut installée une usine chinoise de fabrication de l'alcool alimentaire à base de manioc. Cette unité industrielle déverse en aval du barrage ces eaux usées qui contaminent les sols et les eaux. L'Etat a pris ses responsabilités en la fermant. De plus en plus, il se développe dans le secteur d'étude le maraîchage qui utilise des terreaux prélevés sur des tas d'ordures biodégradables et non biodégradables. Dans ces terreaux se trouvent des traces de métaux lourds en plus des huiles de vidanges

des moteurs qui sont jetées par ci et par là. La consommation de ces produits vivriers infectés fait courir des risques de maladies comme le cancer, des maladies cardiovasculaires. Ces produits sont d'ailleurs sans bon goût et difficiles à conserver. Les microorganismes sont détruits et les sols se tassent par endroits. Il n'est pas rare de compter des dizaines de rats et d'insectes morts après l'épandage des fertilisants, des produits phytosanitaires. Même les paysans qui les répandent, souffrent pendant un moment des dermatoses, de la toux et de rhumes. Les sols sur lesquels les herbicides ont été répandus pendant au moins cinq fois présentent par endroits des tassements et l'imperméabilité à l'eau. Pour protéger les semences, les espèces animales et végétales, les agriculteurs utilisaient des poudres de graines d'*Azadirachta indica*.

DISCUSSION

Plusieurs auteurs ont étudié la protection du sol dans le système agricole de nombre de groupes socio-culturels. Torquebiau (2014) en étudiant les systèmes techniques de production agricole et d'élevage a révélé que les agricultures familiales des pays du Sud reposent sur des systèmes techniques précis et des compétences pointues et que les agriculteurs des tropiques ont mis au point au cours des siècles des systèmes techniques performants reposant sur des savoirs locaux patiemment améliorés et longuement éprouvés comme chez les Mahi de la péninsule cristalline du Bénin. Il fait le même constat en dehors de l'Afrique. Des agriculteurs camerounais ou thaïlandais cultivent des cacaoyers ou des hévéas hors de leur zone habituelle de culture définie par les agronomes ; des éleveurs familiaux égyptiens assurent 80 % de l'approvisionnement en lait du Grand Caire ; des plantations villageoises familiales d'hévéas en Thaïlande représentent 95 % de la superficie totale plantée dans le pays, etc. Sur cette base, il est possible de co-construire et de concevoir avec les agriculteurs des systèmes techniques modifiés, améliorés, afin de renforcer la production agricole sans bouleverser le monde rural. Utilisée par les femmes pour les cultures maraîchères, la poudre de termitière améliore la croissance des plantes et réduit les attaques de certains bio-agresseurs. Chez les Mahi la présence de termitière symbolise la prospérité car ils y trouvent des champignons, des animaux qui s'y abritent. La richesse des termitières en nutriments des plantes amène les agriculteurs Mahi à aménager leurs alentours pour les légumes et les cultures annuelles. Pour engraisser leur volaille les agriculteurs détruisent quelques-unes des termitières et les termites constituent la proie de la volaille. La performance des systèmes de cultures des plantes pérennes montre au Cameroun que, malgré des rendements inférieurs à ceux de l'agriculture industrielle, la place du palmier à huile est essentielle dans la stratégie des petits exploitants familiaux et que sa gestion, en lien avec les cultures vivrières, est conçue pour assurer des revenus à long terme. En Guadeloupe, l'UPR HortSys a mis au point des techniques d'enherbement permettant de réduire les herbicides dans les plantations d'agrumes. L'agriculture de conservation est une technique

prometteuse qui associe labour minimum, plantes de couverture et rotation des cultures. En Thaïlande, l'UMR Eco & Sols montre que sur certains sols, les plantes de couverture constituent un apport considérable d'engrais naturel pour les arbres. Les savoirs traditionnels sont alors utiles pour la protection des sols et le développement durable. Selon la FAO (2014) un système de production agricole est la représentation qui s'approche de la réalité dont nous disposons sur la manière de penser et de décider des agriculteurs. Le système de production d'une exploitation se définit par la combinaison (la nature et les proportions) de ses activités productives et de ses moyens de productions agricoles. Les systèmes de production doivent faire face à un enjeu majeur : la notion de durabilité des systèmes d'exploitation. Considérer l'agriculture comme un système qui implique d'intégrer les dimensions biologiques, physiques, ainsi que les aspects socio-économiques au niveau de l'exploitation agricole.

La majorité des sols du secteur d'étude sont fragiles à cause de la nature, de la dureté, de la résistante des roches-mères et du processus de ferrugination. Ceci rend la couche superficielle du sol vulnérable. Les études de la FAO (1985) ont également révélé ce problème de la structure pédologique de la plupart des sols de l'aire Mahi de la pénéplaine au Bénin en évoquant que la plus grande proportion de leur teneur totale en nutrition des végétaux est emmagasinée dans la couche superficielle de sorte que le défrichement se traduit par une diminution des taux de nutriments. En outre, elle évoque des problèmes d'acidité, d'une faible capacité de rétention des éléments nutritifs, d'une toxicité due à l'aluminium, d'une basse teneur initiale en phosphate et en potassium et une tendance à fixer le phosphate sous des formes non assimilables par les végétaux. L'adaptation des populations du secteur d'étude à la variabilité climatique est à l'origine de l'occupation de quelques bas-fonds. L'Organisation des Nations Unies pour l'Agriculture et l'Alimentation confirme ce désintéressement de la population en montrant qu'en Afrique, ces sols ne sont pas généralement utilisés à cause de leur teneur en argile, des inondations, des mauvaises herbes persistantes, de la faible teneur en nutriments, risques de maladies. Pourtant dans le secteur d'étude, sur les sols hydromorphes des bas-fonds se développent plus aisément les tubercules (igname, manioc, patate, etc.) et les cultures maraîchères, mais les céréales comme le maïs, le mil et des légumineuses (pois d'angole, niébé, haricot, etc.) y connaissent des difficultés à cause des carences en nutriments. Igué, (1999) confirment une certaine carence des sols du bas-fond en révélant que leur teneur en carbone organique moyenne est de 1,3 % pour la texture limoneuse du sol, le rapport carbone/azote qui est 11 indique, une matière organique bien décomposée et le taux d'azote (0,11 %) à pH 6,3 est bon. La teneur en phosphate est très faible (3,5 ppm de P).

CONCLUSION

L'observation de deux placettes sur sol ferrugineux, l'une à coton, l'autre à coton et à niébé, de dimensions chacune de 50 m/10, ont permis d'obtenir respectivement 6,58 t/ha et 3,25 t/ha de perte de terre de juillet à décembre 2017 sur une pente 10 %. L'association des cultures est une des solutions de la protection naturelle des sols dans un système agricole. Sur un sol de savane arborée à *Andropogon gayanus*, le rendement de coton est de 1,395 t/ha ; il tombe à 943,5 kg/ha sur un sol de « prairie rabougrie » en perte de fertilité. La baisse de la fertilité jointe à l'augmentation de la population obligent les agriculteurs à migrer vers les terres éloignées mais plus fertiles. Il y a une perte de moyens de subsistance. L'amélioration de la fertilité des terres par l'apport des engrais chimiques, par l'usage des pesticides ou produits phytosanitaires a montré ses limites. L'apport combiné d'engrais organiques et inorganiques au sol rendrait l'agriculture durable. En effet, de façon pratique, le paysan du secteur d'étude identifie les terres fertiles par la densité des vers de terre. Les vers de terre représentent la majorité de la biomasse de nos sols et pourtant nous avons tendance de les négliger. Il est important alors d'avoir dans le secteur d'étude une agriculture biologique respectueuse de l'environnement. Pour le faire, il importe de faire appliquer le principe pollueur-payeur. Il importe donc de légiférer la protection des sols. Il est nécessaire de contrôler la qualité des intrants agricoles, assurer la qualité alimentaire, sensibiliser les producteurs agricoles et tous les acteurs de la chaîne de productions agricoles dans le but d'une agriculture durable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADAM K. S. & M. BOKO, 1983. Le Bénin, SODIMAS/EDICEF, Cotonou/Paris, 93 p
- ARNALDS A., 2007. Déclaration à l'Agence France Presse. [ttrs://www.futura-science.com/planète/actualité/développement](https://www.futura-science.com/planète/actualité/développement) avec AFP-Relax news, 27/03/2018. Dégradation des sols : les scientifiques tirent la sonnette d'alarme. Actualité classée sous : Développement durable-Environnement-Sol
- AGBOSSOU K. E., 2004. Aménagement des bassins –versants. Manuel de cours DESS2/AGRN-FSA/UAC, 210 p
- AWOYE R. 2007. Modélisation du bilan hydrologique du bassin versant du Klou : contribution à la gestion durable des ressources en eau dans le Zou. Thèse d'ingénieur FSA/UAC, Bénin, p. 100.
- LEFEVRE P., 2002. L'environnement, la convention européenne et l'avenir de l'Europe, Revue Européenne de droit de l'environnement 2003/6-4/ pp.390-413
- CNRS, 2018. Enrichir les sols en carbone pour lutter contre le changement climatique. Cop 24. Le Journal, Pologne, 10 p
- Centre Technique Forestier Tropical (CTFT), 1969 in « Manuel de botanique forestière, Afrique tropicale », Tome IA, CTFT, Paris, 189 p de Letouzey R. , 1979
- DA MATHA SANT'ANNA A. M., 1986. Etudes biogéographiques et activités humaines d'un secteur du socle précambrien au Bénin-Zou-nord-, -une approche morphodynamique-. Thèse de doctorat de 3^e cycle de Géographie, Toulon, 223 p.
- DUCHAUFOR P. , 1983. Pédogenèse et classification. 2^e Edition, Masson, Paris, 485 p.
- DUTHIL J., 1973. Eléments d'écologie et d'agronomie. Tome III, Edition J. B. Baillière, Paris, 339 p.

- FAO, 1985. Consultation des Experts sur l'étude approfondie des problèmes agricoles et alimentaires en Afrique, Rome, Italie, 16-19 décembre, Document de travail, Ressources en terres de l'Afrique, 74 p
- FAO, 2001. *Situation des forêts du monde*. Rome, Italie, 181 p.
- FAO, 2014. Rapport sur l'agriculture traditionnelle. Rome Italie 65 p
- FAO, 2018. Rapport sur la contamination accrue des sols, journées mondiales des sols. Rome, 14 p
- IGUE A. M., 1999. Identification des types de sols et leur fertilité dans neuf bas-fonds des sites PSSA(Kandi, Glazoué, Toribossito et Dangbo), 12 p.
- INSAE, 2013. Rapport de Recensement Général de la Population et de l'Habitat (RGPH) du Bénin, 402 p
- LEBEAU E., 1986. *Les grands types de structures agraires dans le monde*, Paris, 170 p.
- MAMA J. V. & HOUNDAGBA C. J., 1991 : *Document préparatoire pour la conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement*, Rapport du Bénin, 116 p.
- MAKPONSE M., 1991. Contribution à des paysages du secteur Monkpa-Logozohè dans la sous-préfecture de Savalou. Mémoire de Maîtrise de Géographie, UNB/FLASH/DGAT, Abomey-Calavi, 147 p
- MAKPONSE M., 2012. Développement économique et protection de l'environnement dans la commune de Savalou en République du Bénin. Thèse de Doctorat Unique, UAC/FLASH/DGAT, Abomey-Calavi, 424 p.
- OKIOH C. L. , 1972 : *Contribution à l'étude morphologique des reliefs résiduels des régions de Dassa-Zoumé, Fita et Savalou (Dahomey)*. Thèse de Doctorat de 3^{ème} cycle. Université de Paris VII, 163 p.
- ROBELIN M. , 1969 : « L'alimentation en eau des plantes fourragères », Fourrages (38), 30-40
- SINTONDI O.L., AGBOSSOU K.E. et DEGNISSE B., 2013 : Dynamique de dégradation des forêts galeries et comblement du cours d'eau Agbado dans le département des Collines au Bénin. Int. J. Biol. Chem. Sci. 7(4): 1555-1567
- TORQUEBIAU E. 2014 : Systèmes techniques de production agricole et élevage. *Maroc - Y. Simonneaux © IRD, 80 p*
- VOLKOFF B. & WILLAIME P. , 1976. *Carte pédologique de reconnaissance de la République Populaire du Bénin à 1/200 000 : feuille de Porto-Novo*. OROSTOM. Paris
- WATSON R., 2007. Déclaration à l'Agence France Presse. [ttrs://www.futura-science.com/planète/actualité/développement.avec AFP-Relax news, 27/03/2018](https://www.futura-science.com/planète/actualité/développement.avec/AFP-Relax/news,27/03/2018). Dégradation des sols : les scientifiques tirent la sonnette d'alarme. Actualité classée sous : Développement durable-Environnement-Sol