

COMMUNAUTÉ FRANÇAISE DE BELGIQUE  
UNIVERSITÉ DE LIÈGE – GEMBLOUX AGRO-BIO TECH

# **Le Billonnage Cloisonné en Agriculture des Montagnes: Évaluation et Facteurs d'Acceptation. Cas des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun**

Henri Grisseur DJOUKENG

Essai original présenté en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences  
agronomiques et ingénierie biologique

Promoteur: Prof. Aurore DEGRÉ

2016



COMMUNAUTÉ FRANÇAISE DE BELGIQUE  
UNIVERSITÉ DE LIÈGE – GEMBLOUX AGRO-BIO TECH

# **Le Billonnage Cloisonné en Agriculture des Montagnes: Évaluation et Facteurs d'Acceptation. Cas des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun**

Henri Grisseur DJOUKENG

Essai original présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences  
agronomiques et ingénierie biologique

Promoteur: Prof. Aurore DEGRÉ

2016

**Djoukeng Henri Grisseur (2016). Le billonnage cloisonné en agriculture des montagnes: évaluation et facteurs d'acceptation. Cas des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun (Thèse de doctorat). Université de Liège – Gembloux Agro-Bio Tech, 166 p., 15 tabl, 28 fig.**

## Résumé

Dans les Hauts Plateaux de l'Ouest du Cameroun comme dans toutes les autres régions du monde où l'on pratique l'agriculture de montagnes, l'érosion et le ruissellement constituent une réelle menace pour le maintien durable des ressources naturelles. De nos jours les parcelles situées sur les flancs des montagnes dans les Hauts Plateaux de l'Ouest du Cameroun voient leur potentiel de production fortement réduit, voire totalement annihilé; cette situation est inquiétante d'autant plus que les agriculteurs manquent de terres arables. Les pratiques culturales qui ne tiennent pas compte de la conservation des sols et des eaux sont les principales causes de ce problème. Afin de mieux quantifier les impacts de l'érosion et du ruissellement sur les différentes fonctions assignées à l'agriculture et aux exploitations agricoles, cette thèse a implémenté le billonnage cloisonné. Cette technique de conservation des sols et des eaux est appliquée localement sur des pentes de 11 % et 29 % qui correspondent aux pentes des sols les plus cultivées dans la région. On a ainsi comparé l'efficacité des modes de préparation du sol existants (billonnage suivant la plus forte pente et culture à plat) à celui du billonnage cloisonné dans des cultures de pomme de terre, cette dernière étant de loin la spéculacion la plus pratiquée dans la région. Les résultats ont montré une différence significative entre la préparation du sol à plat ou la préparation du sol en billonnage suivant la plus forte pente et la préparation du sol en billonnage cloisonné en termes de pertes en sol ( $p= 0,003$ ), de rendements ( $p= 0,003$ ), et de ruissellement ( $p < 0,001$ ). Avec la culture pure d'un hectare en pomme de terre, la technique du billonnage cloisonné a permis : (i) d'augmenter de 7 % les populations de plantes cultivées, (ii) de réduire sensiblement le ruissellement (jusqu'à sept fois) et les pertes de sol (réduites cinq fois), (iii)

d'augmenter les rendements (augmentation de 80 %), (iv) d'augmenter le profit des agriculteurs d'environ 908388 FCFA.ha<sup>-1</sup>. Le billonnage cloisonné nécessite 41 % de travail supplémentaire quelle que soit la pente du sol sur lequel il est pratiqué. Cette augmentation des temps de travail est cependant largement compensée par les avantages qu'apporte cette technique : gain de rendement pour le producteur; création d'opportunités d'emploi pour toute la communauté; maintien du potentiel de production des sols grâce à la limitation de l'érosion. Bien que la technique présente plusieurs avantages, la disponibilité des moyens financiers nécessaires pour son implémentation pourrait être limitante car la main-d'œuvre familiale disponible est généralement insuffisante pour sa réalisation et que l'emploi de main-d'œuvre salariée coûte cher.

La suite des travaux a été consacrée à la mesure du taux d'adoption de la technique du billonnage cloisonné et à l'analyse des déterminants à l'adoption. L'étude a montré que le fait d'exploiter une terre en propriété est un facteur déterminant dans la mise en œuvre de cette technique. Les résultats ont montré des taux d'adoption du billonnage cloisonné de 93 % et 62 % respectivement par les dignitaires et les autres agriculteurs, ces deux groupes se distinguent par le fait que les dignitaires ont plus facilement accès aux meilleures terres et disposent des ressources nécessaires pour leur mise en valeur. Dans l'ensemble, l'accès à la propriété foncière, l'exploitation des pentes, et l'adoption du billonnage cloisonné comme technique de conservation des sols et des eaux sont influencés par les aptitudes agronomiques des parcelles et la situation socio-économique qui détermine le rang social des agriculteurs ( $p < 0,05$ ).

Enfin, dans le but de quantifier l'impact global sur la qualité des eaux de surface, on a mesuré la part des sédiments qui migrent des parcelles cultivées sous les trois modes de préparation du sol et arrivent jusqu'au lit du cours d'eau. La caractérisation des sédiments collectés dans la rivière a déterminé trois types de sédiments : le sol, les résidus végétaux et les autres déchets (emballages des produits phytopharmaceutiques, morceaux de gaines d'irrigation en

polyéthylène et emballages d'aliments). Les résultats ont montré que la préparation du sol en billonnage cloisonné réduit de manière significative l'envasement et la pollution de la rivière Méloh ( $p < 0,05$ ). Comparativement aux années 2012 et 2013, les quantités de sédiments ont diminué de 66 % en 2014 alors que la hauteur de la pluie avait augmenté de 71,8 mm (7 %) par rapport à l'année 2013. Au cours de la campagne agricole 2014, la technique du billonnage cloisonné a été adoptée sur 75 % de parcelles dans les terroirs du bassin versant de Méloh. Ainsi, on peut conclure que les préparations du sol à plat et en billonnage suivant la plus forte pente sont les principales causes de l'envasement et de la pollution de la rivière Méloh.

Les résultats de cette recherche conduisent aux perspectives d'amélioration suivantes : (i) tester la technique du billonnage cloisonné avec d'autres spéculations et avec différents espacements d'inter buttes, (ii) étudier la facilitation d'accès au crédit et le regroupement des agriculteurs en organisations paysannes pour favoriser l'adoption du billonnage cloisonné, (iii) expérimenter d'autres techniques de conservation des sols et des eaux comme les haies vives, la cultures sur couvert végétal (ou agro-écologie) et l'agroforesterie, et (iv) conduire des études limnologiques générales des bassins versants. La limnologie générale étudie les eaux de surface selon leurs variations saisonnières, et leurs aspects physico-chimiques et biologiques.

**Djoukeng Henri Grisseur (2016). Tied ridging in mountains' agriculture: evaluation and acceptance factors. Case study of the Western Highlands of Cameroon (PhD thesis). University of Liege – Gembloux Agro-Bio Tech, 166 p., 15 tabl, 28 fig.**

## Summary

In the Western Highlands of Cameroon as in all other regions of the world where mountain agriculture is practiced, erosion and runoff pose a real threat to the sustainable preservation of natural resources. Generally, plots located on the slopes of the mountains in the Western Highlands have either become less productive or totally unproductive; this situation is exasperated by the scarcity of arable land which is largely attributed to cultural practices that do not take into account soil and water conservation methods. To better quantify the impacts of erosion and runoff on the different functions assigned to agriculture and agricultural holdings, this thesis has implemented tied ridging which is an unused soil and water conservation technique. We have thus compared the effectiveness of the existing soil preparation methods (ridging along the steepest slopes and flatbed cultivation) with tied ridging on two operating slopes namely 11% and 29%. The results showed a significant difference between the current practice (flatbed and ridging along the steepest slopes) and tied ridging in terms of soil loss ( $p = 0.003$ ), yields ( $p = 0.003$ ), and runoff water ( $p < 0.001$ ). Under sole cropping of potato on a hectare of land, the tied ridging led to: (i) increase in populations of cultivated plants by 7%, (ii) significant reduction of runoff (lowered by a factor of seven) and soil loss (lowered by a factor of five), (iii) increase in yields by 80%, (iv) increase in farmer's profitability by approximately 908388 FCFA.ha<sup>-1</sup>. The tied ridging needed 41% extra work regardless the slope of the land on which it was practiced. The tied ridging showed undeniable advantages: the stress of additional work was offset by the gain in yields for producer; additional work created additional job opportunities for the community; and tied ridging improved the conservation of soil and water for a healthy environment. Although the technique has several advantages, the provision of financial means for its implementation

could be a negative point, because family labor supply is generally insufficient for its realization and the hired labor is expensive.

Further work was dedicated to measuring the rate of adoption of the tied ridging technique and analysis of the determinants for adoption. The study showed that exploiting land ownership by farmers is a key factor in the implementation of soil conservation techniques. The results showed tied ridging adoption rates of 93% and 62% for dignitaries and other farmers respectively. Overall, access to land, operating slopes, and adoption of soil and water conservation techniques were significantly influenced by agronomic potentials of plots and socio-economic situation of farmers ( $p < 0.05$ ).

Finally, in order to quantify the overall impact of tied ridging on the quality of surface water, we measured the proportion of sediments migrating from plots under the three soil preparation methods and entering to the river's bed. The collected and measured sediments consisted of soil, plant residues, and other wastes (chemical packages, plastic casing used for irrigation, and food packages). The results showed that tied ridging cultivation method significantly reduced siltation of the Méloh River ( $p < 0.05$ ). Compared to 2012 and 2013, quantities of sediment decreased by 66% in 2014, the year in which the tied ridging technique was adopted on 75% of the plots. Thus the flatbed and ridging along the steepest slopes soil preparation methods are the principal cause of siltation and pollution of the Méloh River.

The results of this research led to the following prospective approaches for improvement: (i) test the tied ridging technique with other crops and with different inter mounds' spacing, (ii) study the facilitation of access to credit and creating farmer's organizations for promoting the adoption of tied ridging, (iii) test other soil and water conservation techniques such as live hedges, direct-sowing mulch-based crop (agroecology), and agroforestry, and (iv) conduct general limnologic studies of watersheds. The general limnology studies the surface waters according to their seasonal variations, and their physico-chemical and biological aspects.

**Copyright.** Aux termes de la loi belge du 30 juin 1994, sur le droit d'auteur et les droits voisins, seul l'auteur a le droit de reproduire partiellement ou complètement cet ouvrage de quelque façon et forme que ce soit ou d'en autoriser la reproduction partielle ou complète de quelque manière et sous quelque forme que ce soit. Toute photocopie ou reproduction sous autre forme est donc faite en violation de la dite loi et de des modifications ultérieures.

# Dédicace

À mes feus parents, vous qui m'aviez toujours appelé « ÉLÈVE » durant toute votre vie sur cette terre. Par la grâce de Dieu, j'ai pu dépasser le seuil de votre imagination en produisant cette thèse. Que vos deux âmes reposent en paix !

# Remerciements

Durant ces années passées à faire les recherches dont les résultats sont consignés dans ce document, j'ai été orienté et soutenu par plusieurs personnes dont je ne saurai me rappeler de tous les noms. Que tous ceux qui ne trouveront pas leurs noms mentionnés ici puissent m'excuser ; ma gratitude envers vous n'en est pas moindre.

Mes premiers remerciements s'adresseront inévitablement à Mme le Professeur Aurore Degré pour la qualité de son encadrement au cours de ces années de recherche passées à l'Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Département Biosystems Engineering, dont l'ultime étape est en passe d'être franchie! La richesse de ses connaissances et son savoir-faire pour les partager auront toujours à mes yeux valeur d'exemple. La joie de vivre qui l'anime, sa disponibilité et son dynamisme à toute épreuve sont tout aussi exemplaires et sont pour beaucoup dans la réalisation et l'aboutissement de ce travail de recherche. Que dire de son incroyable disponibilité malgré un agenda plus que surchargé : gestion administrative, enseignement, direction de nombreuses autres thèses et des travaux de fin d'études, sans oublier ses propres recherches. Parmi toutes ses activités menées intensément, elle a toujours su trouver un créneau horaire lui permettant d'être attentive à mon travail de thèse et à l'écoute des aspects extrinsèques de ce travail, mais non moins impliqués dans son aboutissement. Dans le cadre de ma thèse, son ouverture d'esprit et sa capacité d'écoute nous ont permis de parvenir à des consensus judicieux de nos points de vue respectifs de la problématique, des moyens à mettre en œuvre pour l'aborder et en valoriser les résultats. En deux mots, bien que non représentatifs de mon estime : MERCI PROFESSEUR.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à Monsieur le Professeur Gilles Colinet, qui a bien voulu présider le jury de cette thèse.

Messieurs les Professeurs Guy Mergeai, Thomas Dogot, Gilles Colinet et Christopher Mubeteneh Tankou ont assumé la lourde tâche d'examiner ce travail de recherche en détail, depuis le comité de thèse jusqu'au jury final. Sans condition aucune, chacun d'eux a toujours su créer un espace dans son agenda pour m'accorder un temps de discussion chaque fois que je sollicitais. Je voudrais ici leur témoigner ma profonde gratitude pour leur disponibilité, leurs suggestions et leurs précieux conseils scientifiques.

Ma profonde gratitude va également à Monsieur Christian Roisin, attaché scientifique au Centre Wallon de Recherches agronomiques, pour l'attention et l'intérêt qu'il a porté sur ce travail de recherche en acceptant de siéger dans le jury.

Un remerciement chaleureux s'adresse à Monsieur Stéphane Becquevort, qui a assuré le suivi des échantillons de sol, depuis leur conservation dans les conditions optimales jusqu'au retrait des résultats d'analyses physico-chimiques du laboratoire.

J'accorde toute ma reconnaissance à Madame Katia Berghmans, qui, en plus de ses promptes réponses administratives, a accepté de sacrifier une partie de son temps pour la relecture attentive de cette thèse. Merci!

Merci particulier l'ensemble des notables et agriculteurs qui n'ont ménagé aucun effort pour la collecte des données de cette thèse, spécialement à leurs leaders messieurs Nanfack Bernard (Fonkah), Djoukeng Saint-Clair (Wamba Nkem) et Ngouné Etienne Takoukeng (Nkem sa'ah).

Monsieur Guy Rizzato a été là pour répondre de façon proactive ou ponctuelle à quelques soucis pouvant entraver le bon déroulement de ces travaux de recherche, grand merci !

Merci à Madame le Professeur Sarah Garré pour l'aide qu'elle m'a apporté pendant ma formation doctorale.

J'exprime également ma gratitude à tous les chercheurs et doctorants de l'axe Échanges eau-sol-plante, en particulier Dr. Ir. Éléonore Beckers et Déborah Deraedt, qui, outre leur soutien quotidien m'ont aidé à vaincre la peur du début de thèse.

Pendant presque tous mes week-ends passés au bureau, Monsieur Daniel Baes me réconfortait avec son sourire et une blague de quelques secondes, merci de tout cœur !

Un merci tout spécial aux Docteurs-Ingénieurs Aimé Landry Dongmo Ngoutsop (Consultant, Agricultures et Développement) et Dogo Seck (Secrétaire général, Ministère de l'Agriculture et de l'Équipement Rural, Sénégal) qui m'ont encouragé et soutenu dans de cette captivante aventure.

J'exprime toute ma gratitude à Madame et Monsieur Valy et à Jean-Pierre Piscart, qui, par leur hospitalité et le fait d'accepter que je les appelle « Maman » et « Papa », ont changé ma vision des Hommes et des liens puissants qui se tissent entre eux.

Je remercie également l'équipe de sélection des céréales du Centre Wallon de Recherches agronomiques Dr. Ir. Emmanuelle Escarnot, Luc Watelet, Léon Calonne, Luc Remacle et Benoit Vervaeren. Elle m'a permis d'apprendre beaucoup du froment et de l'épeautre.

Je tiens à remercier mes amis doctorants de Gembloux Agro-Bio Tech, originaires d'Afrique, pour leurs gestes d'encouragements, leurs multiples marques d'affection et leur aide. Ils se reconnaîtront !

En cette fin de parcours doctoral, une pensée amicale et sympathique va à mes amis ingénieurs Alain Lekeulem, Édouard Tagueguim, Albert René Tsombeng et Jean Merlin Basile Étobé. Bien que le Cameroun et la Belgique soient séparés par une distance d'environ 11000 km, leurs encouragements et leur humour à partir du Cameroun ont rythmé ma vie quotidienne en Belgique durant ces cinq années de thèse. Merci d'être à l'écoute!

À vous mes famille et belle-famille, spécialement Pierre Akateu, papa Thomas Ngouné, papa Prosper Fouanang, Nkemgwang, Nkemdjatsa et Djouldé Salvador. Vous avez su faire de votre mieux pour maintenir l'équilibre familial et remplir mes devoirs traditionnels sans que les regards extérieurs ne constatent mon absence de longue durée. Trouvez ici toute ma reconnaissance !

En fin, cette thèse est l'aboutissement de cinq périlleuses et passionnantes années de recherche au cours desquelles mon épouse (Marie Pauline Donfack Momo) et mes enfants (Alida, Rivet, Roche, Éliette et Valy), bien que éloignés physiquement, m'ont accordé une attention et une affection sans faille. Je leur témoigne donc toute ma reconnaissance pour le soutien, l'encouragement et le réconfort qu'ils m'ont apportés dans les moments délicats. Rien n'aurait été possible sans vous !



# Contenu

Résumé.....	i
Summary .....	iv
Dédicace.....	vii
Remerciements .....	viii
Listes des Figures .....	xvii
Liste des Tableaux .....	xviii
Liste des acronymes / abréviations.....	xix
1 Introduction générale .....	2
1.1 Introduction .....	2
1.2 Les fonctions de l'agriculture .....	6
1.2.1 La fonction économique .....	6
1.2.2 La fonction socio-culturelle.....	7
1.2.3 La fonction environnementale.....	7
1.3 La dégradation des sols dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun .....	8
1.4 Problématique générale.....	9
1.5 Questions de recherche .....	13
1.6 Objectifs et hypothèses de recherche .....	13
1.7 Structure de la thèse .....	15
2 Méthodologie générale.....	18
2.1 Zone d'étude .....	18
2.1.1 Climat .....	19
2.1.2 Relief, végétation et sols .....	22
2.2 Échelles d'intervention .....	23
2.3 Méthode de recherche .....	24
2.3.1 Diagnostics des pratiques agropastorales à l'échelle des groupements de villages .....	26
2.3.2 Diagnostic des pratiques d'usage à l'échelle parcellaire .....	27
2.3.3 Diagnostics pédologiques.....	30
2.3.4 Suivi des expérimentations et quantification des flux.....	31
3 Description du contexte socio-économique et agro-écologique des HPOC.....	34
3.1 Introduction .....	34
3.2 Organisation de la société.....	35

3.3	Gestion des ressources naturelles collectives et individuelles .....	36
3.3.1	Gestion des ressources foncières.....	36
3.3.2	Gestion des ressources en eau dans les HPOC .....	37
3.4	Exploitation des collines dans les HPOC .....	38
3.4.1	Exploitation des pentes dans les groupements et les villages .....	38
3.4.2	Exploitation des pentes par rang social dans les collines de Méloh .....	40
3.4.3	Exploitation des superficies et des parcelles dans les pentes des terroirs de Méloh	41
3.5	Description générale de la fertilité des sols dans les terroirs de Méloh.....	43
3.6	Production agro-sylvo-pastorale.....	44
3.6.1	Arboriculture.....	44
3.6.2	Élevage .....	45
3.6.3	Cultures de rente .....	46
3.6.4	Cultures vivrières.....	47
3.6.5	Activités socio-économiques.....	51
3.7	Techniques de conservation des sols et des eaux .....	53
4	Improving Farmers' Profitability, Soil and Water Conservation through an Adapted Tillage Technique: Experiences from the Cultivation of Potatoes in Bamiléké's hills, Cameroon .....	57
	Abstract.....	58
4.1	Introduction .....	59
4.2	Materials and Methods.....	60
4.2.1	Presentation of the Experimental Site .....	60
4.2.2	Weather Data from the Experimental Site .....	61
4.2.3	Physical and Chemical Characteristics of the Soil .....	62
4.2.4	Management of the Field Trial.....	62
4.2.5	Experimental Design .....	62
4.2.6	Tillage, Demarcation, Planting and Basal Application.....	64
4.2.7	Pesticides and Chemical Fertilizers .....	65
4.2.8	Hoeing and Mounding.....	65
4.2.9	Collecting Water Runoff and Sediments .....	66
4.2.10	Harvesting .....	66
4.2.11	Quantification of Water Runoff and Sediment .....	67
4.2.12	Assessment of Tillage Methods in Expenses and Revenue.....	67
4.2.13	Data Analysis.....	68
4.3	Results and Discussion .....	68

4.3.1	Physical and Chemical Characteristics of the Soil .....	68
4.3.2	Effects of Slope and Tillage on Quantity of Water Runoff .....	69
4.3.3	Effects of Slope and Tillage on Quantity of Sediment.....	72
4.3.4	Effects of Slope and Tillage on Crop Yield.....	74
4.4	Assessment of Technique Performance.....	75
4.4.1	Water Runoff.....	75
4.4.2	Seedling Density, Workforce, Sediment Reduction, and Yield .....	76
4.4.3	Assessment of Tillage Methods in expenses and revenue .....	78
4.5	Conclusions .....	78
5	Contraintes Socio-économiques de Répartition des Terres et Impacts sur la Conservation des Sols dans les Hauts Plateaux de l’Ouest du Cameroun .....	81
	Résumé.....	81
	Summary .....	82
	Socio-economic Constraints of Land Distribution and Impacts on Soil Conservation in the Western Highlands of Cameroon.....	82
5.1	Introduction .....	83
5.2	Matériels et Méthodes.....	86
5.2.1	Milieu d’étude .....	86
5.2.2	Collecte des données .....	88
5.2.3	Traitement des données .....	89
5.3	Résultats.....	89
5.3.1	Les sols .....	89
5.3.2	Propriété foncière et exploitation des pentes par rang social.....	91
	Source : Calculé à partir des données d’enquêtes de terrain, 2012.....	92
5.3.3	Taux d’adoption des techniques de conservation des sols.....	93
5.4	Discussion.....	93
5.5	Conclusion.....	97
6	Siltation and Pollution of Rivers in the Western Highlands of Cameroon: a Consequence of Farmland Erosion and Runoff .....	100
	Abstract.....	101
6.1	Introduction .....	102
6.2	Materials and Methods.....	103
6.2.1	Study area .....	103
6.2.2	Climatic data of the study area .....	105
6.2.3	Hydrography of the study area .....	106

6.2.4	Data collection .....	106
6.2.5	Data analysis .....	108
6.3	Results .....	109
6.3.1	Siltation evolution .....	109
6.3.2	Total annual collected sediment and rainfall.....	109
6.3.3	Change in sediment character over time .....	110
6.4	Discussion.....	110
6.5	Conclusion.....	112
7	Conclusion générale et perspectives .....	114
7.1	Conclusion.....	114
7.2	Perspectives .....	124
	Références bibliographiques.....	129
	Annexe 1 : Fiche d'enquête exploratoire par parcelle.....	141
	Annexe 2 : Fiche de mesure infiltrométrie .....	150
	Annexe 3 : Suivi ruissellements et pertes en sol.....	151
	Annexe 4 : Suivi développement végétal.....	152
	Annexe 5 : Itinéraire technique de la pomme de terre .....	153
	Annexe 6 : Récolte de la pomme de terre .....	154
	Annexe 7 : Financial assessment of treatments .....	155
	Annexe 8 : Envasement et pollution du cours d'eau .....	156
	Annexe 9 : Caractéristiques physico-chimiques des sols.....	157
	Annexe 9-1 Description du profil P1 .....	157
	Annexe 9-2 Description du profil P2 .....	158
	Annexe 9-3 Description du profil P3 .....	159
	Annexe 9-4 Caractéristiques physico-chimiques des sols sous les espèces indicatrices de la fertilité.....	160

# Listes des Figures

Figure 2-1 Carte des hauts plateaux de l’Ouest – Cameroun .....	19
Figure 2-2 Moyenne : Température, précipitations, évapotranspiration et déficit hydrique sur 20 ans .....	20
Figure 2-3 Moyenne cumulée: Précipitations, évapotranspiration et déficit hydrique sur 20 ans .....	21
Figure 2-4 Photo du relief des hauts plateaux de l’Ouest – Cameroun .....	22
Figure 2-5 Déroulement de la recherche .....	25
Figure 3-1 Superficies exploitées (en hectare) par pente dans les terroirs de Méloh.....	42
Figure 3-2 Nombre de parcelles par pente dans les terroirs de Méloh.....	42
Figure 3-3 Identification des profils du sol.....	44
Figure 3-4 Superficies des cultures (en hectare) dans les terroirs de Méloh .....	49
Figure 3-5 Nombre de parcelles par culture dans les terroirs de Méloh.....	50
Figure 3-6 Conditionnement de la pomme de terre.....	53
Figure 4-1 Precipitation and average temperature during 2013 and 2014 growing seasons at the study site.....	61
Figure 4-2 Graphical representation of an experimental block.....	63
Figure 4-3 Device for water and sediments collection .....	66
Figure 4-4 Chart of average cumulative runoff per hectare, per tillage method on 11% slope .	70
Figure 4-5 Chart of average cumulative runoff per hectare, per tillage method on 29% slope .	71
Figure 4-6 Chart of average cumulative sediment per hectare, per tillage method on 11% slope .....	73
Figure 4-7 Chart of average cumulative sediment per hectare, per tillage method on 29% slope .....	74
Figure 4-8 Chart of average crop yield per hectare, per tillage method and per slope .....	75
Figure 5-1 Situation géographique de la zone d’étude dans la carte du Cameroun .....	86
Figure 5-2 Paysage des collines du groupement Fongo-Tongo .....	87
Figure 5-3 Distribution de fréquences des principaux modes d’acquisition des parcelles.....	91
Figure 5-4 Distribution de fréquence totale et fréquence d’adoption du billonnage cloisonné	93
Figure 6-1 Geographical location of research site .....	104
Figure 6-2 Climate data from the research site .....	106
Figure 6-3 Presentation of the sediment collection well .....	108
Figure 6-4 Siltation evolution over time .....	109
Figure 6-5 Evolution of different sediment amounts over time .....	110

## Liste des Tableaux

Tableau 2-1 Récapitulatif de l'enquête exploratoire par parcelle .....	29
Tableau 3-1 Caractéristiques des collines de quatre groupements de la zone d'étude.....	39
Tableau 3-2 Exploitation des parcelles dans les pentes par rang social .....	40
Tableau 3-3 Propriétaires des parcelles dans les pentes par rang social .....	41
Tableau 3-4 Superficie par culture et par pente dans les terroirs de Méloh.....	51
Table 4-1 Soil characterization.....	69
Table 4-2 Percent change in water runoff per hectare as compared to flatbed .....	76
Table 4-3 Percent change in density, workforce, and yields per hectare compared to ridging along the steepest slopes.....	76
Table 4-4 Farmers' expenses, revenue, and profit per hectare.....	78
Tableau 5-1 Caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface des sols .....	90
Tableau 5-2 Quelques espèces indicatrices de la qualité du sol.....	90
Tableau 5-3 Distribution de fréquence des propriétaires et exploitants de parcelles par rang social et par classe de pentes.....	92
Table 6-1 Main crops during experimental years (%) .....	105
Table 6-2 Collected sediment per slope per soil preparation method (t.ha <sup>-1</sup> ) .....	107
Table 6-3 Total quantities of collected sediment (t.ha <sup>-1</sup> ) and total rainfall (mm) .....	109

# Liste des acronymes / abréviations

A : Perte en sol moyenne annuelle

AFD : Agence Française de Développement

AVZ : Agent de Vulgarisation de zone

BELAC : Belgian Accreditation Organization

C : Carbone

C (page 4) : Indice du couvert végétal

Ca : Calcium

CDC : Cameroon Development Corporation

CE : Conductivité électrique

CEC : Capacité d'échange cationique

CO : Monoxyde de carbone

dpH : différence de potentiel hydrogène

PDRPO : Programme de Développement Rural de Province de l'Ouest

DSCE : Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi

ECAM : Enquêtes Camerounaises sur les Ménages

ETP : Evapotranspiration potentielle

FAO : Food and Agriculture Organization

FB : Flatbed

Fmin: Valeur minimale du test de Fisher

GPS : Global Positioning System

HPOC : Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun

INC : Institut National de Cartographie du Cameroun

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

ISO : Organisation internationale de normalisation

K (page 4) : Indice d'érodibilité du sol

K : Potassium

k : Conductivité hydraulique du sol

Kcl : Chlorure de potassium

LS : Indice topographique

NF : Norme Française

Mg : Magnésium

MO : Matière organique

N : Azote

Na : Sodium

NASA : National Aeronautics and Space Administration

Ntot : Azote total

OMD : Objectifs du Millénaire pour le Développement

ONG : Organisation Non Gouvernementale

P : Indice des pratiques antiérosives

PAFPT : Projet d'Appui à la Filière Pomme de Terre

Pg : Pétagramme (1 Pg= 10<sup>12</sup> Kg)

pH : Potentiel hydrogène

PNGE : Plan National de Gestion de l'Environnement du Cameroun

R : Indice d'érosivité des précipitations

RASS : Ridging Along the Steepest Slopes

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

S : Somme des bases échangeables

SCV : Culture sur couvert végétal

T : Capacité totale d'échange cationique

UCCAO : Union Centrale des Coopératives Agricoles de l'Ouest

V : Taux de saturation (%)

TR : Tied Ridging

USLE : Universal Soil Loss Equation



# 1 Introduction générale

## 1.1 Introduction

Le processus d'érosion par ruissellement entraîne la dégradation de la qualité des principales ressources nécessaires à la vie, à savoir l'eau et la terre arable (Ehrenfeld, 2004). Selon le même auteur, la quantité et la qualité des matières arrachées au continent par l'énergie cinétique des gouttes de pluies et véhiculées par les eaux de ruissellement réduisent le potentiel des terres agricoles et génèrent des pertes de surfaces productives. Indépendamment de l'agriculture, le processus d'érosion façonne de nombreux sols et reliefs (Derruau, 2010). D'après Roose et al (2008), dix millions d'hectares de terres cultivables sont perdus chaque année dans le monde, avec 55 % de ces pertes attribuées à l'érosion hydrique. L'érosion des sols est un danger traditionnellement associé à l'agriculture ; selon la topographie du terrain elle peut avoir des effets immédiats, à court ou à long terme sur la productivité des sols et la durabilité de l'agriculture (Morgan, 2004). Hors du site où elle se produit, l'érosion par ruissellement conduit également à plusieurs dommages environnementaux parmi lesquels : l'envasement, l'augmentation des risques d'inondation, la réduction de la capacité des rivières et des fossés de drainage, le raccourcissement de la durée de vie des réservoirs, la pollution des sols et des rivières (Meybeck, 1993). Selon la FAO (2002), les activités humaines doivent aller dans le sens de la diminution de la pollution des eaux des rivières, car l'eau et la sécurité alimentaire sont étroitement associées.

Dans la quasi-totalité des régions du monde à forte densité humaine, les agriculteurs sont contraints de cultiver, souvent imprudemment, des terres les plus marginales, en particulier dans l'Himalaya, les Andes et de nombreuses zones montagneuses des régions tropicales humides. Le processus d'érosion entraîne l'alcalinisation des sols, d'où l'abandon de vastes étendues de terres agricoles autrefois productives (Wen, 1993). Au niveau mondial, en tenant compte des variations topographiques, des propriétés physico-chimiques du sol et de l'utilisation des terres, des études récentes estiment à environ 30 Pg/an les pertes en sol dues

à l'érosion par ruissellement et à environ 5 Pg/an les pertes en sol dues à l'érosion hydrique sur des sols fragilisés par le labour (Wang et al, 2015). En effet, le labour émiette le sol en de fines particules facilement transportables par les eaux de ruissellement dans les conditions de forte pente et de sol battant.

L'érosion par ruissellement se manifeste sur le terrain sous trois formes principales (Roose, 1994):

- l'érosion diffuse ou érosion en nappe ;
- l'érosion en rigoles ;
- l'érosion en ravines.

L'érosion diffuse abordée dans cette thèse est une combinaison de plusieurs facteurs qui interagissent et sont rassemblés dans plusieurs équations de formes différentes pour calculer les pertes en sol. L'érosion diffuse est liée à la dégradation structurale superficielle des sols. La dégradation structurale : (i) génère la formation de croutes de battance qui réduisent la capacité d'infiltration des sols et entraînent l'apparition du ruissellement, et (ii) est à l'origine de l'émission de petits fragments de terre qui seront exportés par les eaux de ruissellement (Leguédois, 2003).

Parmi les équations de calcul des pertes en sol dues à l'érosion diffuse, la plus utilisée est l'équation empirique de pertes en sol de Wischmeier et Smith appelée « *équation universelle de perte en terre* » plus connue sous l'acronyme USLE (Universal Soil Loss Equation). Cette équation, utilisée pour la première fois sur des parcelles standardisées de dimensions 22,10 m de long sur 1,80 m de large (Morgan et Nearing, 2011), en Amérique du Nord, s'exprime par la formule mathématique suivante:

$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$

Où :

A : représente la perte en sol moyenne annuelle exprimée en t/(ha.an)

R : l'indice d'érosivité des précipitations exprimé en (MJ.mm)/(ha.an.h)

K : l'indice d'érodibilité du sol exprimé en (t.ha)/(MJ.mm)

LS : l'indice topographique

C : l'indice du couvert végétal

P : l'indice des pratiques antiérosives

Cette formule, bien qu'issue d'essais limités et donc non extrapolables à toutes les situations, présente l'avantage de rassembler les facteurs de cause de l'érosion diffuse. Ces facteurs sont donc également les leviers de la lutte contre l'érosion.

Contrôler l'érosion c'est augmenter le potentiel de séquestration du carbone dans les sols ainsi que celui de la restauration des sols dégradés et de l'amélioration de la qualité des eaux (Morgan et Nearing, 2011). D'après Lal (2008), des études récentes ont reconnu la protection des sols comme un défi mondial, non seulement parce que les sols sont essentiels pour assurer la disponibilité en nourriture et en eau de bonne qualité, mais aussi parce que les sols peuvent séquestrer des quantités importantes de carbone pour atténuer les changements climatiques. Le potentiel de carbone organique dans la couche arable du sol est si important qu'il peut être estimé à environ deux fois la teneur en carbone atmosphérique, soit environ 1550 Pg de carbone organique dans le sol par rapport à 760 Pg de carbone dans l'atmosphère (Wang et al, 2015). Le détachement des particules du sol, par l'énergie cinétique des gouttes de pluie et les eaux de ruissellement, conduit à la rupture des agrégats et à l'exposition du carbone encapsulé dans les micro-agrégats des domaines d'argile. Le carbone ainsi exposé aux intempéries est libéré dans l'atmosphère sous forme de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). En outre, les sols érodés peuvent perdre entre 75 % et 80 % de leur teneur en carbone (Lal, 1995). L'érosion est donc un

facteur à considérer également dans la problématique des changements climatiques, étant donné que l'augmentation de la teneur en dioxyde de carbone de l'atmosphère augmente l'effet de serre. Avec une bonne application des mesures de conservation des sols, il faudra plusieurs siècles pour que le carbone séquestré dans le sol soit libéré dans l'atmosphère (Van Oost et al, 2012).

L'érosion des sols est donc un processus physique qui présente des variations considérables à l'échelle mondiale dans sa gravité et sa fréquence. Par ailleurs, l'érosion est également fortement influencée par des facteurs sociaux, économiques, politiques et institutionnels qui impactent les lieux et les intensités du phénomène.

L'érosion des sols coûte à l'économie des États-Unis entre 30 (Uri et Lewis 1998) et 44 milliards de dollars (Pimental et al, 1993) chaque année. Le coût annuel au Royaume-Uni est estimé à 90 millions de livres (Agence de l'environnement 2002). En Indonésie, le coût est de 400 millions de dollars par an en Java seul (Magrath et Arens 1989). Ces coûts résultent des effets de l'érosion à la fois sur site et hors site. En général, l'agriculteur appréhende seulement les coûts sur le site. Il faut noter que les coûts induits par l'érosion hors site sont souvent considérables mais supportés par d'autres personnes que l'agriculteur, à l'exemple des compagnies d'assurances et des pouvoirs publics locaux. Les travaux de construction des étangs de sédimentation pour retenir les sédiments et les eaux de ruissellement générés par une superficie arable de 5516 km<sup>2</sup> dans le centre de la Belgique ont coûté 38 millions d'euros et 1,5 millions d'euro chaque année pour l'entretien (Verstraeten et Poesen, 1999). D'après Robinson (1990), en octobre 1987, le ruissellement érosif de terres arables dans quatre bassins versants du South Downs en Angleterre, hors du site de production, a causé des dommages équivalents à 660 000£. Ces coûts supportés entièrement par les pouvoirs publics locaux et les assurances, n'ont pas pris pas en compte les charges de la police et des pompiers.

## 1.2 Les fonctions de l'agriculture

Depuis les temps anciens, l'agriculture et les exploitations agricoles assurent à l'humanité des fonctions multiples et variées. Le concept de multifonctionnalité de l'agriculture apparaît formellement en 1992 dans l'agenda 21 issu du sommet de la terre à Rio de Janeiro (FAO, 1999). Le rôle primaire de l'agriculture reste la production d'aliments et d'autres produits de base, et la contribution à la sécurité alimentaire. On peut toutefois reconnaître trois principales fonctions de l'agriculture : la fonction économique, la fonction environnementale et la fonction socio-culturelle. En combinant de façon optimale ces trois fonctions reconnues à l'agriculture et aux exploitations familiales, on obtiendrait la sécurité alimentaire au niveau local, national, régional voire global. On parle de sécurité alimentaire quand on a, à tout moment, un accès physique et économique à une nourriture suffisante, saine et nutritive permettant de satisfaire aux besoins énergétiques et aux préférences alimentaires pour mener une vie saine et active (FAO, 1999 ; Bonin, 2001). Obtenir la sécurité alimentaire est une tâche complexe qui exige un environnement propice et des politiques assurant la stabilité et l'équité aux plans social, culturel, politique et économique (FAO, 1999).

### 1.2.1 La fonction économique

La fonction économique ou fonction de production est la principale fonction assignée à l'agriculture. L'agriculture produit des biens alimentaires, des matières premières aux industries textiles (exemple du coton) et agroalimentaires. Elle peut également produire des activités touristiques et fournir des emplois directs et indirects (Laurent et al, 2003). Selon la FAO (1999), l'agriculture et son utilisation des terres ont besoin d'intrants comme le travail, les services et les capitaux. L'agriculture fournit des biens et des services qui sont traités, transportés, commercialisés et distribués. Elle a donc d'importants effets économiques.

## 1.2.2 La fonction socio-culturelle

L'agriculture contribue au maintien, à la viabilité et au dynamisme du tissu social dans les zones rurales en participant à la vie locale et à l'animation du milieu rural. Elle développe ou maintient l'occupation et l'aménagement des territoires, préserve et transmet l'héritage culturel, contribue à l'attractivité des territoires. Les zones rurales considérant les traditions comme essentielles, le développement agricole permet de les maintenir de façon durable. Si les mauvaises pratiques agricoles venaient à rendre la majorité des terres disponibles inaptées à la production, l'on assisterait au phénomène d'exode rural et donc de perte d'identité pour la zone considérée.

## 1.2.3 La fonction environnementale

Les activités agricoles peuvent avoir à la fois des effets positifs et négatifs sur l'environnement qui fournit des services vitaux aux êtres vivants.

Comme effets positifs, l'agriculture aide à préserver les habitats naturels (biodiversité), à mettre en valeur le paysage et à maintenir le milieu ouvert. Par l'installation des bandes végétales filtrantes, l'agriculture aide à contrôler la qualité des eaux de ruissellement. Les activités agricoles peuvent aussi aider à réguler le climat (Laurent et al, 2003). Parlant de la régulation du climat, les activités agricoles peuvent lutter contre l'effet de serre, d'une part, lorsqu'elles contribuent à la fixation du carbone dans le sol, et d'autre part, par ce que les plantes cultivées consomment du carbone dans leur processus photosynthétique. D'ailleurs, on peut dire qu'une récolte abondante se traduit en d'autres termes par un développement végétatif abondant, donc par une consommation abondante du carbone. L'aménagement des bassins versants par et/ou pour les activités agricoles peut contribuer à maîtriser l'érosion et le ruissellement qui ont des effets négatifs tant en amont qu'en aval.

Bien que les activités agricoles aient beaucoup d'effets positifs sur l'environnement, elles peuvent aussi avoir des effets négatifs sur l'ensemble des ressources naturelles. Par exemple,

si les agriculteurs de collines ne mettaient pas en place des pratiques antiérosives, ils génèreraient d'une part la déstabilisation de la couche superficielle du sol sur le site, et d'autre part l'envasement et la pollution des cours d'eaux en aval.

L'agriculture devrait donc renforcer ses effets positifs et atténuer ses effets négatifs sur l'environnement global.

### **1.3 La dégradation des sols dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun**

Dans les Hauts Plateaux de l'Ouest du Cameroun (HPOC), l'effet combiné des pratiques culturales ancestrales (billonnage suivant la plus forte pente et culture à plat), de la forte pluviosité, du relief et du type de sol (sols ferralitiques), favorise différentes formes d'érosion hydrique, entraînant la dégradation des sols et la baisse du potentiel de production agricole. En effet, les fortes précipitations en saison pluvieuse et la pratique de l'irrigation des cultures en saison sèche, entraînent le départ de terre par érosion en creusant des ravines et en emportant les éléments fertiles du sol. Ces différentes formes d'érosion créent des déséquilibres et des dégâts au niveau des bassins de production : dégradation de la couche arable du sol avec perte d'éléments fertilisants en amont ; dépôts excessifs d'alluvions, destruction des cultures et dégradation de la qualité des eaux en aval (Derancourt, 1995 ; El Hage Hassan et al. 2013). Il faut également noter que les populations en aval n'ont aucune autre source d'eau potable que celle des rivières polluées en amont, d'où leur exposition aux maladies hydriques et aux intoxications par les produits phytosanitaires. Fonteh et al (1998) ont montré, avec la culture des petits pois (*Pisium sativum L.*), que pour une variation de pente de 0,89 à 2,69 % l'érosion augmenterait de 34 fois par rapport à la première pente dans cette région.

Dans les collines du groupement Fongo-Tongo, les observations de terrain révèlent une nette activité érosive sous toutes les formes (érosion en nappe, érosion en rigoles et érosion en

ravines). Le ruissellement constitue le processus le plus fréquent : au départ, l'eau des précipitations s'écoule en un réseau de plusieurs filets minuscules; dans leur progression, ces filets creusent de petites rigoles de quelques centimètres tant en largeur qu'en profondeur. Par la suite, ces rigoles se transforment en ravines qui deviendront progressivement plus larges et plus profondes, avec des profils transversaux sous forme de « U » ou « V ». Le ruissellement concentré agit lorsque la pente devient plus forte; les eaux se concentrent sur les accidents de terrain, trouvant ainsi un chemin d'écoulement.

Le ruissellement diffus étudié dans cette thèse présente ses méfaits le long des versants. Les filets d'eau sillonnent les parcelles labourées et enlèvent dans leur progression les éléments fins de surface, provoquant ainsi un déblayage des sillons. Les produits ainsi arrachés s'entassent en bas des versants ou se retrouvent directement dans les cours d'eau.

Il s'avère donc important de limiter les risques de dégradation rapide des sols et d'améliorer la durabilité des systèmes de production en tenant compte des réalités socio-économiques, démographiques, biophysiques et environnementales (cf chapitre 3) qui prédominent dans les Hauts Plateaux de l'Ouest – Cameroun (HPOC).

De ce qui précède, ce travail de recherche se propose d'introduire, le billonnage cloisonné (Roose et al, 2010), un mode de préparation du sol capable d'améliorer la rétention des sédiments et des eaux de ruissellement sur les parcelles cultivées. Par cette rétention, la technique du billonnage cloisonné augmente les niveaux des rendements des cultures vivrières dans la zone agro-écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest – Cameroun (HPOC).

## **1.4 Problématique générale**

À l'horizon 2015, le Cameroun s'est fixé huit objectifs du millénaire pour le développement (OMD). Cette thèse contribuera à deux de ces OMD, à savoir : assurer un environnement durable et réduire l'extrême pauvreté et la faim (DSCE, 2009). 85,4 % de paysans des HPOC

restent attachés aux méthodes traditionnelles de préparation des lits de semis dont certaines constituent une menace pour la durabilité des sols, d'où le fort intérêt de prendre et de respecter certaines règles d'utilisation (Tchawa, 1991 ; Tchawa, 1993 ; Fotsing, 1993) ; parmi ces méthodes nous pouvons citer :

- L'écobuage qui est une pratique paysanne consistant à regrouper l'herbe défrichée en un ou plusieurs tas sur la parcelle, la recouvrir de terre et y mettre du feu qui ne s'éteint qu'après quasi totale combustion de l'herbe. D'après les agriculteurs, la pratique de l'écobuage fertilise le sol car elle produit des cendres qui sont facilement assimilables par les plantes cultivées. Outre la fragilisation de la structure du sol par l'écobuage, il faut noter que cette fertilité du sol ne dure qu'une seule saison culturale. La combustion résulte en une élévation de la température du sol qui entraînerait la mort des microorganismes,
- La culture pure sur lits de semis préparés à plat ou en billonnage suivant le sens de la forte pente.

Ces trois modes de préparation du sol contribuent à la dégradation continue des sols, à l'envasement et à la pollution des eaux des rivières.

Ces méthodes traditionnelles exposent les terres agricoles au phénomène d'érosion par ruissellement. De plus, dans ces zones, l'accès à l'eau potable est difficile ; seulement 6,3 % des ménages dans cette zone ont accès à l'eau potable ne provenant pas des rivières ; 93,7 % dépendent donc des eaux de rivières (ECAM 3, 2008).

Jusqu'à nos jours les études menées sur les phénomènes d'érosion dans la zone agro écologique des HPOC sont limitées et sont essentiellement descriptives (Tchawa, 1991 ; Fotsing, 1993 et ECAM 1, 2000). Les essais de Boukong (1997) sur oxisol ont montré que les billons parallèles à la pente importante entraînent un départ annuel moyen de 2,61 et 5,23 mm d'épaisseur de sol respectivement à 9 % et 20 % de pente ; ces essais ont été conduits avec la culture du maïs qui n'est plus la principale culture retrouvée dans les collines de nos jours.

Au Cameroun, les habitants des zones rurales sont plus vulnérables à l'insécurité alimentaire que ceux des centres urbains: 9,6 % des ménages ruraux, comparés à 6,7 % dans les zones

urbaines, n'ont pas accès à une nourriture suffisante en raison de la pauvreté et de leur incapacité à produire assez de nourriture pour leur propre consommation (ECAM 3, 2008).

Les deux OMD traités dans ce travail de recherche ne pourront être atteints que si l'on trouvait des alternatives à la préparation du sol à plat et au billonnage suivant la forte pente, qui restent à nos jours les techniques par excellence des agriculteurs des montagnes dans les HPOC.

Le Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi (DSCE) de 2009 donne pour objectifs au Cameroun d'augmenter, d'une part, les rendements agricoles dans la zone agro écologique n° III (Régions Ouest et Nord-Ouest), et d'autre part, d'accroître dans les autres zones, les superficies agricoles de l'ordre de 30 % par rapport au niveau de 2005. Dans les régions de l'Ouest et du Nord-Ouest, l'objectif ne peut être atteint qu'en passant par le regroupement des agriculteurs, la maîtrise de l'érosion par ruissellement et la modernisation de l'agriculture familiale. Le taux de scolarisation en milieu rural dans cette zone est un atout pour l'atteinte de cet objectif ; il y est de 93,4 %, supérieur à la moyenne rurale nationale qui est de 73,9 % (ECAM 3, 2008).

Dans la région des HPOC, le taux annuel moyen de croissance démographique reste élevé et est de 2,8 % par an entre 1987-2005 et 2,6 % entre 2005-2010 (RGPH, 2010), ce qui entraîne des besoins en terres agricoles très élevés (Fotsing, 1993). Face à cette situation, les agriculteurs intensifient des cultures sur les mêmes parcelles et colonisent sans cesse des terres dans les fortes pentes (jusqu'à 30 % de pente) autrefois réservées à la sylviculture et à l'élevage (Tchawa, 1991 et Fotsing, 1993).

Dans la zone d'étude avant 1990, on pratiquait la caféiculture associée aux cultures vivrières. Cette association entraînait peu de retournement de sol, et la pratique de l'écobuage y était formellement interdite par les chefs de ménage qui considéraient que les feus mettaient en péril les racines de leurs caféiers. Avec la baisse du prix du café sur le marché mondial, il n'y a

presque plus de caféiers dans les champs. En cette même période, les haies vives typiques du « bocage bamiléké » étaient une meilleure alternative de lutte contre l'érosion (Guillermou et Kamga, 2004) ; de nos jours ces haies vives ont disparue dans les HPOC.

L'érosion est un phénomène naturel, donc elle ne peut être évitée complètement. Afin d'améliorer la conservation des sols et des eaux, on peut prendre des mesures correctives et préventives (bandes enherbées, billonnage cloisonné,...) pour limiter les impacts de l'érosion au niveau parcellaire et au niveau des autres composantes de l'environnement et de la société (Dautrebande et Sohier, 2006). Il faut éviter d'attendre jusqu'au niveau où la remédiation nécessite des mesures curatives ; la reconstitution d'un sol prend beaucoup de temps (des centaines d'années) et les agriculteurs abandonnés à eux-mêmes ne sauront faire quelque chose car ces mesures curatives nécessitent beaucoup d'investissements. Il est donc nécessaire d'encourager les mesures correctives et préventives par l'introduction des modes de préparation du sol qui misent sur les agriculteurs pour lutter contre l'érosion par ruissellement afin de relever le défi alimentaire et de lutter contre la pauvreté dans les HPOC.

Une originalité de cette thèse repose sur le fait, qu'outre la quantification des pertes en sol à l'échelle parcellaire dans les pentes les plus exploitées et avec la principale denrée alimentaire cultivée dans les HPOC, elle propose, teste et évalue, avec la collaboration des agriculteurs, une solution adaptée à la diversité des exploitations agricoles et aux différentes contraintes individuelles (disponibilité des terres, matériel, moyens financiers, savoir-faire technique) et communautaires (règles de gestion collective des ressources naturelles) auxquelles les producteurs sont soumis. Ces contraintes individuelles et communautaires sont présentées en détail au chapitre 3. Aussi, cette thèse étudie le comportement des agriculteurs vis-à-vis des pertes en sol et des techniques de conservation des sols et des eaux. Et ensuite, elle analyse les sédiments qui migrent des parcelles cultivées et arrivent jusque dans le lit des cours d'eau. Cette thèse va également au-delà des limites des parcelles de Wischmeier et Smith : leurs

expérimentations étaient limitées sur les terrains de 20 % de pente (Morgan, 2004) or la limite est portée dans le cas présent à 29 % de pente. Les résultats de cette recherche sont utilisés pour quantifier les effets positifs de l'implémentation du billonnage cloisonné sur les fonctions de l'agriculture dans les HPOC, et aussi pour identifier des pistes d'amélioration.

## 1.5 Questions de recherche

Cette thèse va au-delà des simples observations sur les dégâts causés par l'érosion et le ruissellement. Elle s'articule sur tout un questionnement sur l'état actuel de la conservation des sols et de la durabilité des fonctions de l'agriculture dans une zone agro écologique à forte densité de population humaine caractérisée par un relief marqué et le manque des terres agricoles. Elle répond donc à trois principales questions de recherche :

**La technique du billonnage cloisonné est-elle efficace en conservation des sols et des eaux dans un contexte de fortes pentes comme celui de la zone agro écologique des HPOC ?**

**Quels sont les déterminants de l'adoption de la technique du billonnage cloisonné dans les collines des HPOC ?**

**La technique du billonnage cloisonné influence-t-elle les quantités de sol érodées et d'autres sédiments qui migrent des parcelles cultivées jusqu'aux cours d'eau qui constituent la principale source d'approvisionnement en eau des ménages ?**

## 1.6 Objectifs et hypothèses de recherche

Les questions de recherche évoquées trouveront des réponses concrètes dans le développement des trois objectifs spécifiques qui suivent:

**1/ Expérimenter la technique du billonnage cloisonné puis évaluer son efficacité en matière de pertes en sol et en eaux de ruissellement, ainsi que son efficacité en rendements dans une culture pure de la denrée alimentaire la plus cultivée.**

Concrètement dans cet objectif, on lance des campagnes de démonstration des pertes en sol avec trois modes de préparation du sol que sont le billonnage cloisonné introduit et les deux pratiques culturales existantes (la préparation du sol à plat et en billonnage suivant la plus forte pente). L'efficacité de chacune des pratiques est ensuite testée sur les eaux de

ruissellement, les pertes en sol et les rendements de culture. Cet objectif conduit à la formulation de l'hypothèse suivante : **la technique du billonnage cloisonné limite considérablement les pertes en sol en comparaison aux techniques traditionnelles, et la conservation des eaux qu'elle engendre conduit à augmenter le rendement de la culture.**

## **2/ Quantifier le taux d'adoption du billonnage cloisonné et identifier les déterminants de l'adoption des techniques du billonnage cloisonné dans les collines.**

Cet objectif conduit à faire le lien entre l'adoption du billonnage cloisonné et les aptitudes agronomiques des parcelles telles que reconnues par les agriculteurs ; l'analyse physico-chimique des échantillons de sol a permis de faire une vérification scientifique de la conception paysanne de la fertilité. Avec les agriculteurs, on a caractérisé les principales zones agricoles et les principaux systèmes de culture en fonction de leur vulnérabilité (exposition, sensibilité et résilience) à l'érosion à l'échelle du village. Cet objectif a étayé ensuite la place du rang social et du genre dans les processus d'accès à la terre et d'exploitation des fortes pentes, processus qui ont pour support la situation économique des agriculteurs. On formule ici l'hypothèse suivante : **le rang social est un des déterminants de l'accès aux terres, de même que le genre et la situation économique des agriculteurs; le taux d'acceptation de la technique du billonnage cloisonné peut varier en fonction de ces facteurs.**

## **3/ Évaluer les impacts des pratiques agricoles locales et l'effet de la technique du billonnage cloisonné sur l'envasement et la pollution potentielle des cours d'eau.**

Il est ici question de choisir dans le lit d'un cours d'eau, un tronçon qui reçoit tous les sédiments venant uniquement des parcelles cultivées. À l'exutoire de ce tronçon on a installé un piège qui a permis de recueillir tous les sédiments à des fins de caractérisation et de quantification. Les sédiments ont été recueillis au cours de la campagne agricole précédant les expérimentations et pendant celles où les expérimentations étaient conduites. Ce qui a permis de mesurer l'efficacité des différentes techniques de préparation du sol sur la santé de l'environnement fluvial. Avec cet objectif, on pose l'hypothèse suivante : **la technique du**

**billonnage cloisonné, adoptée à une échelle suffisamment large sur le bassin versant peut significativement améliorer la qualité de la rivière, source d'eau de boisson pour la population des HPOC.**

## **1.7 Structure de la thèse**

Après ce premier **chapitre 1** qui consistait en une introduction générale qui présente les enjeux socio-économiques et environnementaux de l'érosion dans le monde en général, les différentes recherches menées pour cette thèse sont organisées comme suit :

Le **chapitre 2** traite brièvement des matériels et méthodes généraux utilisés pour répondre à nos questions de recherche. Les descriptions détaillées des matériels et méthodes spécifiques sont présentées dans chacun des chapitres 4, 5 et 6. Les matériels concernent la description des bassins versants explorés, l'échantillonnage des sols, la présentation du dispositif expérimental qui a servi à l'évaluation de la technique du billonnage cloisonné. Ce chapitre fait les diagnostics des pratiques agro-pastorales des bassins versants explorés.

Le **chapitre 3** présente les résultats des diagnostics des pratiques agropastorales et du dépouillement de l'enquête exploratoire par parcelle menée dans le site expérimental. Dans ce chapitre, on détermine le lieu exact où seront conduites les expérimentations, ainsi que la culture et les pentes à tester.

Le **chapitre 4** met en pratique et évalue les avantages de la technique du billonnage cloisonné dans une culture de pomme de terre en agriculture des montagnes. Ce chapitre est une version modifiée du manuscrit intitulé « Improving Farmers' Profitability, Soil and Water Conservation through an Adapted Tillage Technique: Experiences from the Cultivation of Potatoes in Bamiléké's hills, Cameroon », sous presse dans la revue *International Journal of Agriculture Innovations and Research*.

Le **chapitre 5** décrit en détail les modes d'accès à la propriété foncière, montre l'influence du rang social et analyse les conditions d'adoption des méthodes anti érosives. Ce chapitre est une version légèrement modifiée de la publication intitulée « Contraintes Socio-économiques de Répartition des Terres et Impacts sur la Conservation des Sols dans les Hauts Plateaux de l'Ouest du Cameroun », sous presse dans la revue *TROPICULTURA*.

Le **chapitre 6** met en évidence l'envasement des eaux des rivières par les modes de préparation de sol pratiqués dans la zone d'étude, et montre comment cet envasement serait diminué avec l'adoption de la technique du billonnage cloisonné introduite. Ce chapitre est une version légèrement modifiée de l'article « Siltation and Pollution of Rivers in the Western Highlands of Cameroon: a Consequence of Farmland Erosion and Runoff », publié dans *International Journal of Agricultural Research and Reviews* Vol. 3(3): pp 206-212, Avril 2015.

Le **chapitre 7** fournit la synthèse des discussions de tous les chapitres précédents. Ce dernier chapitre présente la conclusion générale qui met en exergue les principaux résultats de cette recherche, ainsi que les perspectives qui en découlent.



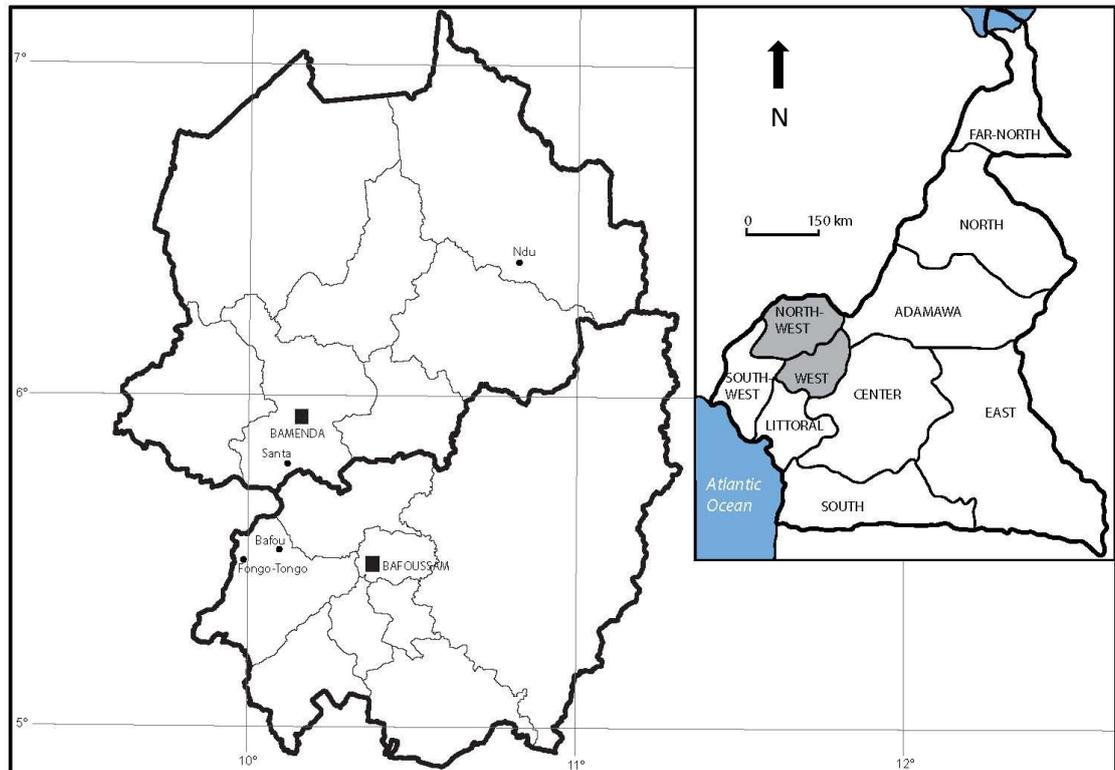
## 2 Méthodologie générale

La méthodologie proposée a combiné différentes approches correspondant aux questions et aux objectifs de recherche visés par cette thèse. Nous avons opté pour l'approche recherche-action. La recherche-action consiste à répondre avec les acteurs à une question complexe qu'ils se posent (Castellonet, 2004 ; Liu, 1997). Dans notre démarche, nous nous sommes intéressés uniquement aux agriculteurs exploitants les collines et nous leur avons préparé et soumis un questionnaire individuel. Cette enquête a porté sur les techniques agro-pastorales et les déterminants sociaux (De Singly, 2012). Les déterminants sociaux à prendre en compte seront le sexe, le rang social, la situation économique, le foncier, l'emploi et les activités extra-agricoles. Le dépouillement nous a permis de comprendre le comportement des agriculteurs exploitants les collines, leurs difficultés et leur savoir-faire sur les différentes pentes exploitées. Un même agriculteur pouvant exploiter plusieurs parcelles dans différentes pentes, notre enquête se propose de porter sur les parcelles détenues/exploitées et non sur les ménages. La main-d'œuvre utilisée pour la conduite des essais a été recrutée parmi les exploitants des collines. La participation à la préparation du sol a été ouverte à tout autre agriculteur qui souhaitait s'approprier le billonnage cloisonné (technique antiérosive) que nous mettrons en place.

### 2.1 Zone d'étude

La zone agro écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun est située entre 4,54° à 6,36° de latitude Nord et 9,18° à 11,24° de longitude Est, pour une altitude moyenne de 1550 mètres (Anonyme, 2008). Elle est composée de deux régions : une région anglophone, celle du Nord-Ouest et une région francophone, celle de l'Ouest. Elle couvre environ 3,1 millions d'ha, soit 6 % du territoire national (ECAM 3, 2008).

Dans la zone d'étude, nous avons exploré quatre groupements de villages où l'on exploite les collines de façon intensive: Ndu et Santa dans la région du Nord-Ouest, Bafou et Fongo-Tongo dans la région de l'Ouest (Figure 2-1).



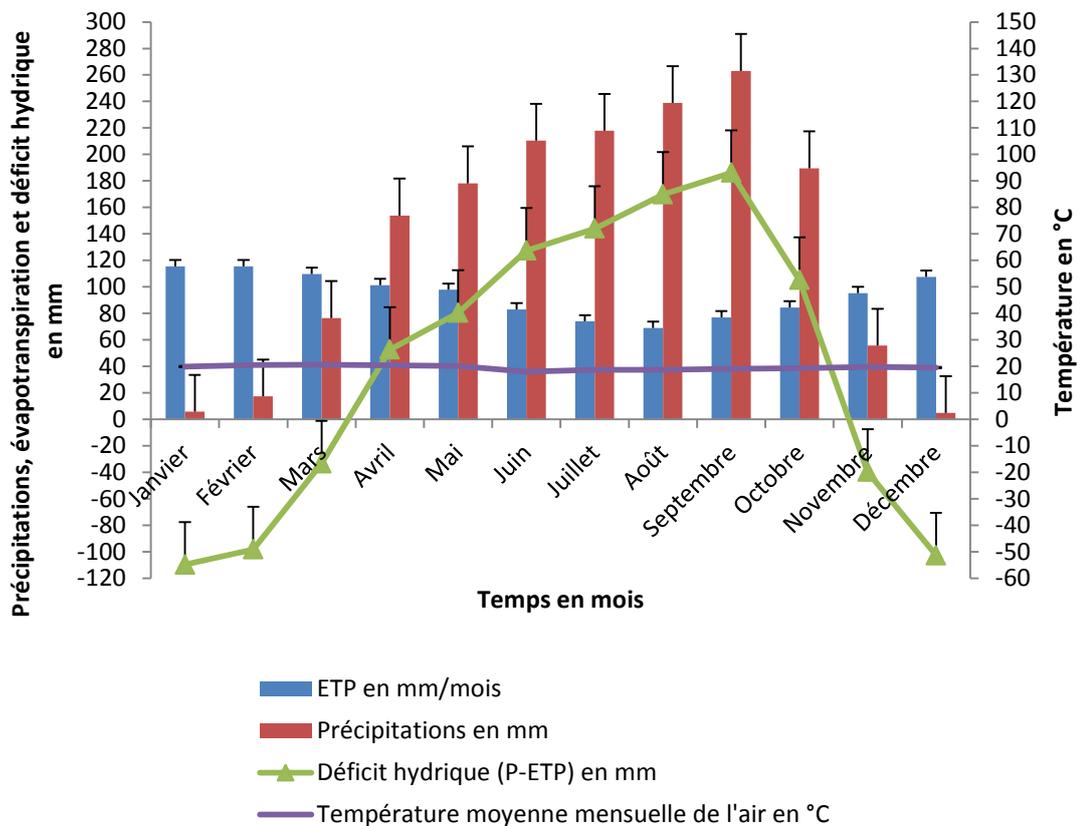
**Figure 2-1** Carte des hauts plateaux de l'Ouest – Cameroun

Source : INC, 2013.

### 2.1.1 Climat

La zone agro-écologique des HPOC est dominée dans son ensemble par un climat équatorial de type "camerounien d'altitude" marqué par deux saisons d'inégales longueurs (Anonyme, 2008): une saison sèche qui va de novembre à mi-mars, et une saison des pluies qui va de mi-mars à octobre. Dans cette zone accidentée sévit un climat humide, avec des précipitations abondantes et particulièrement agressives ; on y note en moyenne 180 jours de pluie par an (Tchawa, 1993).

Comme le montre la Figure 2-2, les températures moyennes annuelles sont basses ; elles varient entre 17,4°C et 21,6°C avec une moyenne annuelle de 19,5°C sur vingt années. Le mois de mars est le plus chaud avec 20,7°C tandis que le mois de juillet est le plus froid avec 18,0°C. Il est important de noter que ces températures varient considérablement d'une année à l'autre.

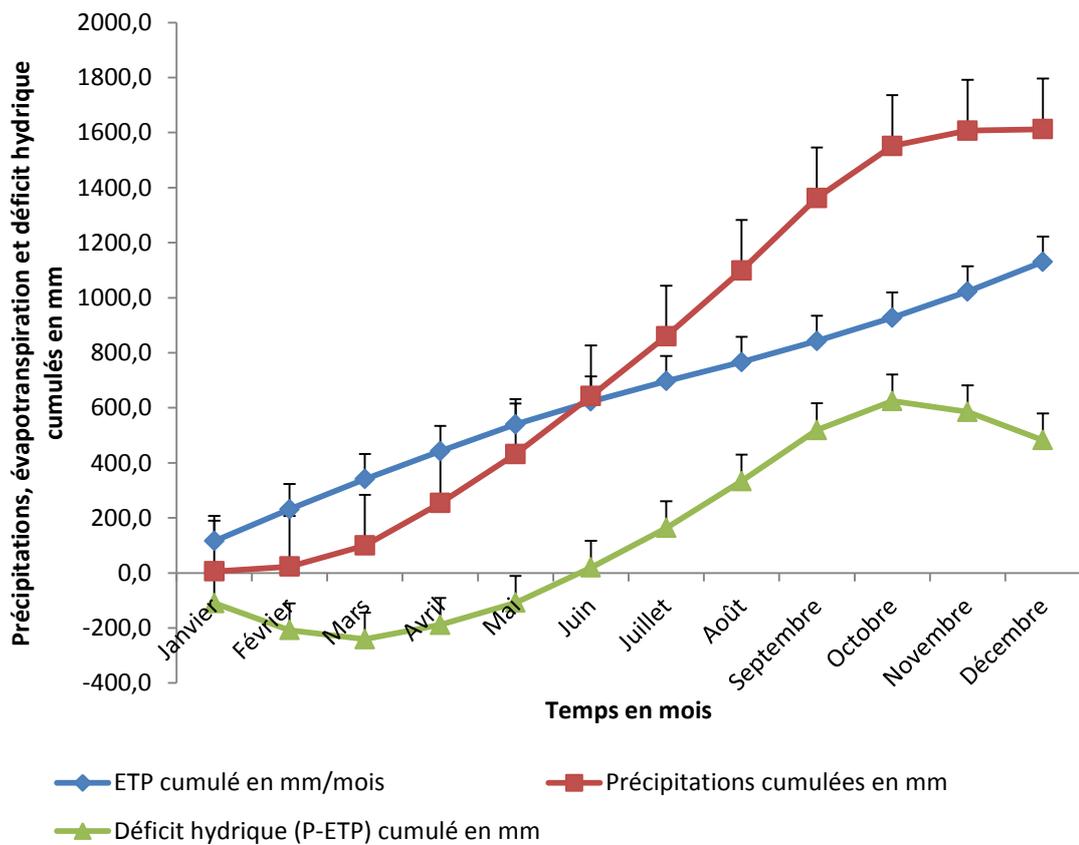


**Figure 2-2 Moyenne : Température, précipitations, évapotranspiration et déficit hydrique sur 20 ans**

Source : Obtenu à partir des données de la station météorologique de Djuttitsa et de la NASA, 2015.

Pour une moyenne des précipitations enregistrées sur vingt années (de 1995 à 2014), la courbe est unimodale. Les précipitations oscillent entre 1400 mm et 2000 mm avec une moyenne de 1612 mm. Septembre est le mois le plus pluvieux avec 263,1 mm de pluie, tandis

que décembre est le mois le plus sec avec 4,9 mm de pluie (Figure 2-2). Bien que les hauteurs des précipitations varient d'une année à l'autre, on reste dans la logique du climat tropical humide à deux saisons : une saison sèche qui va de mi-novembre à mi-mars et une longue saison des pluies qui va de mi-mars à mi-novembre. Entre novembre et mars le bilan hydrique est négatif, c'est ce qui expliquerait la pratique des cultures irriguées au cours de ladite période.



**Figure 2-3 Moyenne cumulée: Précipitations, évapotranspiration et déficit hydrique sur 20 ans**

Source : Obtenu à partir des données de la NASA, 2015.

Durant toute l'année, la moyenne cumulée des précipitations est de loin supérieure à la moyenne cumulée de l'évapotranspiration potentielle, d'où une réserve d'eau moyenne cumulée d'environ 482 mm. Pendant la période allant de mi-janvier à mi-juin, la moyenne cumulée de l'évapotranspiration potentielle est supérieure à celle des précipitations cumulées

reçues, d'où un déficit hydrique considérable (Figure 2-3). Les activités agricoles sont menées toute l'année dans la zone d'étude. Bien que la moyenne cumulée annuelle des précipitations soit supérieure à la moyenne cumulée annuelle de l'évapotranspiration potentielle, l'irrigation des cultures débute au mois de novembre alors qu'on a encore une réserve d'eau importante (584,8 mm). Cet apport d'eau par irrigation est expliqué par le fait que la réserve d'eau se trouve à plus de 2 m de profondeur dans le sol, donc non disponible pour les cultures maraîchères.

### 2.1.2 Relief, végétation et sols



**Figure 2-4 Photo du relief des hauts plateaux de l'Ouest – Cameroun**

Source : Image auteur, 2012.

Le relief des HPOC est très diversifié (Figure 2-4). On y trouve différents paysages constitués des moyennes montagnes, des plateaux étagés, des bassins déprimés et des plaines (Tchawa, 1991). Globalement, c'est un relief constitué d'une succession de montagnes avec des

dénivelés allant de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres et aboutissant aux cours d'eau.

Les paysages rencontrés sont caractérisés par une végétation de savane sur les flancs des montagnes ; les plateaux étagés, les bassins déprimés et les plaines sont traversés par des forêts-galeries (Anonyme, 2008). D'après FAO (2005), les forêts-galeries sont des formations fermées de forêt dense qui accompagnent les cours d'eau dans les régions de formations ouvertes et de savanes à la faveur de l'humidité qu'elles entretiennent. Aux sommets des montagnes, on trouve une végétation formée de grands arbres, essentiellement des *Eucalyptus* (*Eucalyptus saligna*).

Sur le plan géo pédologique, l'ensemble des HPOC est une zone volcanique ancienne. Les sols sont ferralitiques (potentiellement fragiles) et très fertiles. Selon Fotsing (1993 et 1994), la majorité des bas-fonds rencontrés ont des sols hydromorphes favorables à la pratique des cultures de contre-saison. Les cultures de contre-saison sont celles pratiquées pendant la saison sèche dans les parties du territoire qui restent humides toute l'année ; elles sont aussi pratiquées sur les collines avec apport d'eau par irrigation. Ces sols tendent à perdre leur fertilité d'une part à cause de leur utilisation intense sans amendements, et d'autre part, à cause de l'érosion pluviale qui entraîne un lessivage intense au niveau des flancs des montagnes où les agriculteurs se prêtent à la pratique de l'agriculture sans aucune mesure de conservation des sols et des eaux.

## 2.2 Échelles d'intervention

Cette étude est menée sur une échelle allant du groupement au cours d'eau, en passant par le village, le terroir et la parcelle.

D'après les agriculteurs des HPOC, la **parcelle** est une unité de production ou d'habitation appartenant à un individu ou à un chef de famille. La parcelle représente tout le patrimoine foncier pour certains (il existe des agriculteurs qui ne possèdent qu'une seule parcelle) et une

sole pour d'autres qui en possèdent plusieurs ; dans le dernier cas un agriculteur parlera par exemple de sa parcelle de pomme de terre située dans une montagne bien définie.

Le **terroir** est un espace occupé et exploité par une communauté villageoise (Rabot, 1990). Dans le cas de notre étude, le terroir représente l'ensemble des parcelles situées sur les flancs cultivés des montagnes formant un bassin versant.

Le **village** est un ensemble de quartiers contigus sous l'autorité d'un sous-chef communément appelé « chef du village ». Selon les agriculteurs des HPOC, ces chefs de villages sont les descendants de la chefferie supérieure et les anciens guerriers qui ont combattu pour l'autonomie du groupement auquel le village est rattaché. Ajoutons quelques cadres de l'administration et quelques hommes d'affaires qui accèdent au rang de chef de village ayant autorité sur les personnes et non sur le foncier. Cette catégorie de chef de village ne contrôle que les terres dont elle s'est acquittée des droits suivant une procédure d'accès.

Le **groupement** est un ensemble de villages contigus qui sont sous l'autorité d'un chef communément appelé « chef supérieur ». D'après les populations, les chefs supérieurs dans les HPOC sont les fondateurs du groupement concerné.

## 2.3 Méthode de recherche

Le diagnostic des pratiques, la quantification et le suivi-évaluation des expérimentations sont trois outils méthodologiques qui ont été déployés dans ce travail de recherche. Les différentes phases sont représentées dans la figure 2-5.

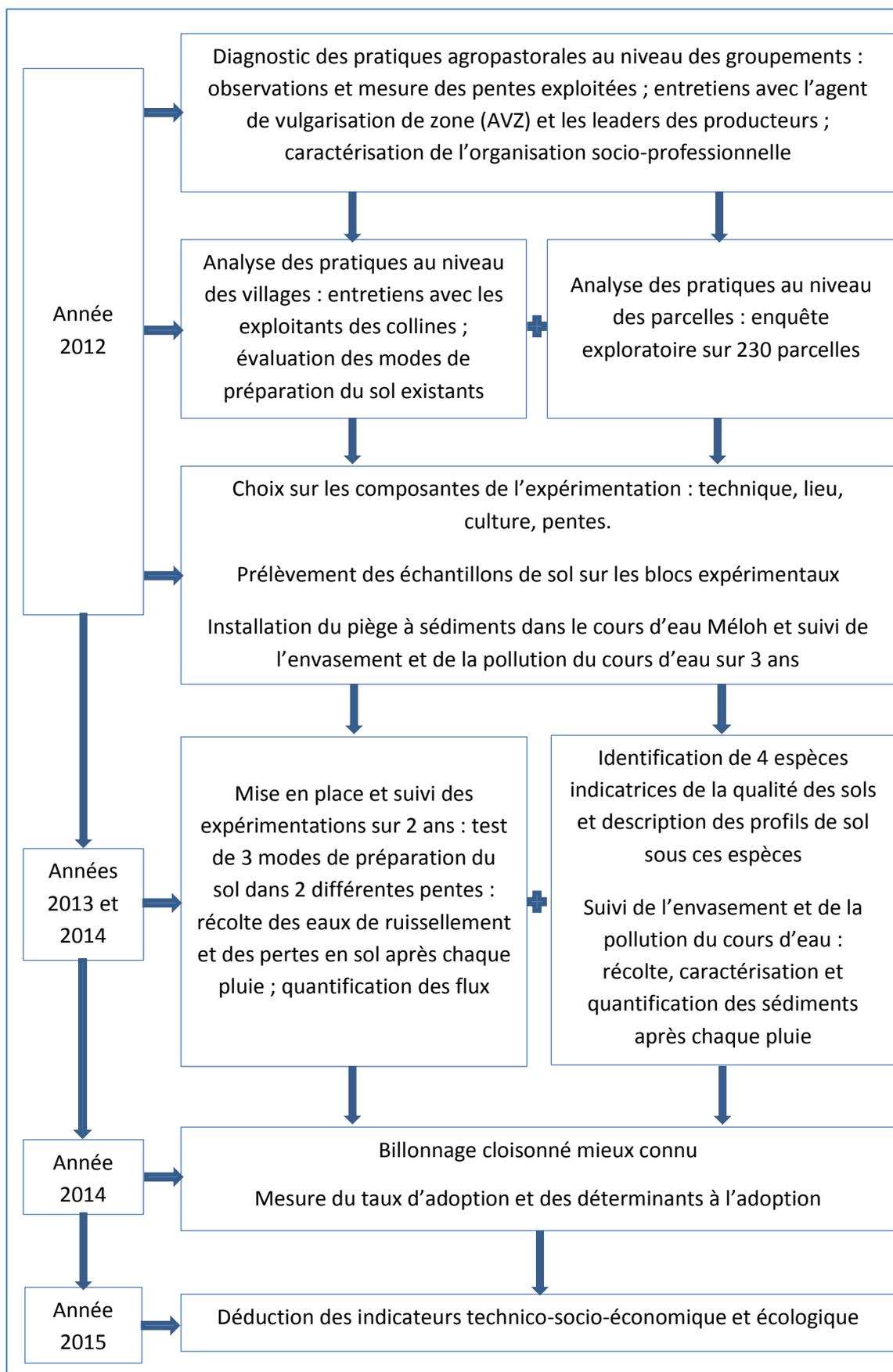


Figure 2-5 Déroulement de la recherche

### 2.3.1 Diagnostics des pratiques agropastorales à l'échelle des groupements de villages

Le diagnostic agropastoral était mené dans quatre groupements de villages dans la zone d'étude. Ces groupements sont Ndu et Santa dans la région du Nord-Ouest, Bafou et Fongo-Tongo dans la région de l'Ouest. Le diagnostic agro-pastoral permet de comprendre le contexte socio-économique et agro-écologique des groupements de villages formant la zone d'étude. Ce diagnostic a été réalisé à travers les entretiens avec les agriculteurs, les chefs coutumiers, l'agent de vulgarisation de zone (AVZ) et les statistiques disponibles. L'agent de vulgarisation de zone (AVZ) est un professionnel (technicien d'agriculture), fonctionnaire du ministère de l'agriculture et du développement rural mis à la disposition des agriculteurs et des éleveurs d'un groupe d'environ cinq villages. Le rôle de l'AVZ est d'apporter un appui technique aux producteurs de sa zone de compétence et de servir d'interface entre ces derniers et le ministère pour toute question liée au développement agricole. Le diagnostic général des pratiques a porté sur les éléments suivants :

- Les données géographiques (situation, température, pluviométrie, altitude, pentes...);
- Les données socio-économiques (densité de la population, nombre d'agriculteurs exploitants les collines, accès à la terre, main-d'œuvre, accès aux crédits, accès à l'eau,...);
- Les pratiques agricoles (itinéraires techniques des cultures, fertilisation, aménagements pour conserver la fertilité des sols,...);
- Fertilité des sols reconnue à priori des agriculteurs par la végétation en place;
- Gestion des produits agricoles (autoconsommation, commercialisation, conservation, difficultés rencontrées,...);
- Activités extra-agricoles (types d'activités, temps requis,...).

Le diagnostic à l'échelle des villages a permis de sélectionner la zone d'essais suivant les pentes les plus exploitées.

### 2.3.2 Diagnostic des pratiques d'usage à l'échelle parcellaire

Le diagnostic des pratiques à l'échelle parcellaire a été mené dans le village Mélang retenu pour la mise en place des expérimentations. Les parcelles sont des éléments constitutifs d'un terroir. Dans le cadre de notre recherche, le terroir est un flanc de la montagne dont toutes les eaux pluviales sont drainées vers un même cours d'eau, et où plusieurs familles mènent leurs activités agricoles. Le diagnostic prend en compte les relations de conflits et/ou d'échanges entre les agriculteurs. Ces relations concernent les pratiques agricoles dans les collines, la main-d'œuvre, la ressource en eau et le foncier. Le diagnostic est mené sur deux terroirs occupant une superficie totale de 94,2 ha. La distance allant de la ligne de crête de chaque terroir jusqu'au cours d'eau est mesurée. Les exploitants des collines sont recensés, les parcelles sont dénombrées, la pente et la superficie de chaque parcelle sont calculées.

Le diagnostic des pratiques à l'échelle parcellaire a été mené au travers des entretiens individuels avec l'AVZ et les agriculteurs exploitants les collines.

L'entretien avec l'AVZ permettait de savoir si lui-même et sa hiérarchie étaient au courant des problèmes d'érosion par ruissellement qui sévissent dans sa zone de compétence; d'identifier les solutions proposées par les agriculteurs, les pouvoirs publics et les organisations non gouvernementales.

Afin d'identifier les atouts et les contraintes liés aux systèmes de culture dans les collines et les possibilités d'amélioration, les entretiens individuels ont été menés par l'administration directe d'un questionnaire aux agriculteurs des collines (Annexe 1). Ces entretiens permettent de caractériser le milieu physique de chaque village, l'organisation sociale, l'accès aux ressources naturelles (terre et eau), l'itinéraire technique des cultures et les activités extra-agricoles. Les entretiens individuels permettent également de comprendre la logique des

agriculteurs dans leurs pratiques afin de juger de leur efficacité et de leur efficience dans le sens de la durabilité et de la viabilité (Darré, 1996).

L'enquête exploratoire par parcelle a fait la lumière sur l'occupation des collines dans les villages, les principaux produits et les principales pratiques agricoles de la zone d'étude en partant de leurs origines jusqu'à leur maintien à nos jours. Cette enquête a permis d'analyser et de comprendre les enjeux de l'organisation de la société rurale sur la conservation des terres et des eaux. À travers cette enquête, on a également identifié, comme dans le cas du diagnostic général, les acteurs (État, organismes de recherche et ONG) qui apportent un appui aux agriculteurs des collines au vu de leur exposition aux risques d'érosion.

Avant la rédaction du questionnaire à soumettre, les objectifs spécifiques ont été répertoriés. Il est en effet nécessaire de connaître les composantes des essais à conduire (cultures, pentes et technique antiérosive à tester). Préalablement on attendait que cette enquête ressorte les modes de préparation du sol existant, les techniques de conservation des sols et des eaux existantes, les modes d'accès à la terre, l'historique des cultures sur la parcelle et les raisons connues d'occupation des fortes pentes, ainsi que les encadreurs des agriculteurs. Il était également intéressant de connaître l'opinion des agriculteurs concernant les impacts de l'érosion par ruissellement sur les fonctions de l'agriculture et la pratique des mesures anti érosives.

Le tableau 2-1 présente un certain nombre de résultats attendus liés à chaque objectif spécifique de l'enquête exploratoire par parcelle.

**Tableau 2-1 Récapitulatif de l'enquête exploratoire par parcelle**

<b>Objectifs</b>	<b>Résultats attendus</b>	<b>N° de question</b>
Connaitre la disposition des parcelles dans les collines	- Liste des pentes cultivées - Superficie des parcelles	1.3 et 1.4
Choisir la culture et les pentes pour les essais	Liste des spéculations par pente	1.2, 1.3 et 1.11
Identifier les fonctions agricoles connues et leurs modes de fonctionnement	Liste des fonctions agricoles	3.1 à 3.23
Identifier les modes de préparation du sol et les systèmes d'élevage pratiqués dans la zone	- Liste des modes de préparation du sol et types de cultures - Liste des systèmes d'élevage et types d'animaux	2.1, 2.2, 3.13 et 3.23
Identifier les acteurs qui interviennent dans l'encadrement des agriculteurs	Liste des partenaires des agriculteurs, supports des échanges	4.13, 4.17 et 4.20
Identifier et quantifier les dégâts causés par l'érosion par ruissellement	- Liste des dégâts causés - Quantification des dégâts	4.1 à 4.4
Déterminer les faiblesses liées à la maîtrise de l'érosion par ruissellement	Liste des facteurs qui facilitent l'érosion par ruissellement	4.13 à 4.17
Connaitre l'opinion des agriculteurs concernant les impacts de l'érosion par ruissellement sur la durabilité des fonctions de l'agriculture	- Quels moyens de lutte semblent plus aptes ? - Quel est leur degré d'implication ?	4.5 à 4.9 et 4.15 à 4.19
Identifier les exploitants des collines et les classer en fonction du rang social	Liste des exploitants des collines par pente et par rang social	1.1 à 1.3 et 1.6
Identifier les modes d'accès à la terre et connaitre les raisons d'exploitation des pentes supérieures à 25 %	- Liste des modes d'acquisition - Liste des raisons d'exploitation	1.7 et 1.8
Identifier les modes de préparation du sol que l'agriculteur pratique sur chacune de ses parcelles dans les collines	Liste des modes de préparation du sol	2.1
Connaitre les superficies cultivées et identifier les spéculations de l'agriculteur par parcelle	- Liste des spéculations par pente - Superficies des parcelles	1.2 à 1.4
Identifier les spéculations qui se succèdent dans les rotations	Liste des spéculations sur les campagnes agricoles passées et celles à venir	1.11 et 1.13
Connaitre l'opinion des agriculteurs sur la pratique de la jachère	- Liste des motivations pour la pratique ou la non-pratique de la jachère - Durée de la jachère	1.11 à 1.14
Déterminer les mesures qui permettent de lutter contre l'érosion par ruissellement sur chaque parcelle	Liste des pratiques antiérosives	4.4 à 4.12

### 2.3.3 Diagnostics pédologiques

#### **Bassin versant de Méloh**

En 2014, des échantillons de sol ont été prélevés sous quatre espèces végétales (cf. chapitre 3) indicatrices de la fertilité des sols dans le bassin versant de Méloh. Des fosses de 1 m de largeur sur 2 m de longueur et 2 m de profondeur ont été creusées sous ces espèces aux fins d'identification et de description des profils. La description des profils et les analyses physico-chimiques des sols ont été faites par le laboratoire d'analyses des sols et de chimie de l'environnement de l'Université de Dschang au Cameroun (Annexe 9). Ces analyses permettent de savoir d'une part s'il y a un lien entre la fertilité physico-chimique du point de vue des paysans et celle du point de vue des scientifiques, et d'autre part si la présence de ces espèces végétales a un lien avec le profil du sol. Les espèces végétales prélevées ont été identifiées par le laboratoire de botanique de l'Université de Dschang au Cameroun (voir chapitre 5).

#### **Sites expérimentaux**

En 2012, des échantillons de sol ont été prélevés sur les endroits du site destinés à porter les parcelles expérimentales. Dans le but de s'assurer de l'homogénéité du sol sur l'étendue des sites expérimentaux, on a prélevé, à l'aide d'une tarière, des carottes de sol dans chaque site expérimental sur une profondeur de 30 cm. Afin de mettre en évidence l'existence éventuelle d'un gradient de fertilité sur le site expérimental, le prélèvement des carottes de sol s'est fait en zigzag (RECORD, 2006) dans la zone prévue pour la mise en place des expérimentations. Vingt carottes de sols étaient prélevées dans chaque site couvrant une superficie d'environ 500 m<sup>2</sup>, soit 400 carottes de sol par hectare. Le nombre de prélèvements d'échantillons est vingt fois supérieur à celui recommandé par la littérature, c'est-à-dire 20 échantillons par hectare (RECORD, 2006). Ces carottes étaient divisées en deux parties égales de 15 cm chacune. Le nombre élevé des carottes de sol et leur division en deux parties permettent d'avoir des renseignements très précis sur l'homogénéité des sols tant en surface qu'en profondeur. Après le prélèvement, la conservation, l'analyse granulométrique et les analyses

chimiques de caractérisation de ces échantillons ont été faites par le laboratoire du centre provincial de l'agriculture et de la ruralité de La Hulpe en Belgique (voir chapitre 4). D'après ce laboratoire, les échantillons de sol ont été prétraités suivant la méthode dérivée de la norme « ISO 11464 ». Les résultats d'analyse granulométrique ont été exprimés sur matière sèche et les méthodes du calcul granulométrique ont été dérivées de la norme « NF X 31-107 ». Les analyses chimiques de caractérisation ont été réalisées sous accréditation de l'organisme belge d'accréditation (BELAC). Le calcul du pH de l'eau et le calcul du carbone organique ont été dérivés respectivement des normes « NF ISO 10390 » et « NF ISO 10694 ».

Après la préparation des lits de semis, la conductivité hydraulique du sol a été mesurée sur chaque parcelle. La conductivité hydraulique permet d'apprécier la vitesse d'infiltration de l'eau dans la parcelle. Pour calculer la conductivité hydraulique, une mesure a été faite par parcelle, à l'aide d'un minidisk de marque Decagon, soit 12 mesures pour chaque site expérimental. Les mesures et les calculs de la conductivité hydraulique étaient faits selon les instructions du fabricant du minidisk. Une fiche ad hoc avait été conçue (Annexe 2).

### **2.3.4 Suivi des expérimentations et quantification des flux**

Le suivi est fait sur trois ans pour l'envasement et la pollution des cours d'eau, et sur deux ans sur les ruissellements et les pertes en sol.

#### **Suivi de l'envasement et de la pollution des cours d'eau**

À partir de mars 2012 jusqu'en octobre 2014, nous avons installé un piège à sédiments dans le cours d'eau Méloh, de manière à collecter tous les sédiments et autres déchets provenant des parcelles agricoles situées sur deux flancs de montagnes formant un petit bassin versant. Une fiche de collecte et de caractérisation des sédiments et autres déchets a été conçue à cet effet (Annexe 8). La quantification et la caractérisation (voir chapitre 6) des sédiments récoltés sur

trois ans ont permis d'évaluer la pollution et l'envasement du cours d'eau Méloh par les activités agricoles, surtout avec les modes de préparation du sol.

### **Suivi des ruissellements et des pertes en sol en culture de la pomme de terre**

Un bloc de trois parcelles contigües de Wischmeier (Morgan, 2004), avec quatre répétitions, ont été installées dans chacune des deux pentes testées (11 % et 29 %). Chaque bloc de parcelles comportait trois traitements : la préparation du sol à plat, la préparation du sol en billonnage suivant la plus forte pente et la préparation du sol en billonnage cloisonné. La présentation du dispositif expérimental est faite au chapitre 4. Les eaux ruisselées et les quantités de sol érodé sont collectées et séparées après chaque pluie (Annexe 3). Après la plantation des pommes de terre, les opérations de collecte et de séparation commençaient avec la première pluie produisant des ruissellements. Ces opérations se terminaient quelques temps après la récolte des pommes de terre, et surtout quand les ruissellements récoltés ne contenaient plus de sédiments. Il arrivait de collecter pendant la pluie, cela se faisait dans le cas des grandes pluies qui produisaient des quantités supérieures à nos conteneurs de collecte (voir chapitre 4). Les deux expérimentations étaient conduites pendant les campagnes agricoles 2013 et 2014. Le taux d'adoption du billonnage cloisonné a été mesuré en 2014 sur un total de 231 parcelles (voir chapitre 5).



## 3 Description du contexte socio-économique et agro-écologique des HPOC

### 3.1 Introduction

La zone agro écologique des HPOC abrite 25 % de la population totale du Cameroun qui s'élève à environ 20 millions d'habitants. La densité moyenne de la population y est d'environ 213 habitants au km<sup>2</sup> (DSCE, 2009 ; RGPH, 2010). Cette densité, qui est une des plus fortes d'Afrique, se traduit par une exploitation intensive des sols ; 86 % des terres sont exploitées (PNGE, 1996) laissant très peu de jachère. La population est à plus de 80 % constituée d'agriculteurs et d'éleveurs (ECAM 1, 2000).

Dans la région des HPOC, les espaces cultivés sont dominés par les collines allant des modestes aux fortes pentes dont les valeurs sont situées entre 9 % et 30 %. Le terroir est ici représenté par un ensemble de parcelles contigües situées dans un même flanc de montagne. En raison de la forte densité humaine et du manque de terres agricoles, un terroir est occupé et exploité par plusieurs agriculteurs appartenant à des familles différentes. Dans le but de caractériser les ressources naturelles (terres et eaux) et leurs modes de gestion, on a mené un diagnostic global dans l'ensemble des villages représentatifs de l'exploitation des collines. Le diagnostic global a permis la collecte des données sur l'organisation sociale, le milieu physique, le mode de gestion communautaire des ressources naturelles, les systèmes de production et les activités extra-agricoles. Un autre diagnostic a été mené à l'échelle parcellaire pour permettre la bonne connaissance des pratiques individuelles.

Le diagnostic des pratiques individuelles a porté sur l'ensemble des parcelles contenues dans deux terroirs formant un même bassin versant, soit 230 parcelles au totale toutes examinées. Ce diagnostic mené à l'échelle parcellaire dans deux terroirs repose sur le système de culture, les relations (échanges et/ou conflits) entre les agriculteurs dans un même terroir, l'accès à la

terre, les pentes dans un même terroir, les techniques de conservation des sols et des eaux, la commercialisation des produits agricoles et la main-d'œuvre.

## 3.2 Organisation de la société

Les groupements de villages formant la zone agro-écologique des HPOC présente une même structure organisationnelle de la société. Dans toute cette zone comme dans le Nord-Cameroun, le système social est centralisé, la gestion des terres et des ressources naturelles revient aux chefs ou aux notables (Hamani, 2005 ; Ndjogui & Levang, 2013). On entend par système social centralisé un système au sein duquel les décisions prises unilatéralement par les chefs de famille ou les chefs coutumiers ne sont pas contestées. Les milieux ruraux camerounais sont subdivisés en groupements, villages et quartiers. Un groupement est un ensemble de plusieurs villages qui sont à leur tour constitués de quartiers. L'administration traditionnelle suit une structure bien hiérarchisée (Dongmo, 1981). Par ordre décroissant d'importance de la personnalité, nous pouvons lister ainsi qu'elle suit :

- Le chef de groupement
- Le conseil des « 9 notables »
- Le chef de village
- Les chefs de quartier ou notables
- Les administrés

Le chef de groupement (*Efoh-lah*) est la personnalité suprême. De manière hebdomadaire, le conseil des 9 notables lui rend compte de la vie socio-culturelle de tous les villages du groupement. Lors du compte rendu, ils examinent les dossiers des élites ou d'autres distingués administrés qui désirent accéder au rang de chef de quartier ou notable. La fonction de chef de groupement passe de père en fils ; le chef de groupement, de son vivant, choisit le fils qui le remplacera après sa mort. À la mort du chef de groupement, le conseil des 9 notables présente l'héritier au public et se charge de l'initier et de l'introniser suivant les rites traditionnels.

Le conseil des « 9 notables » (*Mekem levo'oh*) est un groupe formé de 9 hommes initiés. Les 9 notables sont les co-fondateurs du groupement. Ils assistent le chef de groupement dans l'exercice de ses fonctions. Ils siègent dans la société secrète et tranchent les litiges au tribunal coutumier du groupement. Comme dans le cas du chef de groupement, la charge se transmet uniquement de père en fils.

Les chefs de village (*Efoh*) sont pour la plupart des descendants du fondateur du groupement et des anciens chefs guerriers. La fonction de chef de village se transmet également de père en fils. Contrairement au chef de groupement et aux 9 notables, d'autres personnes peuvent accéder à la fonction de chef de village par leur mérite personnel (Dongmo, 1981). Depuis les années 1990, certaines élites urbaines de sexe masculin accèdent à la prestigieuse fonction de notable ou de chef de village. D'après Ndjogui & Levang (2013), la dénomination d'élites urbaines fait référence à des hommes ou femmes d'affaires, des cadres supérieurs des secteurs public et privé résidant en ville ou à l'étranger et possédant des revenus réguliers et élevés, ainsi qu'une grande influence politique, économique et sociale. Il faut noter qu'à l'opposé des chefs suivant la lignée, ces « élites-chefs » gèrent uniquement les hommes et non la ressource foncière.

Les chefs de quartier ou notables (*Nkem*) sont des personnes distinguées qui, à l'exception du foncier, gèrent les petits litiges au niveau du quartier. La fonction se transmet de père en fils comme l'héritage chez tous les administrés de sexe masculin.

### **3.3 Gestion des ressources naturelles collectives et individuelles**

#### **3.3.1 Gestion des ressources foncières**

Les systèmes fonciers en vigueur dans les HPOC sont détaillés au chapitre 5. Dans la zone agro-écologique des HPOC, nous avons recensé cinq principaux moyens qui permettent d'accéder à la ressource foncière. Il s'agit de l'héritage, l'achat, la cession temporaire, le don et la location.

Après le décès du chef de famille, un seul fils de sexe masculin hérite de l'ensemble du patrimoine.

Les transactions d'achat/vente des terrains se négocient entre l'acquéreur et le vendeur. Dans les zones rurales des HPOC, les transactions foncières sont authentifiées auprès l'autorité coutumière (Chef de Groupement/village). Le prix d'achat/vente des terrains dans les collines varient entre 2000000 FCFA/ha (1 FCFA = 0,0015 EURO) et 3000000 FCFA/ha suivant la pente et les aptitudes agronomiques des parcelles déterminées a priori par les agriculteurs.

La cession temporaire consiste à laisser un tiers exploiter une parcelle pour une durée bien déterminée. Selon sa volonté, l'exploitant de la parcelle cédée peut donner une partie de la récolte en contre partie ou ne rien donner.

La location consiste à exploiter une parcelle contre une somme d'argent négociée avec le propriétaire de la parcelle. Le cout de la location va de 50000 FCFA/ha.an à 200000 FCFA/ha.an suivant la pente et les aptitudes agronomiques des parcelles. Il faut noter qu'en location il est strictement interdit de faire des investissements à long terme, ces derniers constituant un signe de tentative d'appropriation par le locataire exploitant. Si le locataire exploitant la parcelle y plante un arbre, ce dernier devient d'office la propriété du propriétaire et le locataire exploitant est exclu de tout renouvellement de contrat pour la campagne agricole suivante.

Les dons sont faits par les chefs ou certains grands propriétaires terriens. Ils sont basés sur les services personnels rendus au donateur ou aux services rendus à la communauté villageoise.

### **3.3.2 Gestion des ressources en eau dans les HPOC**

L'ensemble des HPOC est traversé par plusieurs cours d'eau à débits modestes prenant leur source dans la même région. La topographie de la zone impose plusieurs méandres à la majorité des cours d'eau. Les cours d'eau connaissent leurs périodes de crues en saison des

pluies, spécifiquement entre mi-juillet et fin septembre. Vers la fin de la saison sèche, plus précisément entre fin janvier et fin mars, certains cours d'eau tarissent complètement soit naturellement à cause des changements climatiques, soit par ce qu'ils sont obstrués dans leur cours et parfois à plusieurs endroits par les sédiments de tous genres provenant des parcelles cultivées. Ces cours d'eau sont la principale source d'approvisionnement en eau des ménages et d'irrigation des parcelles sous cultures en saison sèche. De nos jours, la qualité de l'eau potable est altérée et l'on assiste régulièrement à des conflits entre agriculteurs à cause de cette ressource qui devient de plus en plus rare pendant la saison sèche; ce sont des agriculteurs dont les parcelles sont situées plus en amont qui profitent encore aisément de cette ressource à des fins d'irrigation ou d'eau de bonne qualité pour leurs ménages. Selon nos investigations menées dans la zone d'étude au cours de la campagne agricole 2013, les puits et les sources naturelles sont rares. 8 % de la population avait accès aux sources naturelles et environ 16 % possèdent des puits plus ou moins aménagés. En saison sèche les distances parcourues à la recherche de l'eau pour le ménage sont considérables, elles varient entre 500 m et 2000 m. L'eau est transportée de la rivière aux ménages sur la tête des enfants et des femmes dans des conteneurs de capacité variant entre 10 et 20 litres.

## **3.4 Exploitation des collines dans les HPOC**

### **3.4.1 Exploitation des pentes dans les groupements et les villages**

Dans les deux régions formant la zone d'étude, quatre groupements de villages ont été explorés afin de choisir celui dans lequel les expérimentations sont conduites. Les agriculteurs des quatre groupements exploitent les collines avec les modes identiques de préparation du sol et les cultures presque identiques. Dans les villages, chaque montagne exploitée était subdivisée en autant de parties qui semblaient visuellement avoir une même allure de pente. La longueur de chaque tronçon a été mesurée avec un décimètre. Les pentes ont été calculées en faisant le rapport du dénivelé sur la longueur du tronçon considéré. A l'aide d'un global

positioning system (GPS), les valeurs de l'altitude des deux extrémités de la partie délimitée ont été mesurées et le dénivelé a été obtenu en faisant la différence de ces deux valeurs. Les données sont consignées dans le tableau 3-1.

**Tableau 3-1 Caractéristiques des collines de quatre groupements de la zone d'étude**

Région	Groupement	Densité de la population (hab/km <sup>2</sup> )	Pentes exploitées	Altitude moyenne (m)
Nord-Ouest	Ndu	182	14 %-22 %	2021
	Santa	123	11 %-25 %	1663
Ouest	Bafou	308	13 %-25 %	1960
	Fongo-Tongo	350	11 %-29 %	2127

Source : Enquêtes de terrain, 2012.

Comme le montre le Tableau 3-1, le groupement Fongo-Tongo dans la région de l'Ouest se distingue des trois autres par sa forte densité de population dans les montagnes et l'exploitation des pentes les plus fortes. Les villages de ce groupement seront explorés pour la conduite de l'expérimentation.

Les villages Mélang et Messong où l'on pratique principalement l'agriculture des montagnes ont été explorés dans le groupement Fongo-Tongo. Dans chaque terroir, on parcourait une distance d'environ 1500 m de la ligne de crête jusqu'au cours d'eau. Un total de 168 agriculteurs avait été recensé dans les collines des villages Mélang et Messong regroupant respectivement 97 et 71 agriculteurs. Des 157 répondants aux questionnaires administrés, 110 agriculteurs soit 70 % avaient leurs parcelles situées dans les collines du village Mélang plus précisément dans le lieu dit Méloh, d'où le choix de ce village pour la conduite de l'expérimentation.

### 3.4.2 Exploitation des pentes par rang social dans les collines de Méloh

Dans les terroirs du bassin versant de Méloh, 230 parcelles ont été inventoriées. Ces parcelles occupent des superficies comprises entre 0,1 ha et 0,9 ha. La pente de chaque parcelle a été calculée suivant la procédure décrite au chapitre 5, où les pentes sont regroupées en deux classes (11 %-17 % et 22 %-29 %) pour simplifier les analyses statistiques. Les Tableaux 3-2 et 3-3 montrent respectivement l'exploitation et l'appartenance des parcelles dans les pentes par rang social.

**Tableau 3-2 Exploitation des parcelles dans les pentes par rang social**

Tranches sociales	Pentes						TOTAL	
	11 %	14 %	17 %	22 %	26 %	29 %		
Dignitaires	Chefs	15	8	0	0	0	0	23
	Notables	23	3	1	0	0	0	27
	Elites	6	4	0	0	0	0	10
	Héritiers	15	2	4	1	5	15	42
	Autres	3	5	20	16	15	69	128
	TOTAL	62	22	25	17	20	84	230

Source : Enquêtes de terrain, 2012.

**Tableau 3-3 Propriétaires des parcelles dans les pentes par rang social**

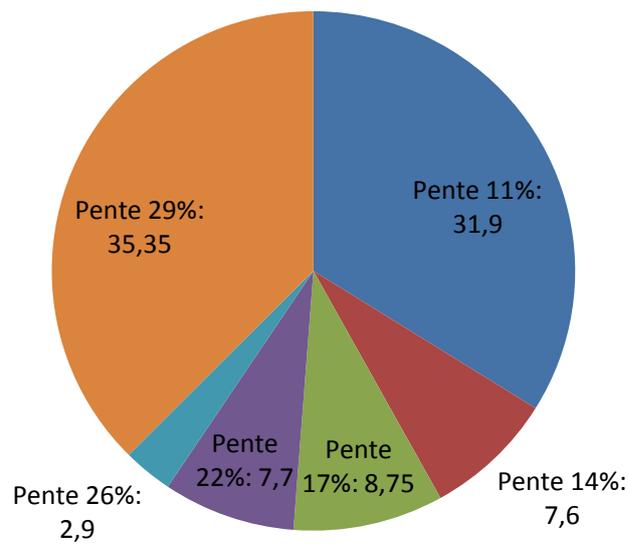
Tranches sociales	Pentes						TOTAL	
	11 %	14 %	17 %	22 %	26 %	29 %		
Dignitaires	Chefs	15	8	2	1	3	7	36
	Notables	23	3	6	4	2	9	47
	Elites	6	4	0	0	0	0	10
	Héritiers	15	2	12	4	9	27	69
	Autres	3	5	5	8	6	41	68
	TOTAL	62	22	25	17	20	84	230

Source : Enquêtes de terrain, 2012.

### 3.4.3 Exploitation des superficies et des parcelles dans les pentes des terroirs de Méloh

Afin de choisir les pentes à tester dans les terroirs de Méloh, nous avons calculé les superficies et inventorié les parcelles dans chaque pente exploitée.

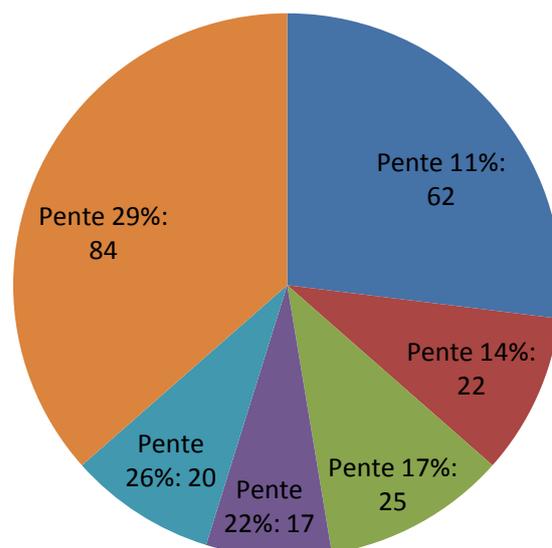
Dans les terroirs de Méloh où les expérimentations ont été conduites, les superficies exploitées sont plus vastes dans les pentes de 11 % et 29 % ; elles représentent respectivement 34 % et 38 % de la superficie totale exploitée (Figure 3-1).



**Figure 3-1 Superficies exploitées (en hectare) par pente dans les terroirs de Méloh**

Source : Données de terrain, 2013.

En terme du nombre de parcelles cultivées, les pentes de 11% et 29% se taillent les grandes parts, la majorité étant concentrée dans la pente de 29% (Figure 3-2).



**Figure 3-2 Nombre de parcelles par pente dans les terroirs de Méloh**

Source : Données de terrain, 2013.

Au vu des superficies exploitées et du nombre de parcelles cultivées par pente, les pentes de 11 % et 29 % sont les plus exploitées. Ces deux pentes ont donc été choisies pour porter nos blocs expérimentaux.

### 3.5 Description générale de la fertilité des sols dans les terroirs de Méloh

Les terroirs de Méloh sont dominés par quatre espèces végétales herbacées : *Pennisetum clandestinum*, *Pennisetum purpureum*, *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora*. Les agriculteurs désignent ces espèces respectivement par les noms vernaculaires *koukouyong*, *messessoung*, *pang keneuh* et *gahté*. Ces espèces végétales renseignent les agriculteurs sur les aptitudes agronomiques des parcelles. Afin d'identifier les profils de sols, une fosse a été creusée sous chacune des quatre espèces végétales (Figure 3-3). En plus de la valeur de la pente et de l'éloignement d'une parcelle par rapport à la route, ces quatre espèces végétales orientent les propriétaires terriens dans les transactions foncières. Du point de vue des agriculteurs, la présence massive sur une parcelle des espèces *Pennisetum spp* et *Imperata cylindrica* ou *Melinis minutiflora* indique respectivement les sols fertiles et les sols pauvres. En dehors des fortes pentes, les parcelles fertiles sont les plus convoitées quel que soit leur éloignement par rapport à la route ; il en est de même lorsque les parcelles sont situées dans une même pente quelle que soit sa valeur (forte et faible pentes).



**Figure 3-3 Identification des profils du sol**

Source : Image auteur, 2014.

Le sol sous *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora* (Annexe 9-1) présente les mêmes caractéristiques que celles sous *Pennisetum purpureum* (Annexe 9-2) et sous *Pennisetum clandestinum* (Annexe 9-3). D'après la caractérisation physico-chimique des sols (cf. chapitre 4 et annexe 9), les sols des sites expérimentaux ont une texture limoneuse, donc ils sont favorables à l'érosion hydrique (Bollinne, 1974).

## **3.6 Production agro-sylvo-pastorale**

La zone agro-écologique des HPOC est caractérisée par une production rurale diversifiée. On y rencontre l'arboriculture, les cultures de rente, l'élevage et surtout les cultures vivrières.

### **3.6.1 Arboriculture**

La principale espèce ligneuse rencontrée dans les collines des HPOC est *Eucalyptus saligna*. Les arboriculteurs conduisent généralement leurs activités sur les sommets et les flancs de

montagnes dont le sol est de nature latéritique, donc non favorable aux cultures vivrières. Dans la partie francophone des HPOC étudiées, l'arboriculture est surtout destinée au bois d'œuvre servant à faire les charpentes, portes, fenêtres et différents meubles. Dans la partie anglophone, on trouve des plantations d'eucalyptus un peu plus vastes destinées à produire, d'une part, du bois d'œuvre pour les charpentes et d'autre part, des supports normalisés (poteaux en bois) dont l'acheteur principal est la société nationale de transport de l'énergie électrique du Cameroun. Les déchets issus de l'arboriculture (branches, sciure et toute partie non exploitable) servent de bois de chauffage pour les communautés rurales et urbaines.

### 3.6.2 Élevage

D'après nos investigations, l'élevage pratiqué dans les montagnes des HPOC est de type extensif. Dans cette zone on rencontre bovins, équins, caprins, ovins, porcins et volaille de races locales (poulets et quelques rares canards).

L'élevage des bovins est surtout tenu par les « *Bororos* », mais on y dénombre quelques éleveurs locaux. Les *Bororos* sont des pasteurs nomades venus de l'Afrique de l'Ouest, spécifiquement du Niger. Les troupeaux sont en pâture libre dans les collines et sont surveillés par un ou plusieurs bergers qui se déplacent à cheval ou à pieds. Les bergers ici sont soit le propriétaire et ses enfants de sexe masculin, soit des travailleurs salariés. Selon les agriculteurs des HPOC, les *Bororos* se sédentarisent et s'imprègnent des cultures locales depuis plus d'une décennie. Ils sont aujourd'hui considérés comme un peuple local à part entière à la seule différence qu'ils ne font pas encore de cultures vivrières. En dehors de la viande, les *Bororos* achètent tout ce qu'ils mangent aux producteurs locaux.

On rencontre quelques têtes de chevaux qui servent d'une part, de moyen de déplacement pour les éleveurs, et d'autre part, à faire des parades lors des fêtes communautaires organisées dans la chefferie du groupement de villages.

Quelques petits troupeaux de moutons sont rencontrés dans les HPOC. Les moutons comme les bœufs sont en pâture libre dans les collines et sont généralement suivis par les mêmes bergers.

Un ménage sur dix possède au moins une chèvre. Les chèvres sont tenues en laisse et sont conduites tous les matins, par un membre de la famille, dans un endroit qui ne porte pas de cultures vivrières et où l'herbe est fraîche. À la tombée de la nuit, elles sont ramenées dans les maisons d'habitation.

La quasi-totalité des ménages des HPOC possèdent au moins un porc et une poule. Les porcs sont élevés dans des enclos construits en matériaux locaux dont la superficie moyenne est d'environ 25 m<sup>2</sup>. Les poules et les porcs vivent dans le même enclos pendant la période de semis jusqu'à un mois après la levée des plantes ; c'est la seule période de l'année pendant laquelle les poules restent en claustration. D'après les agriculteurs des collines des HPOC, tout chef de famille a l'obligation d'élever au moins un porc faute de quoi il sera un homme sans considération dans sa communauté. Les poules et les porcs sont nourris par les déchets ménagers et certains végétaux apportés par les membres du ménage.

### 3.6.3 Cultures de rente

Les cultures de rente rencontrées dans les montagnes des HPOC sont le caféier (*Coffea arabica*) et le théier (*Camellia sinensis*).

La culture du thé est détenue par une firme britannique, la Cameroon Development Corporation (CDC). Elle se pratique dans les collines de Ndu et de Bafou-Djuttitsa. La quasi-totalité de la production est destinée à l'exportation.

La culture du café est pratiquée dans la partie francophone de la zone agro-écologique des HPOC. La baisse du prix du café des années 1990 avait entraîné la destruction d'environ 90 % des caféières. Sous la nouvelle dynamique de l'Union Centrale des Coopératives Agricoles de

l'Ouest (UCCAO) et ses coopératives membres, la culture du café est en train de reprendre vie avec un rythme assez lent (Guillermou et Kamga, 2004). La pression démographique a entraîné le morcellement des superficies autrefois occupées par la culture du café en parcelles destinées à la production vivrière. Les agriculteurs préfèrent les cultures vivrières à celles de rente comme le café parce que ce dernier n'est pas directement consommé par les ménages.

### 3.6.4 Cultures vivrières

Les principales cultures vivrières rencontrées dans les collines des HPOC sont la pomme de terre, la carotte, l'ail, le haricot, le chou, l'oignon, le maïs et le poireau. D'après nos investigations menées dans la zone d'étude, il n'existe pas de mode spécifique de préparation du sol pour une spéculature donnée. Les lits de semis sont préparés de façon identique pour toute spéculature. Les agriculteurs utilisent le même fertilisant chimique pour toutes les spéculatures, à savoir le complexe N-P-K 20-10-10 (20 % N – 10 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 10 % K<sub>2</sub>O) auquel ils associent parfois les fientes de poule comme fumure de fond. La gestion de la culture de pomme de terre expérimentée dans cette thèse est détaillée au chapitre 4.

#### **Travaux de préparation des lits de semis dans les collines des HPOC**

Les travaux de préparation des lits de semis qui nous intéressent ici sont surtout le défrichage et le labour. Dans les HPOC, les agriculteurs pratiquent généralement l'écobuage (Rey, 2005 ; Sigaut, 1975). L'écobuage est une pratique agricole ancestrale qui consiste à regrouper l'herbe sèche, défrichée une semaine avant, en un ou plusieurs tas sur la parcelle, la recouvrir de sol et y mettre du feu qui ne s'éteint qu'après quasi totale consommation de l'herbe. Tous les matins, à partir du lendemain du jour où l'agriculteur a bouté le feu jusqu'à extinction totale, nous avons fait les tests de température sur quatre tas d'herbe de grosseur différente. Les tests consistaient à creuser un trou (on refermait le trou après chaque test) sur la partie la plus haute du tas d'herbe en feu, y approcher notre main nue, puis comparer le ressenti avec celui sur le sol non brûlé à une distance de cinq mètres plus loin. Les résultats de

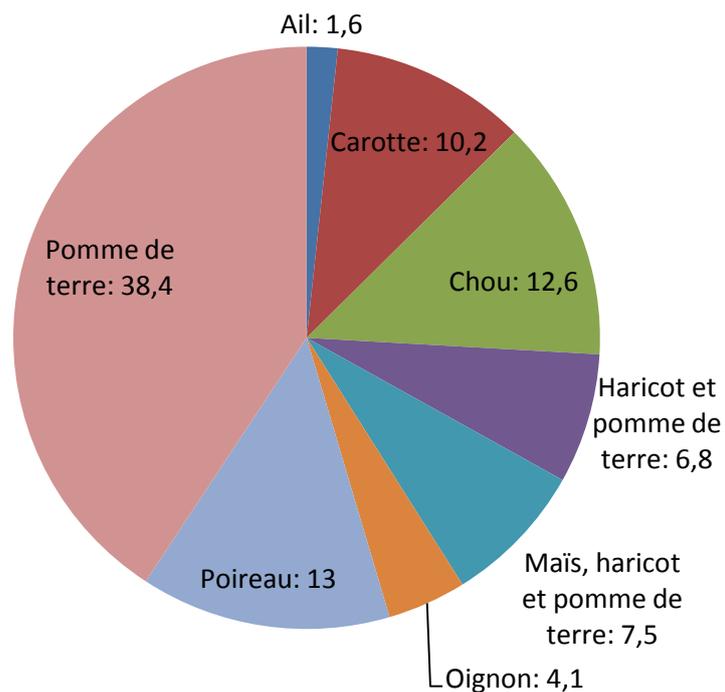
ces tests ont montré que le sol sur l'endroit brûlé retrouve la température initiale du milieu trois à huit jours plus tard suivant la grosseur du tas d'herbe, ce qui aurait de graves conséquences sur la survie des microorganismes du sol. De nos jours, quelques agriculteurs nantis utilisent des herbicides chimiques pour le défrichage et l'entretien de leurs parcelles. Les herbicides utilisés pour le défrichage des parcelles et l'entretien de la culture de pomme de terre sont respectivement le glyphosate (marque commerciale Roundup) et le paraquat (marque commerciale Gramoxone).

Le sol est travaillé à la houe sur 30 cm de profondeur. Ce travail à la houe peut être considéré comme un travail intensif du sol presque autant en labour (travail à la charrue).

Les agriculteurs des HPOC préparent généralement leurs lits de semis à plat ou en billonnage suivant la plus forte pente. Ces deux pratiques sont décrites dans le chapitre 4.

#### **Répartitions des cultures vivrières dans les terroirs de Méloh**

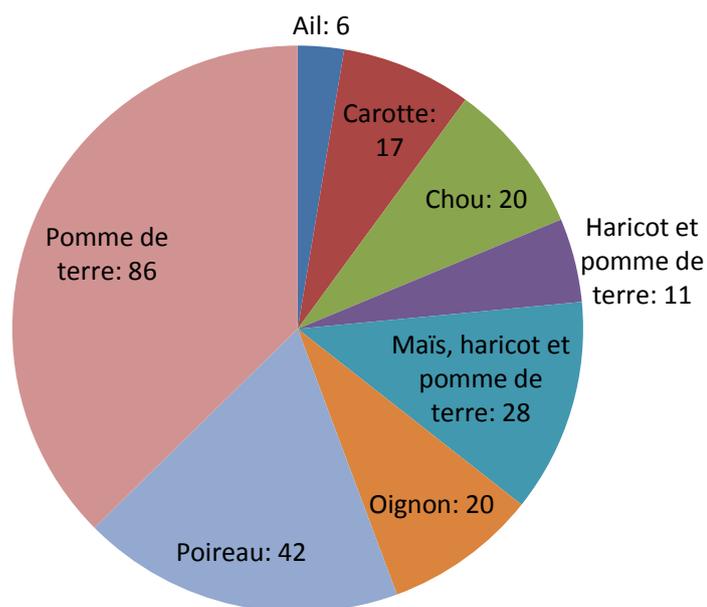
Sur un total de 8 cultures recensées dans les deux terroirs formant le bassin versant de Méloh où ont été conduites les expérimentations, la culture pure de pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) occupe à elle seule 41 % des superficies exploitées. Il faut noter qu'elle est aussi cultivée en association avec du haricot commun (*Phaseolus vulgaris* L.) sur 7 % de la superficie totale ou avec du haricot commun et du maïs (*Zea mays* L.) sur 7,5 % de la superficie totale (Figure 3-4). La culture de pomme de terre est donc présente sur 56 % de la superficie totale, d'où un fort taux d'occupation de l'espace. Les cultures de l'ail (*Allium sativum*), de la carotte (*Daucus carota* L.), du chou commun (*Brassica oleracea* L.), du poireau (*Allium porrum* L.) et de l'oignon (*Allium cepa*) occupent respectivement 2 %, 13 %, 14 % et 4 % de la superficie totale.



**Figure 3-4 Superficies des cultures (en hectare) dans les terroirs de Méloh**

Source : Données de terrain, 2013.

Au regard du nombre de parcelles exploitées pendant la période de l'administration des questionnaires, la pomme de terre est présente dans 125 parcelles en culture pure et en association sur un total de 230 (Figure 3-5). L'historique des parcelles a montré que le nombre de parcelles occupées par la pomme de terre a augmenté légèrement entre les campagnes agricoles 2013 et 2014. Au cours de la campagne agricole 2014, le nombre de parcelles de pomme de terre est passé de 125 sur 230 à 132 sur 231.



**Figure 3-5 Nombre de parcelles par culture dans les terroirs de Méloh**

Source : Données de terrain, 2013.

Le Tableau 3-4 montre que parmi les denrées alimentaires cultivées dans les terroirs de Méloh, la pomme de terre est celle que l'on retrouve dans toutes les pentes exploitées.

**Tableau 3-4 Superficie par culture et par pente dans les terroirs de Méloh**

Culture	Pentes					
	11 %	14 %	17 %	22 %	26 %	29 %
Ail	1,6	0	0	0	0	0
Carotte	2	0	1	0,2	0	7
Chou	3,4	4,4	0	0	0	4,8
Haricot et pomme de terre	2,7	0	0,4	1,6	0	2,1
Maïs, haricot et pomme de terre	3,5	0	0,3	0	2	1,7
Oignon	1,3	0	0	2,4	0	0,4
Poireau	3,3	0	6,2	0	0	3,5
Pomme de terre	14,1	3,2	0,85	3,5	0,9	15,85

Source : Données de terrain, 2013.

Lorsqu'on considère les facteurs occupation de l'espace, nombre de parcelles ou d'agriculteurs impliqués et présence dans les pentes exploitées, on constate que la pomme de terre est la culture la plus représentée. Pour cette raison, les expérimentations à conduire dans ce travail de recherche porteront sur la culture de pomme de terre.

Il faut tout de même noter que les plantes ont des systèmes racinaires différents les uns des autres et ne fixent pas de la même façon le sol ; les expérimentations devraient donc être conduites avec plusieurs cultures et même avec des associations de cultures, mais nos moyens temporels et matériels ne peuvent pas le permettre.

### 3.6.5 Activités socio-économiques

Les producteurs agro-pastoraux des HPOC utilisent une main-d'œuvre locale pour la conduite de leurs activités. Les différents produits d'élevage et des champs sont destinés à l'autoconsommation et à la vente. Après prélèvement des semences et des quantités

nécessaires pour nourrir de la famille, les surplus des productions agro-pastorales sont mises en vente pour subvenir à d'autres besoins des ménages. Certains des gros producteurs utilisent une partie de leur production pour la création ou le renforcement des liens sociaux dans leur communauté. D'après nos investigations, aucune unité de transformation n'est installée dans la zone d'étude.

### **Main-d'œuvre**

Les agriculteurs des HPOC offrent des emplois journaliers ou à la tâche. Dans chaque village ou dans chaque bassin de production, les chercheurs d'emploi, jeunes et moins jeunes, tout sexe confondu, se regroupent tous les jours dès six heures du matin, dans un lieu reconnu de tous comme étant « le marché de la main-d'œuvre », pour attendre des employeurs potentiels. La main-d'œuvre se recrutait aussi parmi les élèves, elle est abondante pendant les weekends et les congés scolaires. C'est pendant les congés scolaires que les jeunes désœuvrés prennent souvent la décision d'aller vers les zones urbaines plus proches de leur village, ou encore d'aller plus loin vers les grandes métropoles à la recherche de l'emploi qui n'est d'ailleurs pas un acquis (DSCE, 2009).

### **Commercialisation des produits agro-pastoraux**

Les agriculteurs et les éleveurs des HPOC n'éprouvent aucun problème de commercialisation de leurs produits. La production vivrière est conditionnée en seaux et en sacs pesant respectivement environ 25 Kg et 200 kg. La quasi-totalité de la production est vendue sur la parcelle (Figure 3-6) ou au bord de la route. Ce qui fait la force des producteurs de cette zone agro-écologique, c'est que les routes qui y mènent sont praticables en toute saison. Les acheteurs viennent de tous les coins du pays, et de certains pays voisins tels que le Gabon et la Guinée équatoriale pour se ravitailler en vivres fraîches. Pendant la période des récoltes, certains habitants non agriculteurs et d'autres agriculteurs deviennent temporairement commerçants. Ils achètent la production sur la parcelle, assurent la manutention et vont vendre en ville pour faire des bénéfices assez importants.



**Figure 3-6 Conditionnement de la pomme de terre**

Source : Image auteur, 2015.

Outre la vente au bord du champ, le village Mélang, comme tous les bassins de production que nous avons parcourus dans les HPOC, a développé un marché hebdomadaire qui accueille des commerçants de la ville avec des produits manufacturiers et d'autres denrées non produites localement (huile de palme, poisson,...). Ce marché hebdomadaire est le principal point d'échanges entre les produits d'élevage et d'agriculture. C'est dans ce marché que les plus petits producteurs vivriers et les plus petits éleveurs écoulent généralement leur production.

### **3.7 Techniques de conservation des sols et des eaux**

Dans le monde agricole, il existe plusieurs techniques de conservation des sols et des eaux à l'échelle du bassin versant. On peut citer entre autres les techniques culturales simplifiées, les terrasses, le billonnage perpendiculaire à la pente ou suivant les courbes de niveau, les bandes enherbées, les haies vives, les cultures assurant un couvert végétal, l'agroforesterie et le billonnage cloisonné (FAO, 1992 ; Scopel et al, 2005 ; AFD, 2006 ; König, 2008 ; Richard, 2009 ; M'biandoun et al, 2009 ; Tankou, 2014). La mise en œuvre d'une technique de conservation

des sols et des eaux dépendra des caractéristiques propres à chaque zone ; parmi ces caractéristiques nous avons le relief, la densité de la population humaine, la disponibilité des terres agricoles et d'autres facteurs socio-économiques.

La construction des terrasses nécessite de gros investissements qui ne peuvent pas encore être supportés par les agriculteurs des HPOC. Construites sur des grandes superficies, les terrasses sont économiquement rentables (FAO, 1992).

Les agriculteurs des HPOC sont constamment à la recherche de terres cultivables. Les bandes enherbées ne sauraient être introduites car ces dernières occuperaient l'espace qui pourrait être alloué à d'autres personnes.

Les techniques culturales simplifiées sont des techniques rentables, durables et écologiques qui cherchent à valoriser la diversité des agroécosystèmes pour proposer des solutions adaptées aux situations locales (Soltner, 2000 ; FAO, 2005 ; Rabhi et Caplat, 2015). Les cultures principales des HPOC nécessitent un travail d'affinement intense du sol, ce qui disqualifie pour l'instant les techniques culturales simplifiées qui ne permettent pas un affinement suffisant du sol (De Tourdonnet et al. 2010).

L'agroforesterie et les cultures associant un couvert végétal (cultures intercalaires, associations de cultures, rotations des cultures) nécessitent elles aussi des études approfondies et des expérimentations afin d'être utilisées comme techniques de conservation des sols et des eaux dans les HPOC.

Selon les agriculteurs des HPOC, le travail du sol en billonnage perpendiculaire à la forte pente ou en billonnage suivant les courbes de niveau est trop astreignant pour les ouvriers. Ceux qui ont essayé ce mode de préparation du sol l'ont abandonné aussitôt, se plaignant d'avoir mal au dos. La préparation du sol en billonnage suivant la forte pente et/ou à plat est répandue dans les HPOC pour des raisons de confort des agriculteurs ou des ouvriers agricoles.

L'utilisation des haies vives (Fotsing, 1994; Pilot et al. 2002) comme technique de conservation des sols et des eaux dans les collines nécessite beaucoup de travail. Elles doivent être régulièrement taillées afin d'éviter trop d'ombrage sur les plantes cultivées. Les haies vives sont en permanence en compétition pour la nutrition minérale avec les plantes cultivées et diminuent ainsi les rendements agricoles. Notons que les haies vives sont d'une importance capitale sur les abords des routes qui sont par endroits le point de départ des ruissellements concentrés et sur les berges des cours d'eau protégeant ceux-ci de l'envasement et de la pollution.

La technique du billonnage cloisonné a prouvé son efficacité dans la lutte contre l'érosion et le ruissellement dans plusieurs régions du monde (Reijntjes & Waters-Bayer, 1995 ; Reij, 1996 ; Boli et al, 1998 ; Roose et al, 2010 ; olivier et al. 2011). Bien que le billonnage cloisonné prenne un peu plus de temps donc plus de main-d'œuvre en culture manuelle, le sol est également travaillé dans le sens de la pente comme dans les cas de la culture à plat et du billonnage suivant la forte pente. Se limitant déjà au travail du sol qui constitue le principal facteur limitant, il est fort probable que cette technique soit adoptée par la majorité des agriculteurs des HOPC, surtout que si la technique venait à être efficace comme ailleurs, le supplément de travail pourrait être compensé par le surplus de rendements induits.

Il n'existe pas d'organisations paysannes et d'organismes privés ou étatiques qui soutiennent les agriculteurs des HPOC dans la conservation des sols et des eaux.



## 4 Improving Farmers' Profitability, Soil and Water Conservation through an Adapted Tillage Technique: Experiences from the Cultivation of Potatoes in Bamiléké's hills, Cameroon

Henri Grisseur Djoukeng, Yves Brostaux, Christopher Mubeteneh Tankou, and Aurore Degré

Les premiers résultats de recherche inclus dans ce chapitre ont été présentés en poster au colloque international intitulé : *The Third International Conference on Water Resources and Environmental Management (ICWRE-2014)*, organisé du 13 au 15 Mai 2014 à Antalya, Turquie.

Dans cette thèse, ce chapitre est rédigé sous forme légèrement modifiée d'un article publié dans la revue *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, Vol 4(4): pp 708-716 (2016).

## Abstract

On farms situated on slopes, such as those in the Western Highlands of Cameroon, the implementation of soil and water conservation techniques remains a major concern. The land preparation methods commonly practiced in the Western Highlands agro-ecological zone of Cameroon are ridging along the steepest slopes (RASS) and the flatbed (FB). Field observations showed FB and RASS promote erosion by runoff, thereby compromising some agriculture functions (environmental function, production function and even social function). In order to ensure soil stability and maintain good water quality for rivers, a new land preparation method, tied ridging (TR), was tested. Erosion by runoff tests were conducted with four blocks of three plots on each of the most commonly exploited slopes, namely 11% and 29% gradient. With the main crop in the area (potato, *Solanum tuberosum* L.), the performance of RASS, FB, and TR were compared during crop years 2013 and 2014. The water runoff and sediments were collected per plot and per block after every rainfall. The results showed a significant difference between the FB or RASS and TR in terms of soil loss ( $F_{min}(2, 2) = 322.7, p = 0.003$ ), yields ( $F(2, 2) = 287.7, p = 0.003$ ), and runoff water ( $F_{min}(2, 12) = 2.4 \times 10^6, p < 0.001$ ). The TR technique generated a 7% increase in seedlings density, a 41% increase in the workforce, and an 81% and 100% increase in yields compared to FB in 11% and 29% slopes, respectively. The TR increased farmer's profitability by 1,710 US\$ ha<sup>-1</sup> and 1,420 US\$ ha<sup>-1</sup> over RASS in 11% and 29% slopes, respectively. The TR showed undeniable advantages: for the producer, the stress of additional work was offset by the gain in yields while creating additional job opportunities and improving the conservation of soil and water. Although the technique has several advantages, the provision of financial means for its implementation could be a negative point. Twelve farmers were involved in the experiment. The test results convinced the participants and other curious farmers who adopted the technology during the second experiment.

**Key words:** Bamiléké – water – erosion – tied ridging

## 4.1 Introduction

In the Western Highlands of Cameroon, erosion by runoff is a major cause of land and water degradation (Djoukeng et al. 2015). Bamiléké's hills cover an area of 3.1 million hectares (FAO 2008) and according to Valet (1999), 51% of this area is occupied by steep slopes (> 25% gradient), where much cultivated land easily loses fertility due to lack of conservation practices. These steep slopes once reserved for grazing and forestry, are now intensively used for food crop production (FAO 2008). In this area, 85.4% of farmers remain committed to traditional methods of land preparation namely flatbed (FB) and ridging along the steepest slopes (RASS) that greatly threaten the conservation of soil. Therefore, there is a need to propose remedial guidelines that will enable farmers to adopt tillage methods able to sustainably support productivity of their land (Fotsing, 1993; Fotsing 1994; Tchawa 1993). These two practices promote erosion by runoff and lead to the following consequences: (1) gradual reduction of soil production capacity, (2) income losses to farmers, and (3) pollution and disturbance of rivers.

Until now, studies on erosion in the Bamiléké's hills of Cameroon have been limited and essentially descriptive (ECAM3 2008; Fotsing 1992; Tchawa 1991). Fonteh et al. (1998) have conducted research on erosion from the cultivation of peas (*Pisium sativum* L.) on perpendicular ridging. Boukong (1997) performed tests on erosion by runoff on parallel ridging and discontinuous terraces planted with maize (*Zea mays* L.) on oxisol with 9% and 20% slopes. These tests demonstrated the effectiveness of discontinuous terraces on soil loss and crop yields but have limitations because of the high costs for constructing discontinuous terraces. Currently, the most exploited slopes are 11% and 29%. According to PAFPT (2004) maize and peas are no longer the primary crops found in the Bamiléké's hills. The most common crop in the area is potato (*Solanum tuberosum* L.). Cultivation of potato requires intensive land preparation (Roussel et al. 1996). Potatoes are a profitable crop for farmers in the Bamiléké's

hills because of the high demand from urban populations for fresh tubers (Horton 1987). This demand for potato greater today because, in addition to the Cameroonian urban population there is added demand for potatoes from neighboring countries, primarily Gabon and Equatorial Guinea (PAFPT 2004). It is important to design inexpensive technology such as tied ridging (TR) (Boli et al. 1998) that can help to increase potato yields while reducing the risk of rapid land degradation in order to maintain the sustainability of production systems and rural income.

The overall aim of this study was to introduce TR and evaluate the effectiveness of the three land preparation methods (TR, FB, and RASS) on soil loss, water runoff, and potato yields on 11% and 29% slopes. To our knowledge, this experiment could be the first to assess the overall efficiency of these three soil preparation practices on the steepest slopes in the Cameroonian context. The research was conducted with two specific objectives:

1. Quantify water runoff and soil loss during two cropping seasons, and
2. Assess the economic acceptability of the TR, FB, and RASS techniques on the basis of labor, potato yields, earnings, efficiency, and global performance of each of the three land preparation methods.

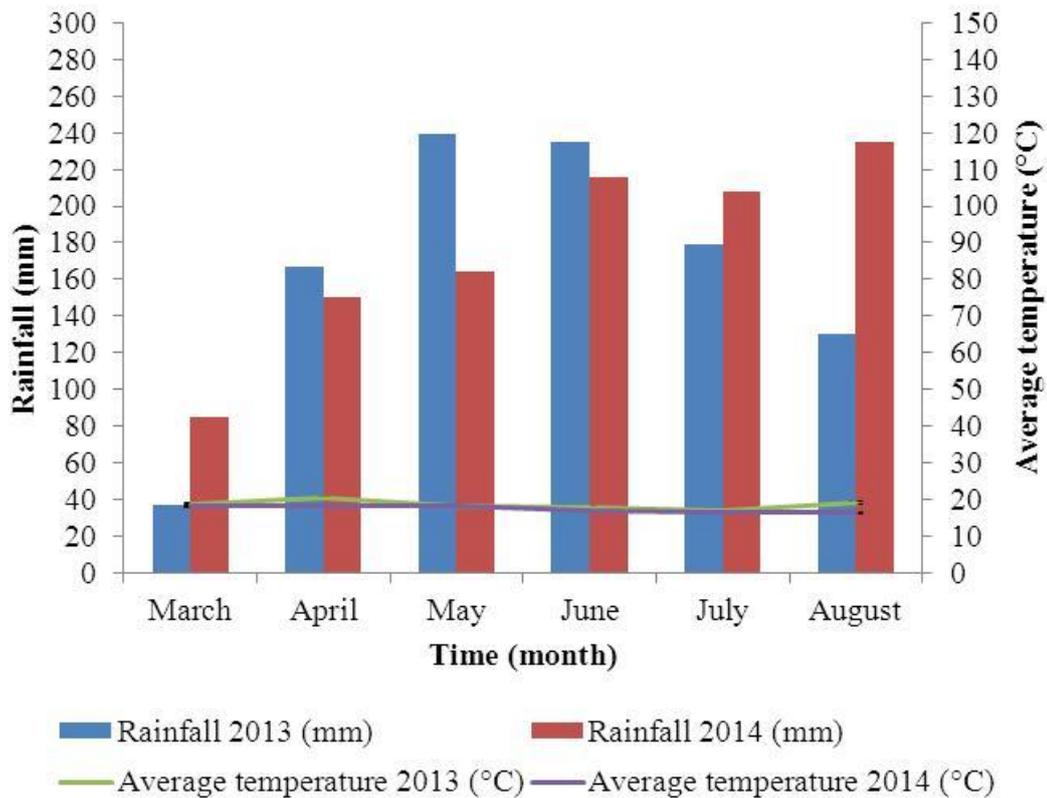
## **4.2 Materials and Methods**

### **4.2.1 Presentation of the Experimental Site**

The experiment was conducted during crop years 2013 and 2014 in the village of Méloh in the Fongo-Tongo subdivision found between the geographical coordinates 5°27' to 5°37'N and 9°57' to 10°05'E (ECAM3 2008). This village is one of the largest sites of potato production in the Western Highlands of Cameroon, which is the main food crop production area of the Central Africa sub-region (PAFPT 2004).

## 4.2.2 Weather Data from the Experimental Site

A thermometer and a rain gauge were installed at the experimental site to collect climatic data (temperature and precipitation). Each year, these data were recorded every day during the growing season from March 1 to August 31.



**Figure 4-1** Precipitation and average temperature during 2013 and 2014 growing seasons at the study site

Source: Computed from field data.

During 2013 and 2014, 985.5 and 1057.3 mm (38.78 and 41.62 in) of rainfall were recorded respectively. In total there were 97 days and 109 days (for 2013 and 2014 respectively) in which there was at least one period of rain over the 24 h period (figure 4-1). Runoff was observed on 44 and 53 days (for 2013 and 2014, respectively) with rainfall. Over the two years, average temperatures varied very little and oscillated between 16.3°C (61.34°F) in August and 20.3°C (68.54°F) in April. The months of May and August received the most rain, with 239 and 234.6 mm (9.41 and 9.24 in) of rain for 2013 and 2014 respectively.

### **4.2.3 Physical and Chemical Characteristics of the Soil**

Soil samples were collected in December 2012 at 30 cm (11.81”) depth using an increment borer and according to the soil sampling standards. After pretreatment method derived from the ISO 11464 standards, characterization of these samples was carried out on dry matter. The FAO textural triangle was used to determine the soil types. For the 11% and 29% slopes, we measured hydraulic conductivity using a Minidisk infiltrometer (Decagon brand), and following the manufacturer’s procedure, with a suction rate of 2 cm (0.78 in), a value that fits with most soil (Donal et al. 2010).

### **4.2.4 Management of the Field Trial**

This experiment was carried out on areas of potato cultivation on two different slopes (11% and 29%), which are representative of the most commonly exploited slopes in the area. Twelve farmers were involved in the experiment. There were four blocks of Weischmeier’s plots, for each slope, with each block divided into three plots. Three treatments (FB, RASS, and TR) were conducted on identical plots of 22.10 m (870.07 in) by 1.80 m (70.86 in) (Morgan and Nearing 2011; Soutter et al. 2007), occupying an area of approximately 40 m<sup>2</sup> (430.56 ft<sup>2</sup>). Typical production methods of the farmers were practiced with respect to planting distances between plants, basal application, weed control, hilling-up, chemical fertilizer, and chemical treatments. The three treatments received the same quantities of fertilizers and pesticides. Record cards were designed for crop management (Annex 5) and for monitoring soil cover by the plant during its vegetative development (Annex 4). The production costs and man-days details are in the Appendix 7.

### **4.2.5 Experimental Design**

Each block was comprised of the three treatments (figure 4-2) with four replications on each slope. Hydrological isolation of plots and blocks was ensured by the use of corrugated galvanized steel sheets driven into the ground.

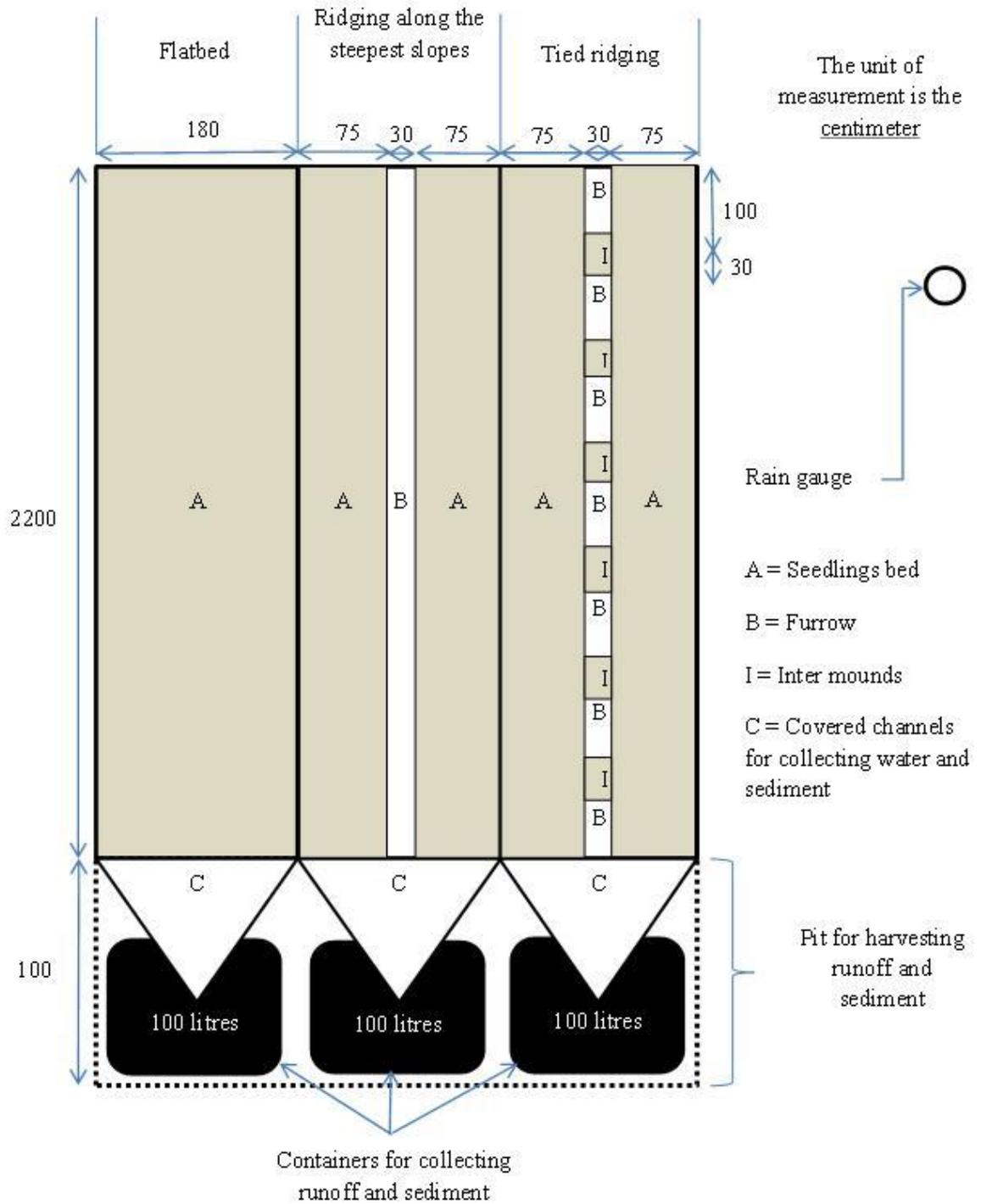


Figure 4-2 Graphical representation of an experimental block

Source: Author, 2013.

## 4.2.6 Tillage, Demarcation, Planting and Basal Application

The land was tilled at 0.30 m (11.81 in) depth using a hoe in all treatments. In FB, the land was dug and any lumps were crushed to form a flat surface. Ridging along the steepest slopes involved forming two ridges running down-slope. The ridges had a trapezoidal shape with an 0.80 m (31.49 in) large base and 0.75 m (29.52 in) small base, and were separated by a groove of 0.20 m (7.87 in). Tied ridging were formed identically to RASS, with the exception that 16 inter mounds with a width of 0.30 m (11.81 in) were constructed in the furrow at regular 1 m intervals, thereby forming micro-dams between the ridges. Demarcation was carried out with cut twines and branches of *Eucalyptus saligna*. The variety "Spunta" that all farmers consider the most resistant to various attacks (insect, nematode, etc) was used in the experiment. Seedlings were selected by the producers themselves and no calibration was conducted. As per the farmers' typical practice, the seedlings were measured in a bucket of 15 liters capacity weighing approximately 25 kg. in RASS and TR, two lines of potato were planted, running up-down, on each ridging with a spacing of 0.25 m (9.84 in), and one potato was planted in each inter mound in TR. On the FB treatment, spacing was 0.25 m (9.84 in) and 0.45 m (17.71 in) respectively between seedlings and lines. In FB, lines were arranged along the length of the plot. Chicken manure (basal application) was spread at a rate of 1,600 kg ha<sup>-1</sup> (647.77 lb ac<sup>-1</sup>) immediately after tillage and before planting in each treatment. Potatoes were planted approximately 0.15 m (5.90 in) from the surface into a hole dug with a metallic or wooden planter. The densities of seedlings differed across the three treatments: 86,000 plant ha<sup>-1</sup> (34,818 plant ac<sup>-1</sup>) FB; 88,250 plant ha<sup>-1</sup> (35,729 plant ac<sup>-1</sup>) RASS; and 92,250 plant ha<sup>-1</sup> (37,348 plant ac<sup>-1</sup>) TR. Operations of demarcation, plowing and basal fertilization application by hand, and hoeing and mounding required 50 man-day ha<sup>-1</sup> (20 man-day ac<sup>-1</sup>) for FB and RASS, and required 60 man-day ha<sup>-1</sup> (24 man-day ac<sup>-1</sup>) for TR. Harvesting workforce differed across the three treatments and in the two slopes: 52, 50, and 91 man-day ha<sup>-1</sup> (21, 20 and 37 man-day

ac<sup>-1</sup>) in the 11% slope for RASS, FB, and TR respectively; and 34, 33, and 68 man-day ha<sup>-1</sup> (14, 13 and 28 man-day ac<sup>-1</sup>) in the 29% slope for RASS, FB, and TR respectively. These operations were conducted on March 26, 2013, and on March 18, 2014.

#### **4.2.7 Pesticides and Chemical Fertilizers**

Chemical fertilizers and pesticides used in the experiment were those available in the study area. Pesticide application was conducted using a 16 liter knapsack sprayer. Pesticides were sprayed using the farmer's method (i.e. above and below plant leaves). At 25 and 18 days after planting for 2013 and 2014 respectively, Gramoxone (herbicide that does not burn potato leaves) at a rate of 2 l ha<sup>-1</sup> (0.81 l ac<sup>-1</sup>) with 10cc Gramoxone in 16 liters of water was applied for weed control. To fight nematodes each year, a single treatment of Cypercot 100 mg was applied at 3 days after planting at a rate of 400 ml ha<sup>-1</sup> (160.94 ml ac<sup>-1</sup>), with 20 ml Cypercot in 16 liters of water. Antifungal treatments using Plantizeb 80WP were applied at a rate of 2.5 kg ha<sup>-1</sup> (1.01 kg ac<sup>-1</sup>) with 100 g in 16 liters of water, at 28, 35, 42, 45, 48, 51, and 58 days after planting in 2013, and at 22, 29, 36, 43, 50, and 57 days after planting in 2014. At 47 and 44 days after planting in 2013 and 2014 respectively, chemical fertilization (NPK complex formulated 20-10-10) was manually applied at the same rate of 200 kg N ha<sup>-1</sup> (80.97 kg N ac<sup>-1</sup>), 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (40.48 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ac<sup>-1</sup>) and 100 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (40.48 kg K<sub>2</sub>O ac<sup>-1</sup>) for each treatment.

#### **4.2.8 Hoeing and Mounding**

At 47 and 44 days after planting in 2013 and 2014 respectively, hoeing and mounding were simultaneously conducted after the application of chemical fertilizers. These operations consisted of bringing up the land at the foot of potato plants to form furrows in the FB treatment and digging deeper into the furrows of the RASS and TR treatments. These two operations used a workforce of 60 man-day ha<sup>-1</sup> (24 man-day ac<sup>-1</sup>) for TR and 50 man-day ha<sup>-1</sup> (20 man-day ac<sup>-1</sup>) for each of the other two treatments.

## 4.2.9 Collecting Water Runoff and Sediments

Collection containers of 100 l capacity were installed on the outlets of each plot. These were positioned in a pit of 1 m (39.37 in) width and 0.50 m (19.68 in) deep dug downstream of each block. The containers were covered with a polyethylene film to prevent inflows of water and sediment not coming from the plot (figure 4-3).



**Figure 4-3 Device for water and sediments collection**

Source: Author's image, 2013.

## 4.2.10 Harvesting

A harvest record card was designed for weight of potatoes harvested per plot and per block (Annex 6). The eight blocks were harvested with a hoe on July 17, 2013 (114 days after planting) and on July 14, 2014 (119 days after planting). Tubers were weighed in 25 kg series using a spring scale of 50 kg maximum capacity.

#### **4.2.11 Quantification of Water Runoff and Sediment**

For both years the water and sediment collection containers were installed on the first day of planting. During the first 27 and 12 days after planting for 2013 and 2014 respectively, rainwater seeped fully into the ground and produced no runoff. The first water and sediment data were recorded at 28 and 13 days after planting for 2013 and 2014 respectively. Recordings were made during rainfall if runoff is beyond the capacity of collecting containers or after each rainfall if runoff does not cross collecting containers. Recordings were made until soil is completely covered and unless there was no runoff containing sediment; it was 26 and 34 days after harvest for 2013 and 2014 respectively. After each collection, sediments were filtered and the amount of wet sediments and water were measured. Wet sediments were finely spread and dried on cotton fiber bags in the field room at ambient temperature for 48 h. A second weighing was conducted after drying and the difference in weight was added to the amount of water runoff. The amounts of water and sediment considered in this paper are those obtained after drying.

#### **4.2.12 Assessment of Tillage Methods in Expenses and Revenue**

Ridging along the steepest slopes data were considered as a baseline in calculating the rate of increase in expenses and revenue. The three treatments were evaluated in terms of farmer's profitability. Only the costs of labor and agricultural inputs were taken into account in these calculations, experimental material was excluded. As learned from the farmers, the calculations of expenses, revenue were made on the fee schedule of 200 XAF (0.33 US\$)  $\text{kg}^{-1}$  seedlings and 125 XAF (0.21 US\$)  $\text{kg}^{-1}$  potatoes for consumption. The cost of labor is 1,300 XAF (2.16 US\$)  $\text{man-day}^{-1}$  regardless task. Other inputs' prices are from market. Farmers' expenses and profits (Appendix) were calculated assuming that all potatoes are sold, as intended, for consumption. Usually in this study area there is no difference between the potato for consumption and seedling. The calibration is almost inexistent; the difference observed in

price is mainly due to the fact that potatoes harvested in July are planted in March of the following year. During the time spent in storage, tubers lose more water and therefore decrease in volume.

### **4.2.13 Data Analysis**

Soil samples were analyzed by the Provincial Center of Agriculture and Rural Policy, La Hulpe, Belgium.

The effects of treatments and slopes on the quantity of water runoff, sediments, and yield were tested through the adjustment of a partially nested analysis of variance model, with years and blocks as random factors. Normality and homogeneity of the variances assumptions were assessed on the residuals of the adjustments. Those assumptions were met for all the data for 2013 and 2014. The effects of treatments and slopes on the workforce, expenses, and profit were measured through descriptive statistics.

## **4.3 Results and Discussion**

### **4.3.1 Physical and Chemical Characteristics of the Soil**

Table 4-1 shows that the soil from both slopes had a silty texture. According to the FAO textural triangle, the soil in the 11% slope is a silt while the soil in the 29% slope is a fine silt.

Calculated  $k_1$  and  $k_2$  (respectively) hydraulic conductivity of the soil on 11% slope and 29% slope, were in the typical range of values for hydraulic conductivity in silty soils (Freeze and Cherry 1979) which means that the soil was favorable for water infiltration and had not been affected by physicochemical transformations that could promote rainsplash (Tribak et al. 2012; Dohnal et al. 2010).

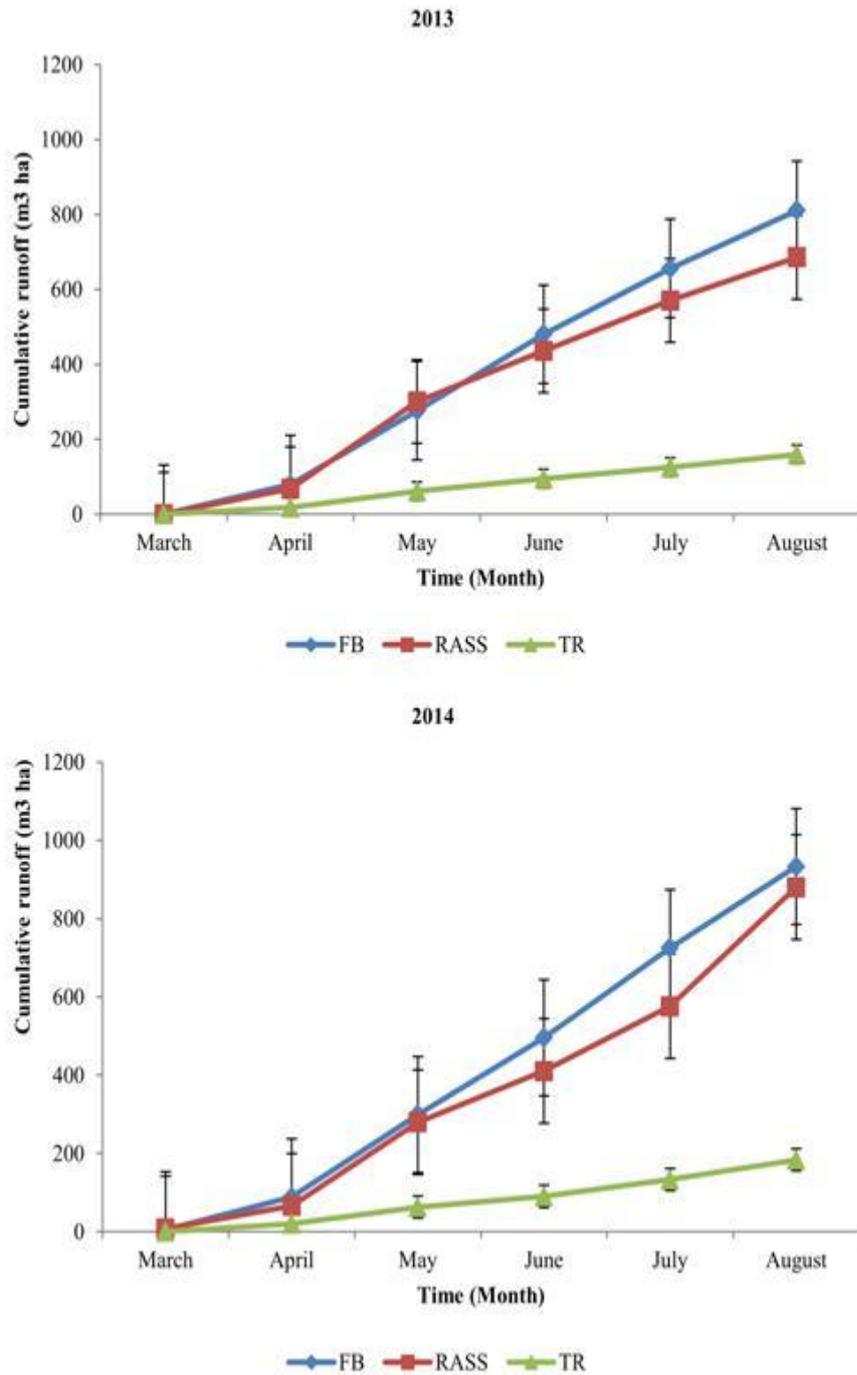
**Table 4-1 Soil characterization**

Characteristic	Designation	11% slope	29% slope
Physical characterization	Clay (%) < 0.002 mm	25.2	21.7
	Fine silt (%) 0.002-0.02 mm	35.3	45.1
	Coarse silt (%) 0.02-0.05 mm	11.3	11.7
	Fine sand (%) 0.05-0.2 mm	14.4	13.2
	Coarse sand (%) 0.2-2 mm	13.7	8.3
Chemical characterization	pH_water	5.4	5.9
	Organic carbon (g/kg)	82	94
	Calculated hydraulic conductivity (m.s <sup>-1</sup> )	3.32*10 <sup>-6</sup>	3.44*10 <sup>-6</sup>

Source: Field samples analyzed by the Provincial Center of Agriculture and Rural Policy, La Hulpe, Belgium, 2014. Hydraulic conductivity obtained by Minidisk.

### 4.3.2 Effects of Slope and Tillage on Quantity of Water Runoff

Data from 2013 experiment had higher water runoff variability than in 2014. Therefore, results are presented by year. Low variability in 2014 would be due to homogeneity, indicating mastery of the TR technique. Regardless of slope, cultivation on FB and RASS released highest runoff, while TR released the lowest ( $F_{min}(2, 12) = 2.4 \times 10^6$ ,  $p < 0.001$ , figures 4-4 and 4-5). Flatbed and RASS released six times more runoff than TR.



FB: flatbed; RASS: ridging along the steepest slope; TR: tied ridging

Figure 4-4 Chart of average cumulative runoff per hectare, per tillage method on 11% slope

Source: Computed from field data.

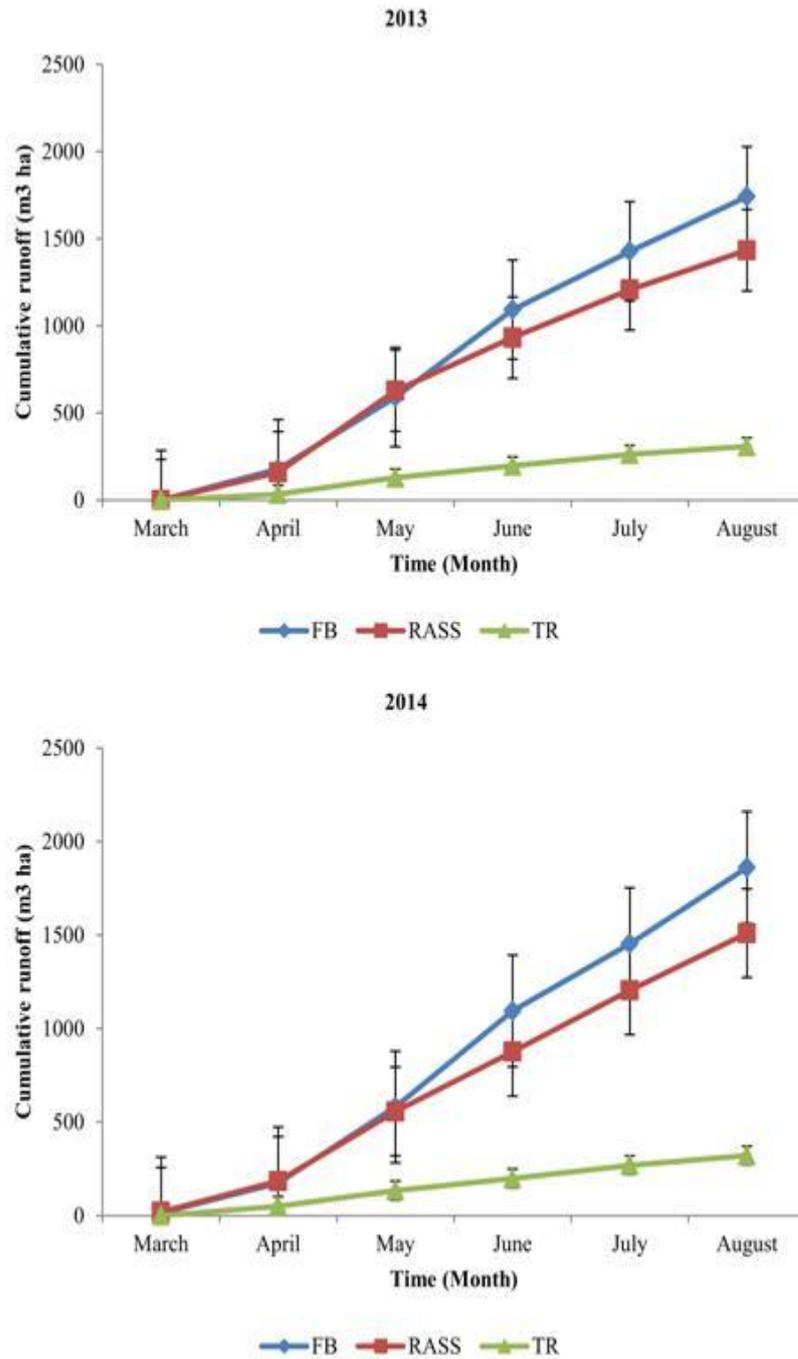


Figure 4-5 Chart of average cumulative runoff per hectare, per tillage method on 29% slope

Source: Computed from field data.

### 4.3.3 Effects of Slope and Tillage on Quantity of Sediment

Considering all tillage methods, cumulated soil losses for the 11% slope (figure 4-6) were lower than the 29% slope (figure 4-7). Flatbed and RASS caused the highest soil loss, while TR caused the lowest soil loss. Considering average value of 2013 and 2014, TR retained five times more sediment than FB and RASS ( $F_{min}(2, 2) = 322.7, p = 0.003$ ). In relation to soil loss and runoff for FB and RASS, it could be deduced that soil loss was not necessarily proportional to runoff; FB favored runoff over RASS, and the latter mode contributed to more soil loss than FB.

Everything being equal, the FB remained the method that generated the higher quantity of runoff (figures 4-4 and 4-5). Regarding soil loss, RASS was the method of land preparation that generated the higher quantity of soil loss (figures 4-6 and 4-7). In both cases, TR is the optimum conservation technique. In relation to soil loss, it could be deduced that the soil loss was not necessarily proportional to runoff; FB favored runoff more than RASS and the latter mode contributed to more soil loss than the FB.

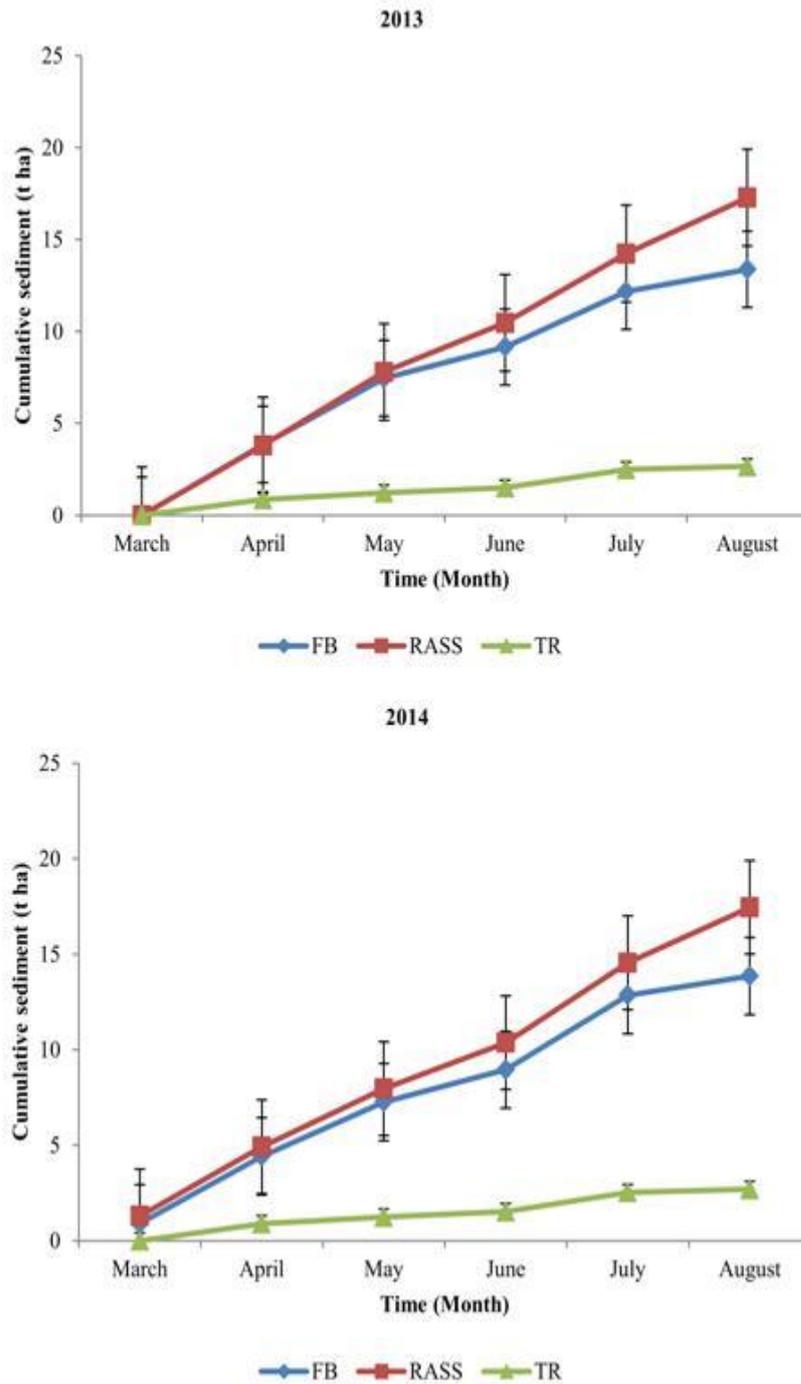


Figure 4-6 Chart of average cumulative sediment per hectare, per tillage method on 11% slope

Source: Computed from field data.

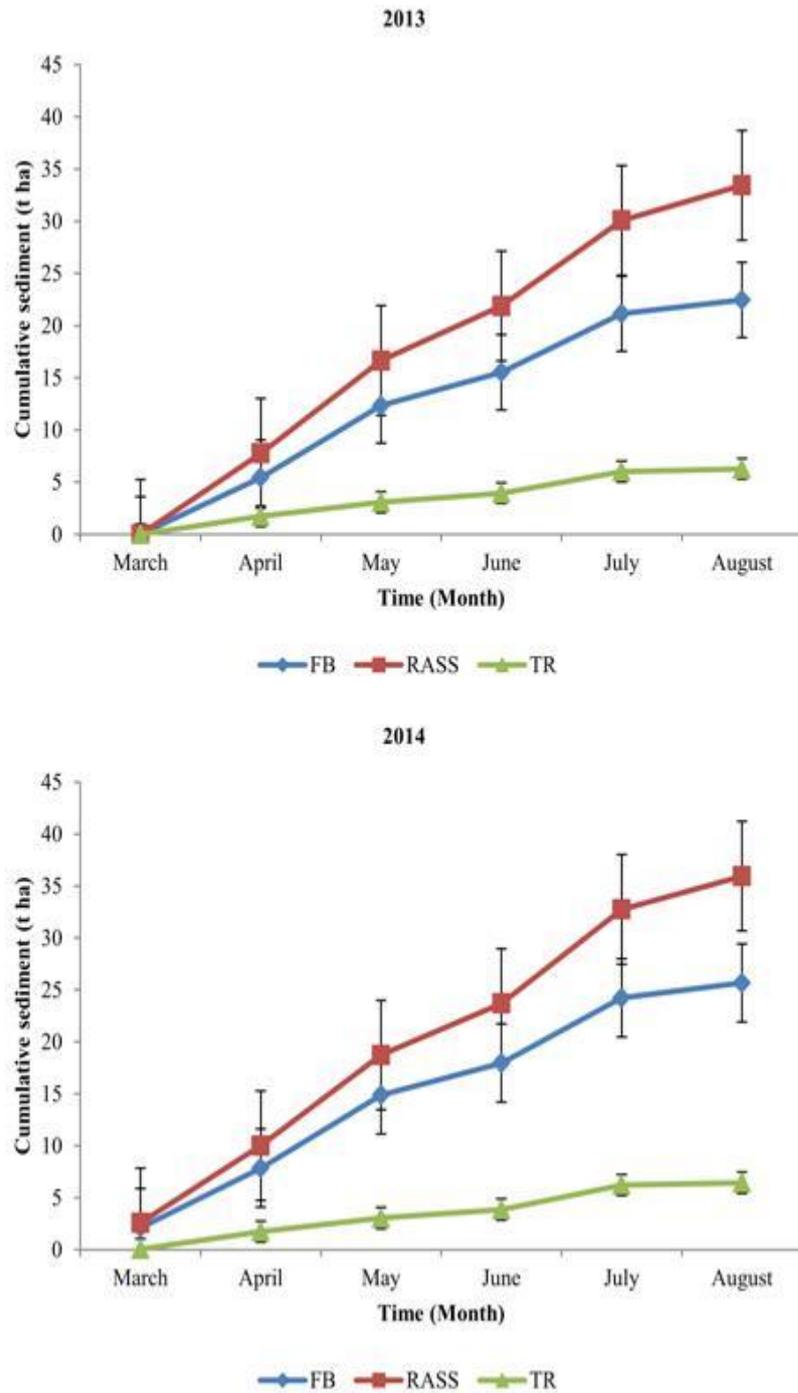
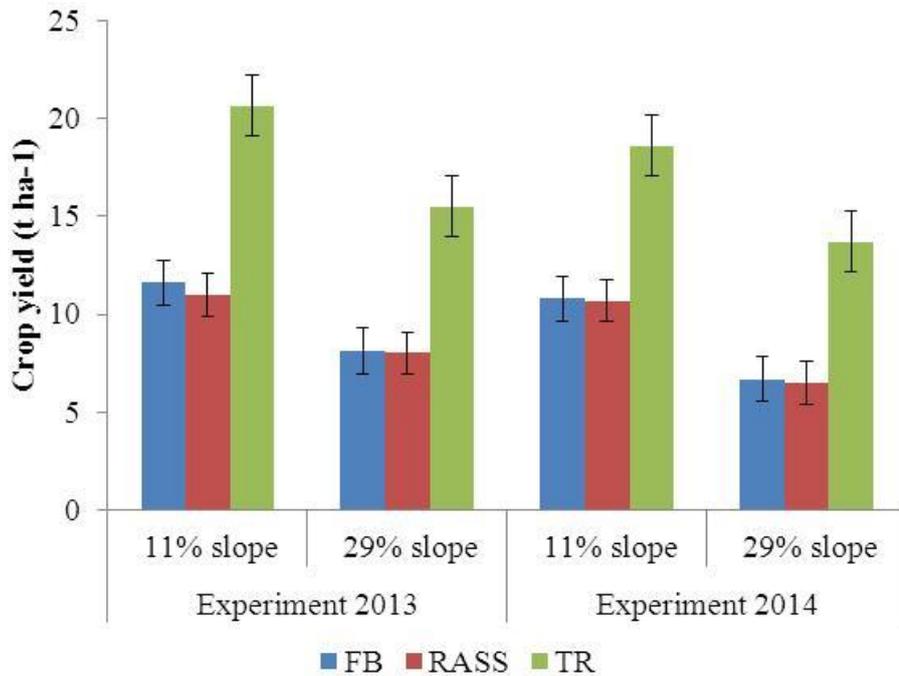


Figure 4-7 Chart of average cumulative sediment per hectare, per tillage method on 29% slope

Source: Computed from field data.

#### 4.3.4 Effects of Slope and Tillage on Crop Yield

For both years, average potato yield was calculated for each of the three land preparation methods on any slope tested.



**Figure 4-8 Chart of average crop yield per hectare, per tillage method and per slope**

Source: Computed from field data.

Considering all modes of tillage, crop yields were lower on 29% slope than 11% slope during both Years. Considering average value of 2013 and 2014 on all slopes, FB and RASS had lower crop yield, while TR had the highest crop yield ( $F(2, 2) = 287.7, p = 0.003$ , figure 4-8). In addition to the fact that TR prevents fertilizers from migrating out of the plot, this increase in performance is also a result of the high seedling density.

## 4.4 Assessment of Technique Performance

### 4.4.1 Water Runoff

Regarding the amount of water runoff, FB was identified as control because it is more prone to runoff than RASS and TR.

**Table 4-2 Percent change in water runoff per hectare as compared to flatbed**

Tillage method	2013		2014	
	11% slope	29% slope	11% slope	29% slope
FB	-	-	-	-
RASS	-15.52	-17.69	-5.65	-18.87
	± 0.62 <sup>a</sup>	± 0.46 <sup>a</sup>	± 0.06 <sup>a</sup>	± 0.01 <sup>a</sup>
TR	-80.29	-82.31	-80.24	-82.76
	± 0.48 <sup>a</sup>	± 0.11 <sup>a</sup>	± 0.05 <sup>a</sup>	± 0.01 <sup>a</sup>

Source: Computed from field data. <sup>a</sup> = standard deviation.

In both years, Table 4-2 shows RASS and TR have less water runoff than FB. With greater than 80% efficiency on any slope, TR proved to be the best runoff retention means.

### 4.4.2 Seedling Density, Workforce, Sediment Reduction, and Yield

Table 4-3 below shows the percent change in seedling density, workforce, sediment retention, and yield calculating using each of three land preparation methods.

**Table 4-3 Percent change in density, workforce, and yields per hectare compared to ridging along the steepest slopes**

Tillage method	Increased seedling density	11% slope		29% slope			
		Increased workforce	Increased sediment	Increased yields	Increased workforce	Increased sediment	Increased yields
		RASS	3	-	-	-	-
FB	-	1.33	-21.67 ± 1.95 <sup>a</sup>	3.55 ± 7.25 <sup>a</sup>	0.75	-30.67 ± 5.10 <sup>a</sup>	2.33 ± 12.15 <sup>a</sup>
TR	7	40.66	-84.75 ± 0.61 <sup>a</sup>	81.18 ± 11.90 <sup>a</sup>	41.35	-81.68 ± 0.40 <sup>a</sup>	101.86 ± 14.36 <sup>a</sup>

Source: Computed from field data, 2013 and 2014. <sup>a</sup> = standard deviation.

In table 4-3, negative sediment percentage values can be seen increasing illustrate the efficiency of sediment retention of FB and TR compared to RASS. Sediment movement was the most disadvantaged in TR, with an 85% and 82% reduction of sediment as compared to RASS on the 11% slope and 29% slope respectively. Within the 29% slope, 24.06 t ha<sup>-1</sup> (9.74 t ac<sup>-1</sup>) year<sup>-1</sup> average soil loss in FB was recorded; erosion tests conducted in Morocco on a similar mode of culture and gradient in tertiary seasonally wet series led to soil loss averages of 61t ha<sup>-1</sup> (24.69 t ac<sup>-1</sup>) year<sup>-1</sup> (Tribak et al. 2012). The difference observed amongst soil losses could be explained by the fact that the ground was more stable in our experimental site. Other erosion tests were also held in Uganda on banana cultivation and generated soil loss of 16t ha<sup>-1</sup> (6.47 t ac<sup>-1</sup>) year<sup>-1</sup> (Shakesby 2002); in this case the soil texture and slope was not specified, the difference observed could be the capacity of banana to prevent soil erosion. On a 20% slope in the Western Highlands of Cameroon with maize, erosion tests showed that discontinuous terraces retained thirty-one times more soil losses than parallel ridging (Boukong 1997); discontinuous terraces seem more efficient, but this technique is not suitable for the small farmer.

Regarding seedling density, workforce, and yield, table 4-3 shows density for FB was the lowest of the three treatments, while density for TR was the highest. These differences in seeding rate would translate to significant differences in plant canopies, which does affect runoff and erosion production. Positive percentage values shows increasing amounts of density, workforce and yield for TR compared to those obtained by RASS and FB. Increased workforce and seedling density leads to additional costs for farmers, while higher yields pride increased revenue. On the 29% slope for example, TR yields were more than double the yields obtained in RASS. From our point of view on site, this increase in performance could be due not only to increased seedling density, but also to the fact that inter mounds could prevent organic matter, pesticides, and fertilizers from migrating out of the plot.

### 4.4.3 Assessment of Tillage Methods in expenses and revenue

Table 4-4 Farmers' expenses, revenue, and profit per hectare

Tillage method	11% slope			29% slope		
	Expenses	Revenue	Profit	Expenses	Revenue	Profit
	(\$US)	(\$US)	(\$US)	(\$US)	(\$US)	(\$US)
RASS	1420	2341	922	1382	1565	184
FB	1433	2426	995	1390	1,602	212
TR	1609	4241	2632	1557	3160	1604

Source: Computed from field data 2013 and 2014. \$US: Dollar United States of America.

Taking into account all production expenses (Annex 7) for each treatment, and considering the RASS treatment as a baseline for calculations, table 4-4 shows that farmers would have 2.88 and 1.74 times their baseline earnings (using FB and TR respectively) in the 11% slope, and 1.15 and 8.71 times their baseline earnings (using FB and TR respectively) in the 29% slope. Using TR would increase farmer's profitability by 1710 US\$ ha<sup>-1</sup> and 1420 US\$ ha<sup>-1</sup> over RASS in 11% and 29% slopes, respectively. Tied ridging seem significantly more profitable but it remains to see if it would be easily adopted by the majority of farmers exploiting steepest slopes since it leads to significant additional cost (for extra seedlings and workforce).

## 4.5 Conclusions

Regardless of slope gradient, we can conclude that despite overall soil loss in RASS, yield was almost identical to that of FB; only TR presented a largely positive effects on water runoff (lowered by a factor of seven), soil loss (lowered by a factor of five), farmers' profitability (1710 US\$ ha<sup>-1</sup> and 1420 US\$ ha<sup>-1</sup> in 11% and 29% slopes, respectively), and yield (an 80% and increase in 11% and 29% slopes, respectively). Given the results of this experiment, 70% (8 over 12) participating farmers and others non participating farmers committed unconditionally to TR. Financial means was limiting factor for the four other participating farmers who are not

adopted TR on all their plots. Farmers in the study area should enthusiastically engage themselves in TR, which is an effective way to fight against erosion by runoff.

Beside its benefits in farmers' profitability, and in soil and water conservation, TR leads to 40% and 7% extra work and extra seedlings, respectively. Although these two aspects represent a benefit for the entire community (employment opportunities and seedlings' market), it should first of all that farmers have financial resources for the implementation of TR.

This research opened pathway for many other relevant researches since besides all advantages of TR technique listed above, the following questions remain as yet unanswered:

1. Will the TR technique prove similarly suitable for other vegetable crops each taken separately or crop associations?
2. Does socio economic situation of farmers encourage the TR's adoption in the Bamiléké's hills?
3. Will the TR technique prove suitable for limiting siltation and pollution of rivers?



# 5 Contraintes Socio-économiques de Répartition des Terres et Impacts sur la Conservation des Sols dans les Hauts Plateaux de l'Ouest du Cameroun

H. G. Djoukeng, T. Dogot, C. M. Tankou et A. Degré

Ce chapitre est rédigé sous forme légèrement modifiée d'une publication sous presse dans la revue *TROPICULTURA*.

**Keywords** : Conservation des sols- Fongo-Tongo- Systèmes fonciers- Héritiers- Cameroun

## Résumé

Cet article combine les données d'enquêtes sociales sur l'accès à la propriété foncière et celles de l'adoption du billonnage cloisonné comme technique de conservation des sols pour permettre de mieux comprendre la gestion de l'érosion et du ruissellement par les agriculteurs dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun, spécifiquement dans les collines du groupement Fongo-Tongo. L'étude a porté sur 230 parcelles appartenant à 157 répondants parmi les 168 personnes recensées. Cinq principaux modes d'accès à la terre ont été répertoriés : l'héritage, l'achat, la cession temporaire, les dons et la location. Les propriétaires et les exploitants des collines de faibles pentes (entre 11 % et 17 %) et de fortes pentes (entre 22 % et 29 %) ont été inventoriés. Deux principaux rangs sociaux ont été identifiés : les dignitaires (Chefs, Notables, Elites et Héritiers) et les autres (fils non-héritiers et femmes). L'étude a montré que les aptitudes agronomiques des parcelles telles que reconnues par les agriculteurs sont un facteur déterminant dans la mise en œuvre des techniques de conservation des sols. L'approche paysanne de la fertilité des sols a ensuite été scientifiquement confirmée par des analyses physico-chimiques des échantillons de sol prélevés sous les espèces végétales considérées localement comme indicatrices de sols fertiles (*Pennisetum sp*) et de sols pauvres (*Imperata*

*cylindrica* et *Melinis minutiflora*). L'étude a montré que l'accès à la terre, l'adoption du billonnage cloisonné et l'exploitation des pentes sont significativement influencés par la situation socio-économique des agriculteurs ( $p < 0,05$ ).

## Summary

### **Socio-economic Constraints of Land Distribution and Impacts on Soil Conservation in the Western Highlands of Cameroon**

This article combines social survey data on access to land and those of the adoption of tied ridging as soil conservation technique to help better understand the management of erosion and runoff by farmers in the Western Highlands of Cameroon, specifically in the hills of Fongo-Tongo villages' group. The study focused on 230 plots owned by 157 respondents on 158 people inventoried. Five main modes of access to land were listed as: inheritance, purchase, temporary transfers, donations and rental. The owners and operators of the hills of gentle slopes (between 11% and 17%) and steepest slopes (between 22% and 29%) were inventoried. Two main social ranks were identified: the dignitaries (Chiefs, Notables, Elites and heirs) and other (non-heirs sons and women). The study showed that the agronomic abilities of plots as recognized by farmers are a key factor in the implementation of soil conservation techniques. The peasant approach of soil fertility has been scientifically proven by the physicochemical analysis of soil samples taken under plant species used locally as indicator of soil fertility (*Pennisetum spp* on fertile soils and *Imperata cylindrica* and *Melinis minutiflora* on poor soils). The study showed that access to land, adoption of tied ridging and slope exploitation were significantly influenced by the socio-economic status of farmers ( $p < 0.05$ ).

## 5.1 Introduction

Dans les tropiques en général, la pression démographique est un facteur de l'émigration des populations (Bilsborrow et Carr, 2001). La pression démographique entraîne l'exploitation intensive des parcelles dans tous les types de terroirs, exposant celles situées dans les pentes au phénomène d'érosion par ruissellement si des mesures de conservation des sols ne sont pas prises. Deux systèmes fonciers interagissent au Cameroun : le système traditionnel et le système moderne. Le système traditionnel fait référence au droit foncier coutumier qui renvoie aux règles et aux procédures communautaires orales qui régissent les relations foncières entre les individus d'une même communauté ou entre deux communautés rurales voisines (Ndjogui et Levang, 2013). Le système moderne est régi par divers textes législatifs et réglementaires en l'occurrence les lois, les décrets, les arrêtés, les circulaires et autres instructions du gouvernement (Guiffo, 2005).

Dans la zone agro-écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest comme dans le Nord Cameroun où le système social est centralisé, la gestion des terres et des ressources naturelles revient aux chefs ou aux notables (Hamani, 2005 ; Lavigne-Delville, 2000; PNGE, 1996). On entend par système social centralisé un système au sein duquel les décisions prises unilatéralement par les chefs de famille ou les chefs coutumiers ne sont pas contestées. A la mort du chef de famille ou du chef coutumier, la totalité de son patrimoine passe aux mains d'un héritier unique de sexe masculin. Les fils non-héritiers ont droit uniquement à de petites parcelles pour construire leur case. Pour avoir la possibilité d'exploiter des terres agricoles, ils doivent : les prendre en location, les acheter ou demander des parcelles sur les réserves foncières de la chefferie. Les réserves foncières de la chefferie comprennent l'ensemble des terres non encore attribuées. En attendant d'accueillir de nouveaux solliciteurs de parcelles, ces réserves peuvent être temporairement exploitées par toute personne qui en fait la demande à la chefferie. Les milieux ruraux camerounais sont subdivisés en groupements, villages et

quartiers. Un groupement est un ensemble de plusieurs villages qui sont à leur tour constitués de quartiers.

Dans la zone agro-écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun, les chefs de groupement sont assistés dans leurs fonctions par le « *Conseil des 9 notables* ». Ce conseil est constitué par les descendants des compagnons du fondateur du groupement et qui restent, générations après générations, titulaires de cette charge. Les ancêtres des membres du conseil des 9 notables avaient hérité de vastes domaines ; ce qui fait d'eux les plus grands propriétaires terriens des chefferies dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun. Ils ont placé progressivement leurs propres fils et d'autres notables sur ces terres (Guiffo, 2005). Le chef du groupement est le gérant de toutes les terres. Il gère le patrimoine foncier de son groupement et délègue certaines de ses fonctions aux chefs de villages et de quartiers (Fotsing, 1995). Les chefs de villages sont pour la plupart des descendants du fondateur du groupement et des anciens chefs guerriers.

Depuis les années 1990, certaines élites urbaines accèdent au statut de notable ou de chef de village. D'après Ndjogui et Levang (2013), la dénomination d'élites urbaines fait référence à des hommes ou femmes d'affaires, des cadres supérieurs des secteurs public et privé résidant en ville ou à l'étranger et possédant des revenus réguliers et élevés, ainsi qu'une grande influence politique, économique et sociale. L'habitat se voulant groupé dans la zone, il n'y a presque plus d'espace libre dans les plaines, les collines à faibles pentes et les plateaux pour y faire de l'agriculture, et s'il y en a, cet espace est réservé pour une certaine classe de la société. C'est pourquoi, la quasi-totalité des agriculteurs se replie vers les collines de fortes pentes où les négociations d'acquisition des terres sont souvent à la portée des moins nantis (Boutrais, 1992, Fotsing, 1995).

La conservation efficace des sols agricoles d'une région passe impérativement par l'analyse et la compréhension de son régime foncier (Hamani, 2005). Un certain nombre d'études révèlent

que les facteurs liés à la taille du patrimoine foncier et à la démographie sont importants dans la détermination de la participation des agriculteurs à la gestion de la terre et de l'eau ou aux activités de développement des bassins versants (Zweifler et al 1994). D'après Sunderlin et al. (2000), la crise caféière des années 1990 a entraîné, dans la zone d'étude, l'abandon de la caféiculture au profit des cultures maraîchères qui sont devenues les principaux produits de rente. Contrairement au caféier, ces cultures nécessitent un travail permanent du sol, exposant celui-ci à l'érosion par ruissellement. Dans la zone d'étude, environ 51% de la superficie totale est occupée par des pentes supérieures à 25 % (Tsayem, 1995). L'exploitation des fortes pentes sans mesures de conservation des sols entraîne depuis les années 1990 et jusqu'à nos jours des pertes multiples dont on peut citer entre autres la dégradation des sols et la baisse des rendements.

Des expérimentations réalisées sur la mise en œuvre du billonnage cloisonné pendant les campagnes agricoles 2013 et 2014, ont démontré l'efficacité de cette technique antiérosive dans la diminution des pertes en terre et l'augmentation des rendements (Djoukeng et al. 2015). La présente étude vise globalement à quantifier le taux d'adoption du billonnage cloisonné et à contribuer à l'identification des déterminants de l'adoption des techniques de conservation des sols et des eaux dans les collines des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun.

Cette étude portera sur une plage de travaux allant de l'analyse des aptitudes agronomiques des parcelles du point de vue paysan à l'adoption des aménagements antiérosifs. Les aptitudes agronomiques des parcelles seront scientifiquement vérifiées par les analyses physico-chimiques des sols qui pourront faire le lien entre leurs éléments constitutifs et la conception paysanne de la fertilité. On examinera la place du rang social et du genre dans les processus d'accès à la terre et d'exploitation des fortes pentes, ces processus ayant pour support la situation économique des agriculteurs. L'atteinte de l'objectif passe donc par la vérification de quatre hypothèses de recherche:

Les aptitudes agronomiques des parcelles, telles que reconnues par les agriculteurs, et vérifiées par les analyses physico-chimiques du sol, influencent l'implémentation des techniques antiérosives,

Le rang social et l'aspect genre influencent l'accès à la propriété foncière et la mise en œuvre des techniques de conservation des sols,

Les techniques de conservation des sols et des eaux sont indispensables dans les fortes pentes mais leur taux d'adoption y est faible,

L'adoption des aménagements antiérosifs est influencée par la situation économique des agriculteurs.

## 5.2 Matériels et Méthodes

### 5.2.1 Milieu d'étude



**Figure 5-1** Situation géographique de la zone d'étude dans la carte du Cameroun

Source : Tirée et adaptée de (INC, 2013).

Cette étude a été conduite dans les villages Mélang et Messong du groupement Fongo-Tongo.

Ce groupement qui est le chef-lieu de l'Arrondissement portant le même nom est situé au

Cameroun dans la Région de l'Ouest, Département de la Ménoua (Figure 5-1). Le choix de ce groupement a été motivé par le fait qu'il a les caractéristiques typiques des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun en termes d'altitude, de densité de population et d'exploitation de fortes pentes (> 22 %) (16). Ces fortes pentes sont intensément exploitées dans les villages Mélang et Messong (Figure 5-2).



**Figure 5-2 Paysage des collines du groupement Fongo-Tongo**

Source : image auteur, 2013.

La zone agro-écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun couvre les Régions de l'Ouest et du Nord-Ouest avec une altitude moyenne de 1450 m (Fotsing, 1992). La température moyenne maximale est de 22°C, tandis que la température moyenne minimale est de 17°C. Les précipitations annuelles sont comprises entre 1000 et 2000 mm et tombent sur une longue saison des pluies qui va de mi-mars à mi-octobre (Tankou, 2014). Dans les Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun, 85,4 % des paysans restent attachés aux méthodes traditionnelles de préparation des lits de semences qui, pour la plupart, constituent une

menace pour la conservation des sols et des eaux, d'où le fort intérêt de prendre et de respecter certaines règles d'utilisation (Fotsing, 1993 Tchawa, 1993).

Les régions Ouest et Nord-Ouest figurent parmi les 4 régions les plus peuplées du Cameroun avec des densités de population 2,5 à 3 fois supérieures à la moyenne nationale qui s'établit à 42 hab/km<sup>2</sup> (RGPH, 2010). Selon nos investigations, la densité de population dans les villages Mélang et Messong est d'environ 350 hab/km<sup>2</sup>.

### **5.2.2 Collecte des données**

Une enquête par questionnaire a été conçue et administrée aux agriculteurs exploitant les collines des villages Mélang et Messong du groupement Fongo-Tongo. Un total de 168 agriculteurs a été recensé dans les collines des villages Mélang et Messong regroupant respectivement 97 et 71 agriculteurs. 157 des 168 agriculteurs recensés ont répondu au questionnaire conçu pour cette étude, soit un taux de participation de 94%. Ces répondants possédaient au total 230 parcelles occupant une superficie totale de 94 ha répartie sur plusieurs pentes de différentes valeurs. Les superficies de ces parcelles recensées étaient comprises entre 0,1 ha et 0,9 ha. Sur chaque parcelle inventoriée la pente a été calculée en faisant le rapport du dénivelé sur la longueur de la parcelle dans le sens du travail du sol. A l'aide d'un global positioning system (GPS), les valeurs de l'altitude des deux extrémités de la parcelle ont été mesurées et le dénivelé a été obtenu en faisant la différence de ces deux valeurs, la longueur de la parcelle ayant été mesurée avec un décamètre. Les exploitants des parcelles ont été interrogés afin d'obtenir les informations portant globalement sur les différentes démarches suivies pour accéder à la propriété foncière, les facteurs qui influencent l'exploitation des pentes, les critères de choix des modes de préparation du sol pour le cultiver.

Dans quatre endroits, la reconnaissance des espèces indicatrices de la qualité des sols a été faite par les agriculteurs et leur identification par le laboratoire de botanique de l'Université de

Dschang. Pour obtenir les échantillons de sols et les mesures de différenciation des profils, une fosse mesurant 2 m de longueur sur 1 m de largeur et 2 m de profondeur a été creusée dans chacun des endroits où la végétation était dominée par une espèce végétale indicatrice de la qualité du sol (Annexe 1). Les analyses physico-chimiques des échantillons de sol ont été réalisées par le laboratoire d'analyse des sols et de chimie de l'environnement de l'Université de Dschang.

Les données concernant l'adoption du billonnage cloisonné, technique antiérosive de préparation du sol (Djoukeng et al, 2015), ont été collectées pendant la campagne agricole 2014.

### **5.2.3 Traitement des données**

Pour une meilleure analyse des données, les pentes ont été regroupées en deux grandes classes : la classe des pentes comprises entre 11 % et 17 % rassemblant les pentes de 11 %, 14 % et 17 % et la classe des pentes comprises entre 22 % et 29 % composées des pentes de 22 %, 26 % et 29 % (cf chapitre 3). Le rang social lui aussi a été regroupé en deux principales classes : le groupe des dignitaires (Chefs, Notables, Elites et Héritiers) et le groupes des autres (fils non héritiers et femmes). Les données ont été traitées selon la méthode d'analyse de la variance par le test de Chi-deux au seuil de signification de 5 %.

## **5.3 Résultats**

### **5.3.1 Les sols**

Les caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface des sols étudiés sont consignées dans le Tableau 5-1.

**Tableau 5-1 Caractéristiques physico-chimiques de l'horizon de surface des sols**

Sol	Epaisseur (cm)	Texture (%)			pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	pH <sub>KCl</sub>	MO (%)	CEC (méq/100g)	Bases échangeables (méq/100g)				
		Argile	Limon	Sable					Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	S
S1	23	38	30	32	5,9	4,7	9,97	16,60	4,80	2,50	0,14	0,01	7,45
S2	8	36	32	32	5,6	5,1	8,81	13,50	4,48	1,60	0,20	0,01	6,29
S3	31	58	22	20	6,1	4,6	6,12	10,30	4,64	2,24	0,18	0,01	7,07

S1= sol sous *Pennisetum purpureum* S2= sol sous *Pennisetum clandestinum* S3= sol sous *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora* MO= matière organique

Source : Laboratoire d'analyse des sols et de chimie de l'environnement, Université de Dschang, Cameroun.

Le Tableau 5-1 montre que les sols sur lesquels la végétation est majoritairement constituée de *Pennisetum spp* ont un horizon de surface peu profond (< 30 cm) et une terre riche en matière organique. Les sols sur lesquels la végétation est constituée des espèces *Imperata cylindrica* ou *Melinis minutiflora* ont un horizon de surface profond (> 30 cm) avec une terre pauvre en matière organique.

**Tableau 5-2 Quelques espèces indicatrices de la qualité du sol**

Profil	Espèce dominatrice	Nom commun	Nom vernaculaire	Indicateur	Prix d'achat du terrain (EURO/m <sup>2</sup> )
P1	<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyu	Nkoukouyong	Fertile	0,46
P2	<i>Pennisetum purpureum</i>	Napier grass	Messessoung	Fertile	0,46
P3	<i>Imperata cylindrica</i>	Red Baron	Pang keneuh	Pauvre	0,30
	<i>Melinis minutiflora</i>	Molasses grass	Gahté		

P1= profil du sol sous *Pennisetum purpureum* P2= profil du sol sous *Pennisetum clandestinum* P3= profil du sol sous *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora* 1 EURO = 655,957 XAF (monnaie locale)

Source : Obtenu à partir des données d'enquêtes de terrain, 2014.

Le Tableau 5-2 montre les trois profils de sols étudiés, les noms des espèces végétales dominantes en place, l'indice de qualité du sol et le coût d'acquisition au mètre carré. Un hectare de terrain coûte 4574 EURO (soit 300 XAF/m<sup>2</sup>) pour les sols fertiles contre 3049 EURO (soit 200 XAF/m<sup>2</sup>) pour les sols pauvres.

### 5.3.2 Propriété foncière et exploitation des pentes par rang social

Dans la zone d'étude, cinq modes principaux d'acquisition des terres ont été inventoriés. Ce sont l'héritage, l'achat, la cession temporaire, le don et la location pour des proportions totales respectives de 31 %, 25 %, 21 %, 13 % et 10 % (Figure 5-3). 80 % des parcelles achetées proviennent des réserves de la chefferie. Considérant chaque proportion totale à 100 %, les femmes possèdent 5 %, 15 %, 7 % et 18 % respectivement de l'achat, la cession temporaire, le don et la location.

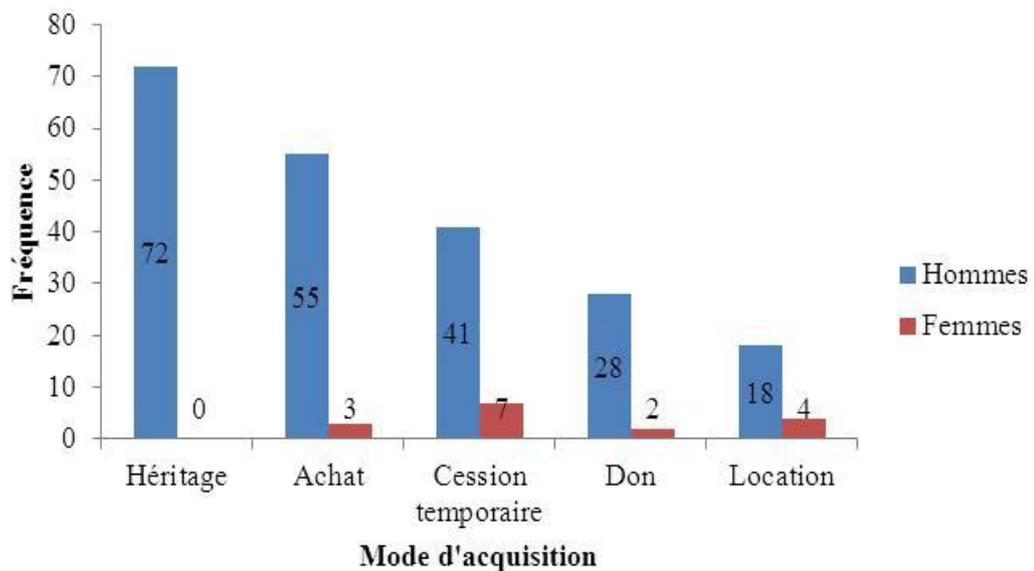


Figure 5-3 Distribution de fréquences des principaux modes d'acquisition des parcelles

Source : calculé à partir des données d'enquêtes, 2012.

Dans les pentes, les exploitants de parcelles ne sont pas toujours propriétaires de ces dernières comme le montre le tableau 5-3.

**Tableau 5-3 Distribution de fréquence des propriétaires et exploitants de parcelles par rang social et par classe de pentes**

Tranches sociales		Pente 11 %-17 %		Pente 22 %-29 %	
		Propriétaire	Exploitant	Propriétaire	Exploitant
Dignitaires	Chefs	25	23	11	0
	Notables	32	27	15	0
	Elites	10	10	0	0
	Héritiers	29	21	40	21
	Autres	13	28	55	100

Source : Calculé à partir des données d'enquêtes de terrain, 2012.

Du tableau 5-3, il ressort que les dignitaires (Chefs, Notables, Elites et Héritiers) exploitent 79 % et 21 % de parcelles dans les pentes de 11 %-17 % et 22 %-29 % respectivement. Par contre les autres (fils non héritiers et femmes) exploitent 22 % et 78 % de parcelles dans les pentes de 11 %-17 % et 22 %-29 % respectivement. Le tableau 3 montre également que les dignitaires possèdent respectivement 59% et 41% de parcelles dans les pentes de 11 %-17 % et 22 %-29 %, puis les autres possèdent respectivement 19% et 81% de parcelles dans les pentes de 11 %-17 % et 22 %-29 %.

### 5.3.3 Taux d'adoption des techniques de conservation des sols

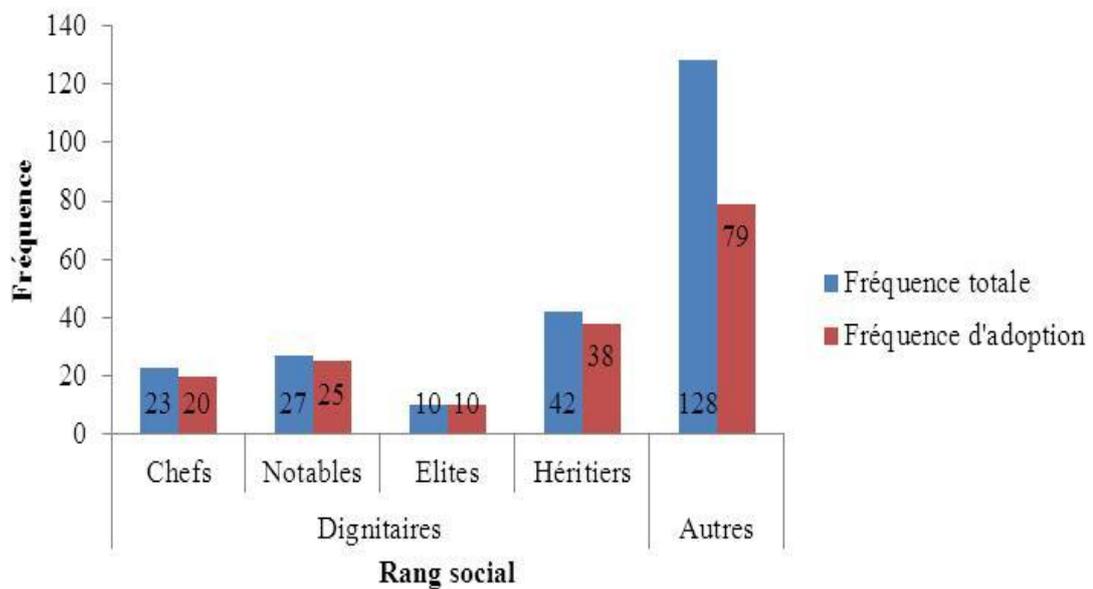


Figure 5-4 Distribution de fréquence totale et fréquence d'adoption du billonnage cloisonné

Source : Calculée à partir des données de terrain, 2014.

La technique du billonnage cloisonné est adoptée par 87 % de chefs, 93 % de notables, 100 % d'élites, 90 % d'héritiers et 62 % d'autres agriculteurs (figure 5-4).

## 5.4 Discussion

Les sols sous *Pennisetum spp* présentent un profil avec des limites des horizons bien différenciées, tandis que les sols sous *Imperata cylindricum* et *Melinis minutiflora* ont un profil avec des limites des horizons diffuses. Ces différents sols se rencontrent aussi bien sur les sommets que les flancs des montagnes. Les analyses physico-chimiques des échantillons de sols ont donné des valeurs de pH indiquant que les sols sont en général acides dans la zone d'étude, et ont montré que les sols sous *Pennisetum spp* sont plus riches en matière organique que ceux sous *Imperata cylindricum* et *Melinis minutiflora* (Tableau 5-1). Ce qui amènerait à dire que les aptitudes agronomiques des parcelles perçues à priori par les agriculteurs à l'aide des espèces végétales en place sont confirmées avec celles des scientifiques (Tableaux 5-1 et

5-2). Les espèces indicatrices de la qualité du sol se trouvent sur tous les types de terroirs ; on les rencontre sur des pentes aussi bien faibles que fortes. L'étude a montré que les aptitudes agronomiques des parcelles sont un facteur déterminant dans la mise en œuvre des techniques de conservation des sols, les élites n'acquérant que de bonnes terres et préparant tous leurs lits de semences en billonnage cloisonné (Figure 5-4). D'après les agriculteurs interrogés, certains dignitaires (surtout les héritiers) exploitent généralement leurs parcelles dans des fortes pentes couvertes par les espèces végétales indiquant de bonnes aptitudes agronomiques pendant au moins une campagne agricole avant de les céder aux autres lorsqu'ils constatent que le sol de ces parcelles devient moins productif. En effet, ces dignitaires exploitent leurs parcelles dans des fortes pentes par des techniques traditionnelles de préparation du sol (préparation du lit de semence à plat ou billonnage suivant la plus forte pente) comme si celles-ci étaient situées dans des plaines ou dans des faibles pentes. Au bout de cette brève exploitation, si ces dignitaires ont besoin d'argent, ils cèdent les parcelles déjà exploitées en location ou en vente définitive. Cette fertilité s'avère de très courte durée car la préparation du sol à plat et le billonnage suivant la plus forte pente sont des techniques qui favorisent la migration des sédiments contenant la matière fertilisante ou la matière organique des sommets vers les bas-fonds et les cours d'eau. Il a été démontré qu'en valeur monétaire le groupe de sols fertiles coûte une fois et demie celui de sols pauvres situés dans la même pente (Tableau 5-2). La colonisation des collines de fortes pentes s'expliquerait par la complexité du régime foncier et la recherche des terres fertiles. Toutes choses étant égales par ailleurs, les végétaux indicateurs de la qualité du sol orientent les propriétaires terriens et les solliciteurs des parcelles dans les différentes transactions foncières.

Pour l'exploitation des pentes, le test de chi-deux a montré une différence significative entre les dignitaires et les autres exploitants ( $\chi = 75,3732$  ;  $p = 0,0000$ ). Plus la valeur de la pente est élevée, moins les dignitaires s'intéressent à l'exploitation des parcelles ; les élites sont complètement absentes dans les pentes comprises entre 22 % et 29 % (Tableau 4-3).

Concernant les propriétaires des parcelles dans les pentes, on note une différence significative entre les agriculteurs appartenant au rang social de dignitaires et les autres agriculteurs ( $\chi = 30,9549$  ;  $p = 0,0000$ ). Toutes pentes confondues, on peut dire que l'accès à la propriété foncière et l'exploitation de fortes pentes sont influencés par le rang social des agriculteurs (Tableau 5-3). Au regard de la législation foncière (système moderne) existante au Cameroun, un auteur, Guiffo (2005) stipula que tous les individus avaient en principe des droits égaux d'accès à la terre par ce que le système foncier moderne l'emporte sur le système foncier coutumier. Les résultats de cette étude ont montré cependant que les assises foncières des paysans reflètent les inégalités socio-économiques existantes. En effet, seules les parcelles appartenant aux dignitaires comportent le plus souvent tous les types de terroirs étudiés (Tableau 5-3), ce qui amènerait à dire que la classe sociale des dignitaires contrôle l'accès à la terre. D'ailleurs, ayant majoritairement acquis ces terres par héritage ou par mérite personnel (Dongmo, 1981), ils ne sauraient être facilement expropriés.

Au regard du coût élevé des parcelles dans le groupement Fongo-Tongo et de la forte implication des élites, le système foncier actuel encouragerait d'une part l'application de bonnes méthodes de conservation des sols par les dignitaires (Figure 5-4), et d'autre part, la dégradation rapide des sols dans les fortes pentes exploitées par les autres catégories d'agriculteurs. Il faut également noter que l'implication des élites dans le foncier encourage l'exode rural. En effet, le salaire des ouvriers ne permet plus aux jeunes non dignitaires de vivre au village, de pouvoir acquérir un lopin de terre, et surtout d'adopter ou de mettre en place des méthodes de conservation des sols ; presque toutes les parcelles potentielles étant exposées aux risques d'érosion par ruissellement. Au cours de nos investigations, il nous a été rapporté que les réserves de la chefferie, même dans les fortes pentes, sont constamment mises en vente et les agriculteurs non héritiers et moins nantis qui les exploitaient sous simple demande adressée au Chef (Boutrais, 1992 ; Fotsing, 1995) éprouvent de plus en plus des difficultés pour accéder à la terre agricole. Les personnes les plus défavorisées étant davantage

expropriées par les élites, on se trouve actuellement dans une forme locale d'accaparement des terres et d'insécurité foncière pour les moins nantis.

D'après Dongmo (1981) la société bamiléké est structurée en classes bien hiérarchisées. La stratification sociale, essentiellement masculine, est fonction de la descendance, mais aussi et surtout, de la bravoure et du mérite personnel. Les femmes sont exclues de l'appropriation des terres et de l'héritage. Cette étude a montré que les femmes restent exclues de l'héritage mais elles sont désormais propriétaires terriens au même titre que les hommes par achat, par cession temporaire ou par don. Elles exploitent aussi des parcelles acquises par location (Figure 4-3). Il faut cependant noter que leur proportion reste faible. D'après les agriculteurs interrogés, les femmes possédant des parcelles sont appelées communément « femmes capables ». Ces femmes se distinguent des autres parce qu'elles tirent ou tiraient principalement leurs revenus du commerce, ce qui leur a permis d'épargner.

Il existe une différence très hautement significative pour l'adoption du billonnage cloisonné entre la classe des dignitaires et celle des autres ( $\chi = 7,6748$  ;  $p = 0,0055$ ). On a noté un taux d'adoption de 93% en moyenne chez les dignitaires contre 62% chez les autres agriculteurs (figure 5-4). La forte implication des dignitaires dans les techniques antiérosives peut s'expliquer par le fait qu'ils supportent sans grandes difficultés les coûts supplémentaires de production (Djoukeng et al. 2015). De même les exploitants des fortes pentes étant en majorité des personnes démunies (Tableau 5-3), il leur est difficile d'adopter les techniques de conservation des sols. On peut donc dire que l'adoption des techniques antiérosives est fortement influencée par la situation socio-économique des agriculteurs.

Dans la zone d'étude, l'implémentation des techniques de conservation des eaux et des sols se heurte aux contraintes rencontrées par les agriculteurs «non dignitaires» qui exploitent les parcelles à risque sur lesquelles il faudrait agir prioritairement (Tableau 4-3). En raison des surcoûts que le billonnage cloisonné entraîne (Djoukeng et al. 2015), il s'est avéré que ces

exploitants des parcelles à risque avaient des difficultés à changer leurs pratiques culturales (Figure 5-4) même si ce changement serait bénéfique sur le long terme. Il faut également noter que les organisations paysannes sont inexistantes. Si ces organisations étaient mises en place, elles permettraient aux petits agriculteurs de bénéficier de petits projets communautaires et de demander des crédits agricoles auprès des institutions financières. Il serait donc souhaitable d'aider les agriculteurs en général à former des organisations paysannes bien structurées et de soutenir financièrement les exploitants des fortes pentes ou encore de trouver d'autres techniques antiérosives moins exigeantes que le billonnage cloisonné.

## 5.5 Conclusion

Dans les collines du groupement Fongo-Tongo, cinq modes d'accès à la terre ont été identifiés : l'héritage, l'achat, la cession temporaire, les dons et la location. Cette étude a montré que les agriculteurs ont la capacité de distinguer les sols fertiles des sols pauvres par les espèces végétales en place. Deux grandes classes de sols ont été identifiées à l'aide de cette méthode: les sols dits « fertiles » sous *Pennisetum spp* et les sols dits « pauvres » sous *Imperata cylindrica* et *Melinis minutiflora*. Les résultats de cette approche paysanne de classification des sols ont été scientifiquement confirmés par des analyses physico-chimiques des échantillons de sols prélevés sous ces espèces végétales. A valeur de pente égale, les sols fertiles coûtent une fois et demie les prix des sols pauvres. Deux principaux rangs sociaux ont été déterminés, le rang social des dignitaires (Chefs, Notables, Elites et Héritiers) et le rang social des autres (fils non héritiers et femmes). Les femmes qui disposent de moyens financiers (élites ou communément appelées « femmes capables ») ont désormais accès à la terre. Afin de réduire les inégalités sociales qui existent dans la zone d'étude, il serait intéressant que les chefferies limitent l'acquisition des parcelles par des élites car cela se traduit par une augmentation du prix des terres. Les parcelles situées dans les pentes comprises entre 11 % et

17 % sont en majorité exploitées par les dignitaires qui sont également propriétaires de ces dernières ; 93 % de ces agriculteurs ont adopté le billonnage cloisonné comme technique de conservation des sols. Par contre, la quasi-totalité des parcelles situées dans les pentes comprises entre 22 % et 29 % sont la propriété des dignitaires mais sont majoritairement exploitées par les agriculteurs appartenant à un rang social moins élevé avec un faible taux d'adoption des techniques de conservation des sols alors qu'elles sont exposées à un risque d'érosion par ruissellement plus élevé que celles situées dans les pentes comprises entre 11 % et 17 %. Dans l'ensemble, l'accès à la propriété foncière, l'exploitation des pentes, et l'adoption des techniques de conservation des sols et des eaux sont influencés par les aptitudes agronomiques des parcelles et la situation socio-économique des agriculteurs.

Il serait souhaitable que les pouvoirs publics mettent en place un système de micro-crédit qui permettrait aux petits agriculteurs de supporter les coûts supplémentaires induits par les techniques de conservation des sols. Le problème pourrait également être résolu par la facilitation du regroupement des agriculteurs en organisations paysannes tels les groupes d'initiative commune, les groupements d'intérêt économique ou les coopératives. D'autres techniques de conservation des sols (les haies vives par exemple) à moindre cout et compatibles avec les espèces cultivées dans la zone devraient être introduites et soutenues.



## **6 Siltation and Pollution of Rivers in the Western Highlands of Cameroon: a Consequence of Farmland Erosion and Runoff**

Ce chapitre a fait l'objet d'un poster et d'une présentation orale publiée dans les actes du colloque international « **21st Century Watershed Technology Conference and Workshop : Improving Water Quality and Environment** » tenu à l'Université de Waikato en Nouvelle-Zélande du 03 au 06 novembre 2014, sous la référence : **ASABE Publication number 701P0314cd**.

Il est présenté dans cette thèse sous la forme légèrement modifiée d'un article publié dans **International Journal of Agricultural Research and Review** avec la référence suivante :

**Djoukeng H.G., Tankou C.M and Degré A. 2015. Siltation and Pollution of Rivers in the Western Highlands of Cameroon: a Consequence of Farmland Erosion and Runoff. International Journal of Agricultural Research and Review: ISSN-2360-7971, Vol. 3(3): pp 206-212.**

## Abstract

In the Western Highlands agro-ecological zone of Cameroon, rivers are constantly silted and polluted with eroded sediment and waste from cultivated land. This study characterizes and quantifies the amount of material coming from plots cultivated in the Méloh Watershed. In a natural rocky-bottomed well measuring 0.90 m deep, 3 m long, and 2.5 m wide, for a period of three years we performed the collection, differentiation, and measurement of trapped sediment in the cultivated part of river that runs through the watershed. Both cultivated sides of the watershed had fairly regular slopes of 14% on one side and 17% on the other side. The material retrieved consisted of soil, plant residues, chemical packages, and plastic casing used for irrigation. During the years 2012 and 2013, farmers practiced both flatbed cultivation and ridging along the steepest slopes. These two methods of land preparation are inefficient in terms of water conservation, as evidenced by the collection of 10.429 t.ha<sup>-1</sup> average total sediment per year during this period. Tied ridging cultivation method was experimented during the 2013 crop year and adopted on 75% of plots in 2014. We subsequently collected 3.586 t.ha<sup>-1</sup> total sediment, a decrease of 65.61% compared to the average of previous years. The tied ridging cultivation method significantly reduced siltation of the Méloh River ( $p < 0.05$ ). This study showed that traditional agricultural practices are a principal cause of siltation and pollution of the Méloh River. By extrapolation, we can state that the problem must occur in almost all rivers in the study area with similar topography and agricultural practices.

**Keywords:** Cameroon, Pollution, Rivers' siltation, Water conservation, Méloh Watershed

## 6.1 Introduction

For several centuries, human activities have contributed to accelerating erosion and siltation, creating an imbalance that results in the loss of agricultural land, decreased water retention capacity in forests, a higher frequency of floods, faster filling of the reservoirs, and the accumulation of fine sediments in rivers (Vachon, 2003; Ward and Robinson, 1990). Water is one of the most important natural resources and helps maintain the balance of global ecosystems; it directly affects food security, socioeconomic development, and health. Sustainable land management and the protection of water resources are not only technical issues, but first and foremost social and economical ones (Anctil et al. 2012 ; Petretti, 1997 ; Soutter et al. 2007 ; Martin, 2010; Giret, 2007). The Western Highlands agro-ecological zone of Cameroon is characterized by a high population density and rapid population growth (RGPH, 2010). In this area where land tenure is quite complex, farmers cultivate the steepest slopes (> 25%) for the production of vegetable crops (Valet, 1999). In order to facilitate the cultivation of the land, these farmers create flat seedbeds or form ridges along the slopes. These two methods of land preparation do not include any measure of water conservation (Fotsing, 1994). They facilitate runoff and therefore induce the transport of pesticides, fertilizers, and sediment to rivers. According to a farmer of this area, mountain agriculture is the most significant human activity contributing to the siltation of rivers. Rivers are the main source of household drinking water, and it is in these same rivers that farmers clean phytosanitary treatment equipment.

The most recent studies conducted on the use of water resources in Cameroonian rivers took place in the 1980's (Olivry, 1986); these studies focused primarily on the assessment of river discharges without reference to problems provoked by local agricultural practices in hilly terrain. The population of the Western Highlands of Cameroon consists of 90% farmers (DSCE, 2009). As this population depends exclusively on river water, our challenge is to find ways to

preserve land and water quality. For more than 10 years people have presented complaints about the water quality of the Méloh River, which carries the smell of plant protection products. According to the same source this river is sometimes completely blocked at certain levels of its course by sediments from cultivated plots, especially in the dry season when water flow is minimal. On these occasions the community organizes an effort to recanalize. During this period 60% of the population travels a distance between 1 to 3 km in search of water. In Central Europe, several studies have found the effectiveness of some techniques that help to fight siltation and the pollution of roads, residential houses, and rivers. Among these techniques are tied ridging, filter trips, and riparian forest buffers, which have a sediment retention efficiency of between 70% - 98%, 80% - 90%, and 74% - 90% respectively (Bergue and Ruperd, 2000; Roose et al. 2010; TOPPS, 2014).

The overall objective of this study was to assess the impact of local agricultural practices and the effect of tied ridging on the siltation and pollution of the Méloh River. To achieve our goal, we worked towards two specific objectives:

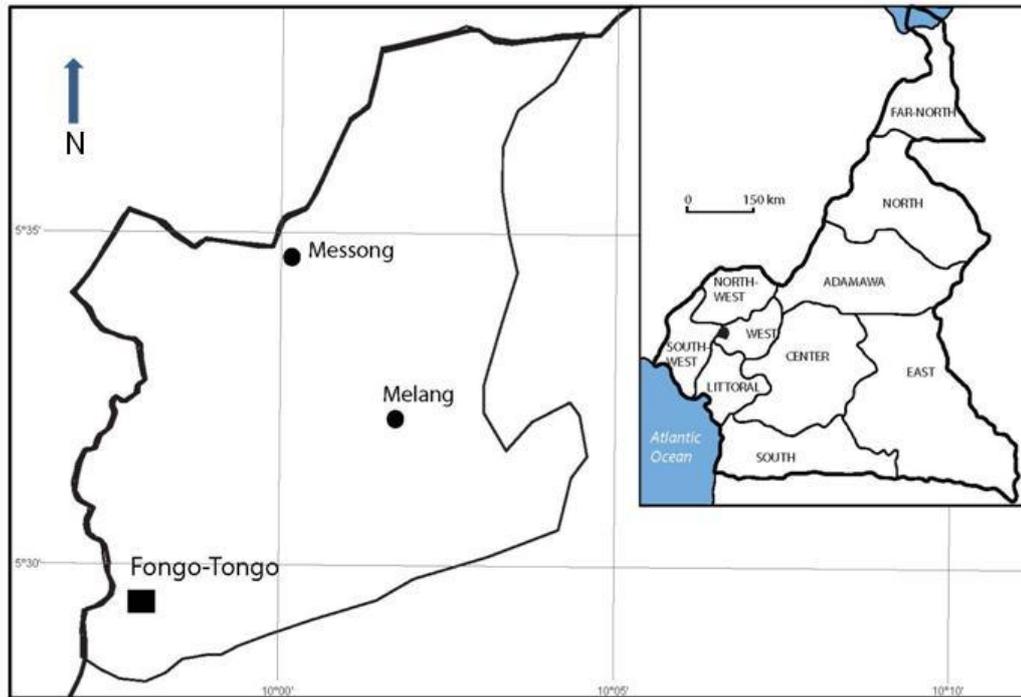
To characterize and quantify the sediment leaving cultivated plots and migrating to the river bed;

To analyze and compare changes in siltation over time.

## **6.2 Materials and Methods**

### **6.2.1 Study area**

The experiment was conducted in the village of Méloh in Fongo-Tongo subdivision (Fig. 6-1) found between the geographical coordinates 5° 27'- 5°37'N and 9° 57'-10°05'E (ECAM3, 2008).



**Figure 6-1 Geographical location of research site**

Source: National Institute of Cartography Cameroon (INC), 2013.

This village is one of the largest sites of truck farming production in the Western Highlands of Cameroon, which is the main production area of food in the Central Africa sub-region (PAFPT, 2004). Table 6-1 gives the main crops during the three years of the experiment.

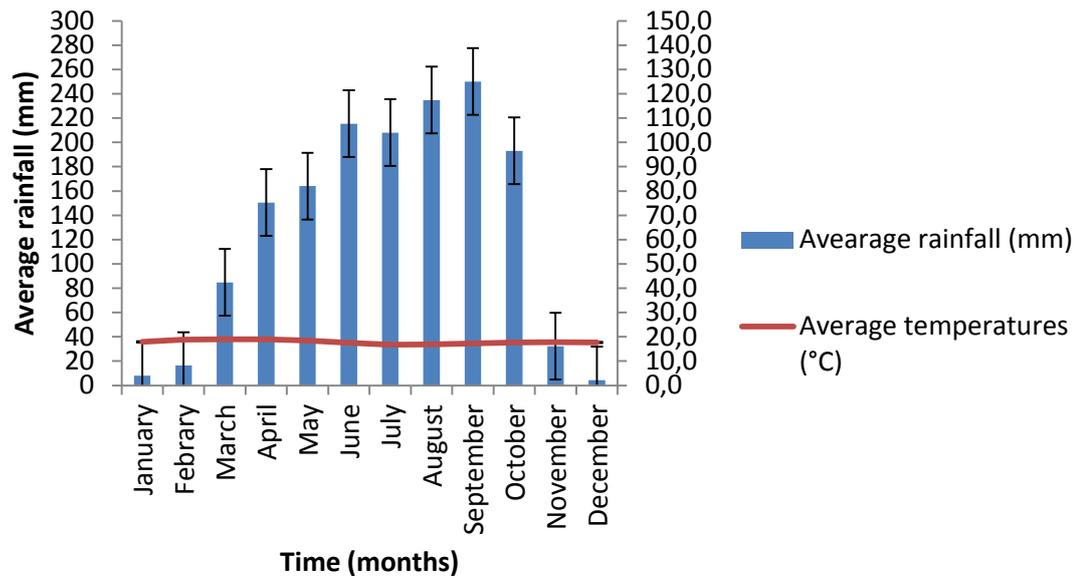
**Table 6-1 Main crops during experimental years (%)**

Crop	Crop year			Average
	2012	2013	2014	
Garlic	1.30	2.61	1.74	1.88
Carrot	8.26	7.39	9.13	8.26
Cabbage	9.57	8.7	7.83	8.70
Bean and potato	5.65	4.78	6.96	5.79
Corn, bean and potato	10.87	12.17	10.00	11.01
Onion	6.96	8.70	2.61	6.09
Leek	14.78	18.26	16.09	16.37
Potato	42.61	37.39	45.65	41.88

Source: Computed from field survey.

## **6.2.2 Climatic data of the study area**

Climate data represented in the Ombrothermic diagram (Fig.6-2) are the average temperature and rainfall readings of three experimental years (from 2012 to 2014). These data were collected on site using a rain gauge for rainfall and an ambient air thermometer for temperature.



**Figure 6-2 Climate data from the research site**

Source: Computed from field data, 2012 – 2014.

### 6.2.3 Hydrography of the study area

The Méloh Watershed is crossed by a river that originates in the Bamboutos mountain range and is named after the village. The watershed of the Méloh River at the location of our sediment trap has an area of 31.5 ha and drains a 1,300 m watercourse whose width varies between 2 m and 3.5 m.

### 6.2.4 Data collection

To measure the impact of agricultural practices on the silting of the Méloh River we installed a sediment trap in an inactive natural rocky-bottomed well measuring 0.90 m deep, 3 m long, and 2.5 m wide (Fig. 6-3). The sediment trap was isolated to prevent it receiving sediment from upstream and from water flowing over the rocks. The natural well received heterogeneous sediments from cultivated land on both sides covering a total area of approximately 7.5 ha. The two sides had fairly regular slopes of 14% and 17% cultivated up to 150 m from the ridge on one side and 100 m on the other side. From the year 2012 onwards, the well was checked after each rainfall and measurements were taken at regular time intervals for three years from

March until October. The collected and measured sediments consisted of soil, plant residues, and other wastes (chemical packages, plastic casing used for irrigation, and food packages). These sediments were dried for 5 days in a covered, well ventilated room and weighed with a scale of 50 kg maximum capacity. Measurements taken included the sediments' physical characteristics, their respective quantities, and the time and location.

During the 2013 crop year, we experimented with the cultivation of the potato using tied ridging in an attempt to reduce surface erosion. Its effectiveness was tested by comparing the amounts of runoff and sediment obtained from three types of land preparation, namely: the flatbed method; ridging along the steepest slopes; and tied ridging.

**Table 6-2 Collected sediment per slope per soil preparation method (t.ha<sup>-1</sup>)**

Soil preparation method	11% slope	29% slope
Flatbed	13.40	22.45
Ridging along the steepest slopes	17.30	33.45
Tied ridging	2.66	6.30

Source: Computed from field data, 2013.

Table 6-2 gives the means of collected sediment in each slope according to the soil preparation modes.



a = Well 7 days after the rain

b = Well immediately after rain during full vegetative cover

c = Well immediately after rain during weeding and hoeing

**Figure 6-3 Presentation of the sediment collection well**

Source: Author's images, 2012.

### **6.2.5 Data analysis**

The statistical analysis used here is the general regression and analysis of variance (ANOVA) at the probability level of 5% using MINITAB16 software. We compared the average values of the measurements taken during the years 2012 and 2013 relative to 2014 measurements. Data from the 2012 and 2013 crop years were obtained while farmers prepared the ground flat or with ridging along the steepest sloping; we experimented with tied ridging during the 2013 crop year on 160 m<sup>2</sup> and 2014 data is taken when farmers had adopted this technique on 75% of their plots.

## 6.3 Results

### 6.3.1 Siltation evolution

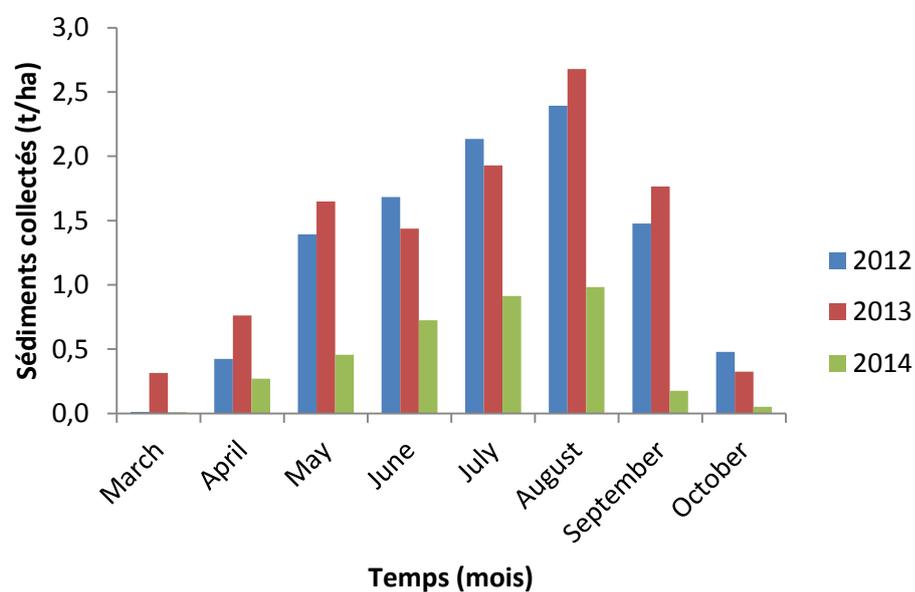


Figure 6-4 Siltation evolution over time

Source: Computed from field data.

### 6.3.2 Total annual collected sediment and rainfall

Table 6-3 Total quantities of collected sediment ( $t \cdot ha^{-1}$ ) and total rainfall (mm)

Designation	Crop year		
	2012	2013	2014
Soil	9.858	10.755	3.501
Plant residues	0.127	0.092	0.080
Other wastes	0.012	0.014	0.005
TOTAL SEDIMENT	9.997	10.861	3.586
TOTAL RAINFALL	1408.2	1529.2	1601.0

Source: Computed from field data.

### 6.3.3 Change in sediment character over time

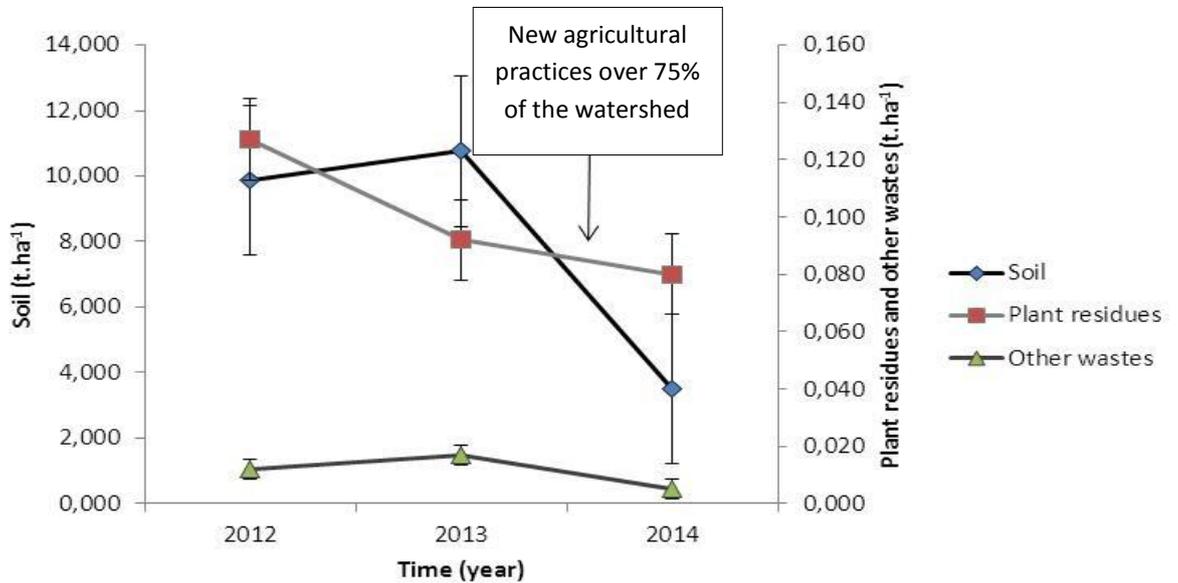


Figure 6-5 Evolution of different sediment amounts over time

Source: Computed from field data.

## 6.4 Discussion

From March onwards, when farmers begin tilling the soil, all the rainwater that falls permeates fully and produces almost no runoff until the formation of the crusting layer. Siltation starts from April and increases with the intensity of the rain and weeding and hoeing activity. Maximum siltation is reached in August, corresponding to the early post-harvest period when the soil is completely bare and plots are almost without erosion control because of harvest activities. Whilst being the wettest month, September (Fig. 6-2) does not produce much sediment due to protection created by hillocks and vegetation re-emerging two weeks after harvest (Fig. 6-4). In light of these observations, we can state that agricultural practices are a principal cause of the siltation and pollution of the Méloh River.

Table 3 shows that during the 2012 and 2013 crop years when tied ridging was not implemented, deposits of sediment in the river vary from 9.997 t.ha<sup>-1</sup> to 10.861 t.ha<sup>-1</sup>, giving an average of 10.429 t.ha<sup>-1</sup>; as agricultural practices were the same in both years, this variation is due to the fact that rains in 2013 were 121 mm higher than those of 2012. During 2014 when farmers had adopted tied ridging on 75% of plots, quantities of sediment decreased from 10.429 t.ha<sup>-1</sup> to 3.586 t.ha<sup>-1</sup>, a remarkable 65.61% reduction in siltation of the river (Fig. 6-5). ANOVA shows that there is a significant difference between the average collected sediment in 2012-2013 and in 2014 ( $p < 0.05$ ). Our efficiency of 65% does not reach even the lower bound (70%) found during the use of tied ridging in Morocco on a comparable soil textural class (Roose et al, 2010). This is explained by the difference in slopes studied, with inclines averaging 4% in Belgium and 15% in our study area.

During 2012 and 2013 when tied ridging was not implemented, the deposit of soil in the river reached an average of 10.306 t.ha<sup>-1</sup>, the deposit of plant residues reached an average of 0.109 t.ha<sup>-1</sup>, and the deposit of other wastes reached an average of 0.013 t.ha<sup>-1</sup>. During the 2014 crop year when farmers adopted tied ridging on 75% of plots, the amount of soil decreased to 3.501 t.ha<sup>-1</sup>, a 66.02% decrease of soil sediment in the river; the amount of plant residues decreased to 0.080 t.ha<sup>-1</sup>, a 26.60% decrease of plant residues in the river; and the amount of other sediments decreased to 0.005 t.ha<sup>-1</sup>, a 61.53% decrease of other wastes in the river (Fig. 6-4). Note that the decrease in the amounts of other wastes (chemical packages, plastic casing used for irrigation, and food packages) was not only the result of tied ridging which lowered the runoff but also due to awareness-raising among farmers who stopped throwing their packages in the river. Some plant residues arrived in the well under the influence of wind.

From the above we can state that firstly, a lack of tied ridging will lead to the short-term obstruction of the river, and secondly, that tied ridging is an excellent method for conserving water quality.

## 6.5 Conclusion

This study has shown that mountain agriculture and its indigenous practices negatively affect rivers in the Western Highlands of Cameroon. Tied ridging is a solution that helps reduce river pollution and siltation in the context of mountain agriculture. Its ability to reduce silting in the Méloh River by 65.61% leads us to recommend tied ridging to all farmers cultivating hills who are concerned with the conservation of natural resources.

In future works it will be suitable to conduct a general assessment of Méloh River discharges and sediment load over its entire length (hydrogram construction and chemical analyses of water). Experimenting with monoculture will be conducted in order to make estimates by each cultivated crop species in the area. Given the context, it will also be profitable to test alternative means of sediment control (filter strips and riparian forest buffers) to determine which are also suitable for our study area. Awareness-raising and environmental education must also remain a priority.



## 7 Conclusion générale et perspectives

Suivant les questions de recherche et les objectifs annoncés au chapitre introductif de cette thèse, les chapitres précédents ont donné les résultats détaillés. Ce dernier chapitre présente le résumé de tous résultats obtenus et propose des recommandations pour les futurs travaux.

### 7.1 Conclusion

En agriculture des montagnes, l'érosion par ruissellement est un facteur de dégradation des sols et des eaux. À l'échelle parcellaire, l'érosion par ruissellement génère des pertes en sol, réduisant ainsi, à court ou à long terme suivant la topographie du terrain, la productivité des sols et la durabilité des fonctions de l'agriculture (Ehrenfeld, 2004 ; Morgan, 2004). Hors du site de production, l'érosion par ruissellement entraîne plusieurs dommages environnementaux parmi lesquels : l'envasement des cours d'eau, l'augmentation des risques d'inondation, la réduction de la capacité d'évacuation des rivières et des fossés de drainage, le raccourcissement de la durée de vie des réservoirs, la pollution des sols et des rivières (Meybeck, 1993). Dans la zone agro écologique des Hauts Plateaux de l'Ouest-Cameroun (HPOC) où les agriculteurs exploitent des pentes supérieures à 25 %, les lits de semis sont généralement préparés en billonnage suivant la plus forte pente ou à plat. D'après nos investigations, la culture de pommes de terre est la plus répandue dans la zone d'étude. Bien que les agriculteurs utilisent des plants améliorés de pommes de terre (Guillermou et Kamga, 2004), ils ont affirmé au cours de nos investigations que leurs rendements baissent d'une campagne agricole à l'autre. Des études menées dans les années 1990 avec les cultures de petits pois et de maïs ont montré que le billonnage suivant les courbes de niveau et les terrasses (Boukong, 1997 ; Fonteh et al, 1998) permettaient de lutter contre l'érosion dans les HPOC. Bien que performantes, ces techniques n'ont pas été adoptées à cause de leurs couts très élevés (terrasses) et du travail du sol astreignant (billonnage suivant les courbes de niveau) pour les agriculteurs. D'après nos observations et les plaintes reçues des agriculteurs

des HPOC, il est impératif de trouver des solutions au problème d'érosion par ruissellement dans cette zone marquée par une forte densité de population et un régime foncier assez complexe (Hamani, 2005). Nous avons préalablement conduit des études exploratoires pour déterminer la technique antiérosive de préparation du sol qu'on pouvait expérimenter dans la zone d'étude pour pallier les effets néfastes des modes de préparation du sol pratiqués. Au terme des études exploratoires, nous avons choisi d'introduire le billonnage cloisonné, une technique antiérosive qui a prouvé son efficacité en rétention des sédiments et des eaux de ruissellement au Maroc et dans d'autres régions du monde (Roose et al, 2010). La technique du billonnage cloisonné n'avait pas encore été utilisée dans les HPOC. Notre travail de recherche a visé globalement trois objectifs.

Le premier objectif a consisté à expérimenter la technique du billonnage cloisonné puis à évaluer son efficacité en matière de pertes en sol et en eaux de ruissellement, ainsi que son efficacité en rendements dans une culture pure de pommes de terre. Avec une main-d'œuvre constituée de 12 agriculteurs exploitant les collines, deux expérimentations ont été conduites, pendant les campagnes agricoles 2013 et 2014, pour tester les trois modes de préparation du sol (préparation à plat, en billonnage suivant la forte pente et en billonnage cloisonné) avec une culture pure de la pomme de terre. Chacun des trois modes de préparation du sol a été testé sur des parcelles expérimentales de Wischmeier et Smith avec quatre répétitions. Les parcelles expérimentales étaient installées dans des pentes de 11 % et 29 % dont le sol présentait des caractéristiques physico-chimiques presque identiques. Les observations ont porté sur la quantification des pertes en sol et en eau de ruissellement, les rendements de culture et la rentabilité financière de chaque mode de préparation du sol.

Le deuxième objectif a consisté à mesurer le taux d'adoption potentielle et à identifier les déterminants de l'adoption du billonnage cloisonné dans les collines. Pendant la campagne agricole 2014, nous avons dénombré les agriculteurs qui ont adopté le billonnage cloisonné et

une enquête a été conduite pour identifier les déterminants de l'adoption de cette technique (Annexe 1).

Le troisième objectif a consisté à évaluer les impacts des pratiques agricoles locales et l'effet de la technique du billonnage cloisonné sur l'envasement et la pollution des cours d'eau. Dans une partie du cours d'eau Méloh isolée des sédiments venant d'ailleurs, nous avons installé un piège pour collecter les sédiments et autres déchets provenant uniquement des terroirs cultivés. Les analyses ont porté sur la quantification et la caractérisation physique des sédiments et autres déchets.

Les résultats de ces travaux de recherche ont permis de vérifier les hypothèses suivantes :

**1/ La technique du billonnage cloisonné limite considérablement les pertes en sol en comparaison aux techniques traditionnelles, et la conservation des eaux qu'elle engendre conduit à augmenter le rendement de la culture**

Les expérimentations conduites dans les HPOC pendant deux campagnes agricoles consécutives (2013 et 2014) ont montré une différence significative entre la préparation du sol à plat ou la préparation du sol en billonnage suivant la plus forte pente et la préparation du sol en billonnage cloisonné en termes de pertes en sol ( $p=0,003$ ), de rendements ( $p=0,003$ ), et de ruissellement ( $p < 0,001$ ). Avec la culture pure d'un hectare en pomme de terre, la technique du billonnage cloisonné a permis : (i) d'augmenter de 7 % les populations de plantes cultivées, (ii) de réduire sensiblement le ruissellement (jusqu'à sept fois) et les pertes de sol (réduites cinq fois), (iii) d'augmenter les rendements (de 80 %), (iv) d'augmenter le profit des agriculteurs d'environ 908388 FCFA.ha<sup>-1</sup>. Le billonnage cloisonné nécessite 41 % de travail supplémentaire quelle que soit la pente du sol sur laquelle il est pratiqué. Cette augmentation des temps de travail est cependant largement compensée par les avantages qu'apporte cette technique : gain de rendement pour le producteur; création d'opportunités d'emploi pour toute la communauté; maintien du potentiel de production des sols grâce à la limitation de l'érosion. Bien que la technique présente plusieurs avantages, la disposition des moyens

financiers nécessaires pour son implémentation pourrait être limitante car la main-d'œuvre familiale disponible est généralement insuffisante pour sa réalisation. Par ailleurs l'emploi de main-d'œuvre salariée coute cher. En termes de pénibilité du travail, nous avons constaté au cours des expérimentations, que l'ouvrier agricole peut rester dans une même position pour préparer le sol à plat, en billonnage suivant la plus forte pente ou en billonnage cloisonné ; la préparation du sol en billonnage cloisonné n'est donc pas trop astreignante, ce qui constitue un point important en comparaison au billonnage selon les courbes de niveau et les terrasses qui avaient été testées sur oxisol dans les HPOC avec les cultures de maïs et de petits pois (Boukong, 1997 ; Fonteh et al, 1998). De même, les courbes de niveau et les terrasses avaient entraîné un départ annuel moyen de 0,09 et 0,18 mm d'épaisseur de sol respectivement à 9 % et 20 % de pente, contre 0,23 et 0,54 mm entraînés par le billonnage cloisonné lors de nos expérimentations respectivement à 11 % et 29 % de pente. À ce niveau, nous pouvons dire que toutes ces trois techniques testées sont efficaces contre les pertes en sol et en eau de ruissellement dans les HPOC, mais une meilleure comparaison sera faite quand elles seront mises en œuvre dans les mêmes conditions topographiques et avec les mêmes cultures.

Toutefois, il est important de noter que les avantages que nous avons listés ci-avant ne sont que potentiels si on n'arrive pas à surmonter les contraintes socio-économiques qui limitent la mise en œuvre du billonnage cloisonné.

## **2/ Le rang social est un des déterminants de l'accès aux terres, de même que le genre et la situation économique des agriculteurs; le taux d'acceptation de la technique du billonnage cloisonné peut varier en fonction de ces facteurs**

Mesurer le taux d'adoption du billonnage cloisonné et identifier les déterminants de l'adoption (Galliano et Nadel, 2013) de cette technique antiérosive dans les terroirs de Méloh sont un des objectifs des travaux de recherche réalisés par cette thèse. Les résultats de cette recherche ont montré que l'accès au foncier et l'occupation des terres sont fortement influencés par le rang social et la situation économique des agriculteurs ( $p < 0,05$ ). Les modes d'accès à la terre que

nous avons recensés sont l'héritage, l'achat, la cession temporaire, le don et la location pour des proportions totales respectives de 31 %, 25 %, 21 %, 13 % et 10 %. Si on considère chaque proportion totale à 100 %, les femmes possèdent 5 %, 15 %, 7 % et 18 % respectivement de l'achat, la cession temporaire, le don et la location. Quant à l'occupation des pentes, Les dignitaires possèdent respectivement 59 % et 41 % de parcelles dans les pentes de 11 %-17 % (faibles pentes) et 22 %-29 % (fortes pentes), et les autres possèdent respectivement 19 % et 81 % de parcelles dans les pentes de 11 %-17 % et 22 %-29 %. Les résultats de cette thèse ont également montré que les femmes restent jusqu'à nos jours exclues de l'héritage comme l'avait affirmé Dongmo (1981). Toutefois, elles sont désormais propriétaires terriens au même titre que les hommes par achat, par cession temporaire ou par don. Elles exploitent aussi des parcelles acquises par location. Il faut cependant noter que leur proportion reste faible (20 % des parcelles d'élites appartiennent aux femmes). D'après les agriculteurs interrogés, les femmes qui possèdent des parcelles appartiennent aux dignitaires et elles sont appelées communément « femmes capables ». Pendant la campagne agricole 2014, La technique du billonnage cloisonné a été adoptée par 87 % de chefs, 93 % de notables, 100 % d'élites et 90 % d'héritiers, soit un taux moyen d'adoption de 93 % des agriculteurs dignitaires contre 62 % de ceux qui ont un statut social moins élevé (fils non héritiers et la majorité des femmes). La majorité des parcelles sur lesquelles la technique du billonnage cloisonné a été mise en œuvre sont couvertes par les espèces végétales (*Pennisetum spp*) qui indiquent de bonnes aptitudes agronomiques. Dans l'ensemble, la technique a été adoptée sur 75 % des parcelles dans les terroirs de Méloh. La forte implication des dignitaires dans la technique du billonnage cloisonné peut s'expliquer par le fait qu'ils supportent sans grandes difficultés les couts supplémentaires de production. Dans les faibles pentes, tous les dignitaires sont en même temps propriétaires et exploitants des parcelles, ce qui nous permet d'affirmer que le fait d'exploiter une terre en propriété est également un déterminant de l'adoption du billonnage cloisonné par les agriculteurs de la zone d'étude. De même les exploitants des fortes pentes

sont en majorité des personnes démunies et il leur est difficile d'adopter la technique du billonnage cloisonné. On peut donc dire que l'adoption de la technique du billonnage cloisonné est fortement influencée par la situation socio-économique des agriculteurs.

### **3/ La technique du billonnage cloisonné, adoptée à une échelle suffisamment large sur le bassin versant peut significativement améliorer la qualité de la rivière, source d'eau de boisson pour la population des HPOC**

Selon nos investigations, les cours d'eau sont la principale source d'approvisionnement en eau des ménages dans les HPOC. Évaluer les impacts des pratiques agricoles locales et l'effet de la technique du billonnage cloisonné sur l'envasement et la pollution potentielle des cours d'eau est un objectif de ces travaux de recherche. Pendant trois années consécutives (2012-2014), nous avons isolé un tronçon du cours d'eau Méloh recevant des sédiments provenant uniquement des parcelles cultivées dans deux terroirs contigus; à la sortie de ce tronçon, nous avons piégé et récolté régulièrement les sédiments et autres déchets à des fins de quantification et de caractérisation. Pendant la première année (2012) des relevés, les agriculteurs pratiquaient la préparation du sol à plat et le billonnage suivant la plus forte pente. Au cours de la deuxième année (2013) nous avons introduit la technique du billonnage cloisonné et nous avons conduit la première expérimentation. À la troisième année (2014) de collecte des sédiments dans le cours d'eau Méloh, pendant que nous conduisions la seconde expérimentation avec la technique du billonnage cloisonné pour vérifier nos premiers résultats, cette dernière fut adoptée sur 75 % de parcelles. Les sédiments récoltés étaient composés de sol, des résidus végétaux et d'autres déchets non bio-dégradables comme les morceaux de gaines d'irrigation en polyéthylène, les emballages des produits phyto pharmaceutiques et autres emballages pour aliments. L'analyse des résultats a montré que comparativement aux années 2012 et 2013, les quantités des sédiments ont diminué de 66 % en 2014 alors que la hauteur de la pluie avait augmenté de 71,8 mm (7 %) par rapport celle de l'année 2013. On peut conclure que la technique du billonnage cloisonné réduit significativement l'envasement du cours d'eau Méloh ( $p < 0,05$ ). Ces résultats ont permis aux

agriculteurs des HPOC de comprendre qu'ils sont les principaux acteurs de l'envasement et de la pollution potentielle des rivières au sein de leurs communautés. En effet, plusieurs agriculteurs ont déclaré qu'ils étaient prêts à demander des crédits, même à fort taux d'intérêt, pour mettre en œuvre la technique du billonnage cloisonné ou toute autre technique anti érosive qui leur garantirait une eau potable. D'après ces agriculteurs, pendant presque toute la saison sèche (4 mois environ), la rivière la plus proche des habitations est remplie de sédiments provenant des parcelles cultivées et en plus elle dégage une odeur qui ne leur donne pas envie de boire de son eau.

L'adoption et le maintien de façon durable de la technique du billonnage cloisonné dans les collines des HPOC, si elle se répand, procureraient selon nos investigations plusieurs avantages socio-économiques et environnementaux:

***Contribuer au renforcement de la sécurité alimentaire des populations par la production de plusieurs denrées en abondance***

Les résultats des expérimentations ont montré que le billonnage cloisonné induit un accroissement des rendements de pomme de terre de l'ordre de 80 % par rapport à ceux de la préparation du sol à plat et en billonnage suivant la plus forte pente. Avec ces rendements, la technique du billonnage cloisonné contribue à atteindre un objectif du millénaire pour le développement du Cameroun qui est d'augmenter les rendements agricoles dans la zone agro-écologique des HPOC (DSCE, 2009). Avec l'adoption de la technique du billonnage cloisonné, les agriculteurs peuvent diviser chaque parcelle en 2 soles et cultiver 2 spéculations sur la parcelle qui était jadis allouée à une seule. Cela permet d'augmenter la diversité des aliments pour l'autoconsommation et la vente. Avec une production diversifiée des aliments pour la vente, la zone agro-écologique des HPOC jouera davantage son rôle de « grenier de l'Afrique Centrale », c'est-à-dire la zone qui produit la majeure partie de la nourriture pour le Cameroun et les pays voisins (Gabon, République Centrafricaine, Guinée Équatoriale et Congo Brazzaville).

### ***Accroître les revenus des agriculteurs pour atténuer la pauvreté et renforcer l'économie locale***

Dans la zone d'étude, la pauvreté reste encore un fléau à combattre. Les résultats de nos expérimentations ont montré que le billonnage cloisonné accroît les bénéfices monétaires par unité de surface des agriculteurs de l'ordre de 8 fois ceux obtenus en préparation du sol à plat et en billonnage suivant la forte pente. Les exploitants des collines ont développé un marché local dans le village Mélang, principal site de production, pour permettre aux agriculteurs de vendre les produits de leurs champs, et à toutes les populations d'y acheter les autres produits manufacturés sans toutefois se déplacer sur de longues distances. L'adoption de la technique du billonnage cloisonné pourra être un levier principal pour le développement du marché local et la création des activités extra-agricoles génératrices de revenus.

### ***Créer des opportunités d'emplois pour les jeunes et conserver l'identité culturelle***

Les résultats de nos expérimentations ont montré que l'adoption du billonnage cloisonné créera des opportunités d'emplois pour la main-d'œuvre locale. En effet, la technique a induit une augmentation de 40 % des besoins en force de travail. Cette création d'opportunités d'emplois dans la zone d'étude permettrait aux populations de vivre et de s'épanouir à l'intérieur des villages ; ainsi l'identité culturelle de la région pourrait être conservée en se transmettant d'une génération à l'autre. L'identité culturelle en elle-même est une source potentielle de revenus car elle peut attirer les touristes dans le village.

### ***Limiter considérablement l'envasement et la pollution potentielle des cours d'eau par les sédiments et autres déchets***

Notre travail de recherche a montré que la technique du billonnage cloisonné empêchait plus de 60 % de sédiments et autres déchets d'arriver dans le lit des cours d'eau. Parmi les autres déchets se trouvent les emballages des produits phytopharmaceutiques ; ces derniers pourraient être une source de pollution chimique des eaux de rivière. L'accumulation des sédiments dans le lit du cours Méloh d'eau créait temporairement des obstructions ; ces

dernières contraignaient les ménages situés en aval à parcourir des distances relativement longues pour s'approvisionner en eau. L'adoption du billonnage cloisonné contribuerait donc à la disponibilité en eau de bonne qualité pour tous les ménages des HPOC.

***Sauvegarder le patrimoine naturel et limiter considérablement les risques de dégradation de l'environnement physique sur le site et en dehors du site***

Quand l'environnement physique est dégradé, une zone perd de sa biodiversité et de sa beauté et diminue la qualité de vie des habitants. D'après nos résultats, le billonnage cloisonné a retenu environ 80 % des sédiments et des eaux de ruissellement contre moins de 20 % pour le billonnage suivant la plus forte pente. La technique du billonnage cloisonné a augmenté de 7 % les populations des plantes cultivées ; cette augmentation de la densité de plantation se traduirait par des différences significatives dans le couvert végétal, qui réduit la production de l'érosion et du ruissellement. En dehors du site de production, les effets de l'érosion et du ruissellement ne se ressentent pas seulement dans les cours d'eau mais il y a aussi l'envasement des routes, des ouvrages hydrauliques et la pollution des sols en aval (Berry et al, 2006 ; Dautrebande & Sohier, 2006 ; Meybeck, 1993). Adopter la technique du billonnage cloisonné permettra aux communautés des HPOC de contribuer au maintien d'un environnement sain.

En guise de conclusion, nous pouvons dire qu'en dépit des contraintes socio-économiques, les agriculteurs exploitant les collines dans la zone agro-écologique des HPOC se sont montrés très concernés par la thématique de la mise en œuvre des techniques antiérosives pour la conservation durable des sols et des eaux. En plus des 12 agriculteurs recrutés, beaucoup d'autres agriculteurs curieux ont activement participé à nos expérimentations et démonstrations. Cette participation des agriculteurs du site d'étude et du village voisin leur a permis de se rendre compte que, par leurs pratiques agricoles traditionnelles, ils sont les principaux responsables de leur propre mal, donc capables de trouver un remède. Ces agriculteurs ont compris que l'application des méthodes antiérosives est un moyen

indispensable pour maintenir durablement la productivité des terres agricoles d'une part, et assurer une eau de bonne qualité d'autre part. Les anciens exploitants des pentes sont engagés dans la recherche des moyens nécessaires pour l'adoption du billonnage cloisonné et les nouveaux sollicitateurs de parcelles sont conscients qu'il faut barrer la voie à l'érosion dès le premier coup de bêche.

### **Possibilités effectives de mise en œuvre du billonnage cloisonné**

La mise en œuvre de la technique du billonnage cloisonné nécessite un minimum de ressource qui n'est pas facilement accessible pour tous les agriculteurs exploitants les collines. Les dépenses ou crédits induits par l'adoption du billonnage cloisonné sont rapidement remboursés par les surplus de production, d'où l'importance de mettre en place des systèmes de crédit pour aider les basses classes de la société. L'adoption de cette technique risque d'accroître les inégalités par rapport à l'accumulation de revenus car les membres des classes privilégiées peuvent se permettre de la mettre en place, alors que l'effort consenti par les autres agriculteurs pour démarrer cette technique est beaucoup plus important. Celle-ci risque davantage d'aboutir à une concentration du foncier qu'à un équilibre harmonieux en termes d'accès à la terre car les parcelles pourraient devenir encore plus coûteuses. Au regard des résultats de nos travaux de recherche, les avantages que procure la technique du billonnage cloisonné sont d'ordre économique, socio-culturel et environnemental, représentant ainsi les principales fonctions assignées à l'agriculture et aux exploitations agricoles qui étaient jusqu'à lors presque toutes entravées dans les HPOC par la mauvaise utilisation des terres. La lutte antiérosive est donc un moyen qui permet aux agriculteurs exploitant les collines d'investir et de gagner plus afin de vivre de leur activité principale qu'est l'agriculture. Limité par les moyens financier et temporel, notre travail de recherche n'a pas testé toutes les actions possibles qui peuvent compléter l'évaluation et favoriser l'adoption du billonnage cloisonné.

## 7.2 Perspectives

De la multitude des techniques antiérosives existantes (Roose et al, 2012), seul le billonnage cloisonné a été testé et évalué dans le cadre de cette thèse. Plusieurs recherches pourraient être conduites avec d'autres techniques antiérosives connues et non encore testées dans la zone d'étude comme les bandes enherbées, les haies vives, la culture sur couvert végétal et l'agroforesterie. Au vu des résultats de cette étude sur le billonnage cloisonné, les perspectives concernent (1) les actions possibles à tester pour favoriser l'adoption du billonnage cloisonné à grande échelle et (2) les autres techniques de conservation des sols et des eaux qu'on pourra tester dans la zone agro-écologique des HPOC.

### **1/ Actions possibles à tester pour favoriser l'adoption du billonnage cloisonné dans les HPOC**

Pour présenter une étude assez complète sur le billonnage cloisonné, les actions suivantes feront l'objet de nos recherches futures :

**Tester d'autres spéculations :** bien que produites avec des modes de préparation du sol identiques, les cultures maraîchères ont des systèmes racinaires différents, donc ne fixent pas le sol de la même façon. Reprendre les expérimentations du billonnage cloisonné avec d'autres cultures pures, des associations et des rotations de cultures permettra, (i) d'une part, de trouver des valeurs moyennes des pertes en sol et de ruissellement dans un micro-bassin versant considéré, et (ii) d'autre part, de déterminer la(les) culture(s) ou la(les) combinaison(s) qui présente(nt) les valeurs optimales de conservation des sols et des eaux.

**Tester différents espacements d'inter buttes :** dans nos expérimentations avec la culture pure de pomme de terre, les inters buttes étaient construites à intervalle d'un mètre perpendiculairement aux pentes de 11 % et 29 %. Nous essayerons donc d'augmenter l'intervalle entre les inters buttes et de comparer l'efficacité avec celle obtenue précédemment. Cette étude permettra de définir l'intervalle optimal et les couts induits pour chaque pente exploitée.

**Étudier la facilitation de l'accès au crédit et le regroupement des agriculteurs en organisations paysannes** : d'après les résultats de cette thèse, l'absence des structures de microfinance destinée au développement rural constitue un frein à l'adoption de la technique du billonnage cloisonné par les agriculteurs des HPOC. Les agriculteurs exploitant les parcelles à risques sont majoritaires dans la population et disposent de peu de moyens pour la mise en œuvre de la technique. Le regroupement des agriculteurs en « organisations paysannes » pourrait être une meilleure solution pour faciliter l'accès au crédit. Le crédit ainsi obtenu par les agriculteurs favoriserait l'adoption du billonnage cloisonné. D'après Jacob et Deville (1994), les organisations paysannes ou rurales cherchent une reconnaissance légale pour engager des relations de soutien et d'encadrement fortes avec l'État et les ONG locales, internationales ou étrangères. Les organisations paysannes cherchent à conquérir leur reconnaissance sociale afin d'obtenir des connaissances techniques et des financements dont elles ont besoin pour l'amélioration des équipements des villages, la mise en place des services sociaux et l'établissement des activités génératrices des revenus (Guillermou et Kamga, 2004). Il serait souhaitable que les pouvoirs publics conduisent des études pour mettre en place des systèmes de micro-crédit qui permettraient aux petits agriculteurs de supporter les coûts supplémentaires induits par le billonnage cloisonné. Une autre étude pourrait également être conduite sur la facilitation du regroupement des agriculteurs en organisations paysannes tels les groupes d'initiative commune, les groupements d'intérêt économique ou les coopératives. Comme cela a été le cas ailleurs, les pouvoirs publics camerounais devraient assurer la formation des agriculteurs des collines et leur offrir des incitations financières afin de favoriser l'adoption de la technique du billonnage cloisonné dans les HPOC. Nous pouvons citer ici l'exemple de Mojanda en Équateur. Mojanda est une région montagneuse équatorienne où les agriculteurs faisaient face au problème d'érosion par ruissellement. Vu la gravité du problème et l'incapacité des agriculteurs à trouver eux-mêmes des solutions, l'État leur a apporté une aide technique gratuite et des prêts financiers à faible taux d'intérêt pour la

conservation des terres. Les agriculteurs se sont appropriés des techniques, ils ont pu rembourser leur crédit et conserver durablement leurs terres (De Noni et Viennot, 1996 ; De Noni et al, 2001 ; Roose et al, 2008).

L'adoption à grande échelle de cette technique permettra aux pouvoirs publics camerounais de ne pas engager des dépenses pour la réparation des dégâts causés sur les routes et les ouvrages hydrauliques.

***Conduire des études limnologiques des bassins versants*** : les résultats de cette thèse portent essentiellement sur l'envasement et la pollution potentielle des cours d'eau. Les études limnologiques porteront sur toutes les eaux continentales qui peuvent être affectés par les pratiques agricoles dans les collines. En plus de l'évolution de l'envasement des cours d'eau, elles mettront en évidence les polluants, et permettront d'évaluer le fonctionnement hydrologique global sur une période donnée.

## **2/ Autres techniques de conservation des sols et des eaux à expérimenter dans les HPOC**

En dehors du billonnage cloisonné, il existe plusieurs autres techniques d'aménagement des bassins versants pour lutter contre l'érosion et le ruissellement. Parmi ces techniques, les terrasses et le billonnage suivant les courbes de niveau (Boukong, 1997 ; Fonteh et al, 1998) ont déjà été testés dans les HPOC et nous avons montré les limites importantes à leur mise en œuvre. D'autres techniques de conservation des sols à moindre cout et compatibles avec les espèces cultivées dans la zone des HPOC devraient être testées.

Dans d'autres pays d'Afrique et d'Amérique latine qui ont des caractéristiques géographiques semblables à celles des HPOC, de nombreux chercheurs ont exploré diverses techniques antiérosives (Roose et al, 2012). Parmi ces techniques nous pouvons citer (i) la culture sur couvert végétal (SCV), (ii) les haies vives et (iii) l'agroforesterie.

**La culture associant un couvert végétal (SCV):** La culture associant un couvert végétal implique l'utilisation des techniques culturales simplifiées, les associations et les rotations des cultures (Reinjntjes et al, 1995 ; Richard, 2009). Dans la zone agro écologique des HPOC, Tankou (2014) a conduit une étude avec l'association pomme de terre et crotalaire (*Crotalaria grahamiana*). Cette étude a montré qu'il existe une différence significative d'apport en matière organique entre la crotalaire et les fientes de poules généralement utilisées par les agriculteurs. Les résultats de cette étude ont montré que la crotalaire est compatible avec la pomme de terre ; on pourra donc utiliser cette association de cultures pour conduire des essais d'érosion et du ruissellement. Des études menées au Brésil, en Haïti, en Tunisie, à Madagascar, au Laos et même au Nord-Cameroun ont montré que outre l'amélioration de la fertilité du sol et la séquestration du carbone, la SCV favorise l'infiltration de l'eau au niveau parcellaire, diminue considérablement le ruissellement (diminué de plus de 50 %) et donc l'érosion qui lui est liée. La mise en œuvre des SCV sur des parcelles cultivées depuis longtemps ne nécessite pas des moyens supplémentaires. Toutefois, il faut noter que les rendements agricoles sont faibles au cours des trois premières années d'implémentation des SCV. Pendant cette période de baisse des rendements agricoles, la vie du sol se réorganise et sa structure s'améliore avec les micro-organismes et les vers de terre (FAO, 1992 ; Boli et al, 1998 ; Barthès et al, 1998 ; Scopel et al, 2005 ; AFD, 2006 ; Richard, 2009 ; M'biandoun et al, 2009). Vu la situation alimentaire dans la zone d'étude, la période de 3 ans de baisse de rendements agricoles pourrait être un obstacle important à la mise en œuvre des SCV par les agriculteurs. Pour garder un niveau de production agricole acceptable, on pourrait dans un début combiner les SCV avec le billonnage cloisonné, et dès que la production sera soutenable, on restera uniquement avec les SCV sur la parcelle.

**Les haies vives :** Les haies vives sont bien connues des agriculteurs des HPOC (Fotsing, 1994). Pour cause d'occupation de l'espace et de baisse des rendements des cultures (ombrage indésirable et compétition nutritive), la quasi-totalité des haies vives avaient été détruites dans

la zone agro écologique des HPOC depuis environ deux décennies (Pillot et al. 2001). Des campagnes de sensibilisations pourraient favoriser la réintroduction des haies vives avec le dragonnier dont les espèces les plus répandues dans la zone d'étude sont *Dracaena deisteliana* et *Dracaena arborea* (Gautier, 1994). D'après les agriculteurs, le dragonnier localement appelé « arbre de paix » se développerait dans tout type de terroir et serait compatible avec la quasi-totalité des cultures pratiquées dans les HPOC. Selon nos investigations, les plants de cet arbuste ne manquent pas dans la zone d'étude, ce qui constitue un atout de l'utiliser pour l'installation des haies vives.

**L'agroforesterie :** Au Rwanda, dans les conditions de pentes (>25 %) similaires à celles de la zone agro écologique des HPOC, les chercheurs ont utilisé les espèces *Calliandra calothyrsus*, *Grevillea robusta* et *Leucaena leucocephala* en pratiques agroforestières pour réduire l'érosion à moins de 12 t/ha.an et 3 t/ha.an respectivement à la deuxième année après la plantation et à la cinquième année après la plantation. Ces mêmes espèces ont été utilisées pour installer des haies vives (König, 2008 ; Roose et Ndayizigiye, 1996 ; Roose et al, 2012). Dans la zone d'étude, plusieurs arbustes utilisés en agroforesterie s'y trouvent déjà : *calliandra*, *leucaena*, *Tephrosia vogelii*, *Sesbania macrantha*, *Vernonia spp*, *Dracaena spp* et *Grevillea robusta* (Gautier, 1994). Comme dans le cas des haies vives, le travail qui reste à faire est la sensibilisation des agriculteurs et la conduite des expérimentations.

Les analyses qui découlent de ces travaux de recherche intéressent toutes les parties prenantes : les chercheurs, les décideurs et les agriculteurs. Bien que la technique du billonnage cloisonné ait prouvé son efficacité sur les plans social, économique et environnemental, le chemin reste encore à faire pour son adoption à grande échelle.

## Références bibliographiques

- AFD, 2006. Le semis direct sur couverture végétale permanente (SCV) : Une solution alternative aux systèmes de culture conventionnels dans les pays du Sud. Paris, France. 68 p.
- Ancil, F., Rousselle, J. and Lauzon, N., 2012. Hydrologie: Cheminements de l'eau. Presses inter Polytechnique.
- Anonyme, 2008. Rapport annuel sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture au Cameroun.
- Barthès, B., Albrecht, A., Asseline, J., De Noni, G., E. Roose, E., et Viennot, M., 1998. Pratiques culturales et érodibilité du sol dans les Rougiers de Camarès (Aveyron). *Étude et Gestion des Sols*, 5: 157- 170.
- Belloncle, G., 1985. Participation paysanne et aménagements hydro-agricoles: les leçons de cinq expériences africaines
- Bergue, J.M. and Y. Ruperd, Y. 2000. Storm water retention basins. A.A. Balkema ed.
- Berry L., Olson J. & Boukerrou L., 2006. Resource mobilization and the status of funding of activities related to land degradation. Florida Center for Environmental Studies; paper commissioned by Global Mechanism of the UNCCD with support from the GEF, 57 p.
- Bilsborrow, R. E. & Carr, D. L., 2001. Population, Agricultural Land Use and the Environment in the Developing World. In "Tradeoffs or Synergies? Agricultural Intensification, Economic Development and the Environment (D. R. Lee and C. B. Barrett, eds.), pp. 35-56. CABI Publishing Co, Wallingford, UK.
- Boli, Z., Roose, E., & Zahonero, P., 1998. Effets et arrières effets des pratiques culturales sur le ruissellement, l'érosion et la production d'une rotation intensive (coton-maïs) sur un sol sableux des savanes humides du Nord-Cameroun. *Bulletin Réseau Erosion*, 246-259.

- Bollinne, A., 1974. L'érosion des sols limoneux cultivés (aperçu général – première estimation).  
Bull. Rech. Agron. Gembloux, 9 : 353-369.
- Bonin, M., 2001. Nouvelles fonctions de l'agriculture et dynamiques des exploitations:  
Une analyse chorématique dans les Monts d'Ardèche. Mappemonde, 62(2): 11-16.
- Boukong, A., 1997. Influence du mode de billonnage sur le ruissellement, l'érosion et le  
rendement en maïs sur un oxisol des hauts plateaux de l'Ouest-Cameroun.
- Boutrais, J., 1992, L'élevage en Afrique: une activité dégradante. L'environnement en Afrique  
contemporaine, 109-125.
- Castellanet, C. & Jordan, C.F., 2004. Participatory action research in natural resource  
management : A critique of the method based on five years' experience in the  
transamazônica region in Brazil. Revue internationale de systématique 4(2):267–294.
- Courade, G., 1994. Le village camerounais à l'heure de l'ajustement
- Darré J-P., 1996. L'invention des pratiques dans l'agriculture. Vulgarisation et production locale  
de connaissance. Karthala, Paris, France, 194 p.
- Dautrebande, S., Sohier, C., 2006. L'érosion hydrique et les pertes en sols agricoles en Région  
Wallonne. Dossier scientifique réalisé dans le cadre du rapport analytique 2006-2007  
sur l'état de l'environnement Wallon. FUSAGx-UHAGx Gembloux, 120 p.
- De Noni G., et Viennot M., 1996. Mutations récentes de l'agriculture équatorienne,  
conséquences sur la « durabilité » des agrosystèmes andins, Cah. ORSTOM, sér. Pédol.  
23, 2 : 277-288.
- De Noni, G., Viennot M., et Asseline, J., 2001. Terres d'altitude, terres de risque. La lutte contre  
l'érosion dans les Andes équatoriennes. IRD Editions, Paris, collection « Latitude 23 »,  
224 p.
- De Singly, F., 2012. Le questionnaire. L'enquête et ses méthodes. 3ème édition, France :  
Armand Colin.

- De Tourdonnet, S., Brives, H., Denis, M., Omon, B. et Thomas, F., 2010. Accompagner le changement en agriculture : du non labour à l'agriculture de conservation. Revue AE&S vol.3, n°2, 4
- Derancourt, F., 1995. Erosion par ruissellement des terres agricoles, méthodologie proposée à l'étude des bassins versants agricoles. Rapport Chambre d'Agriculture Pas-de-Calais.
- Derruau M., 2010. Les Formes du relief terrestre : notions de géomorphologie. Paris : Armand Colin.
- Djoukeng, H. G., Tankou, C. M. & Degré, A., 2015, Siltation and Pollution of Rivers in the Western Highlands of Cameroon: a Consequence of Farmland Erosion and Runoff. International Journal of Agricultural Research and Review, 3(3): 206-212.
- Dohnal, M., Dusek, J., & Vogel, T., 2010. Improving Hydraulic Conductivity Estimates from Minidisk Infiltrometer Measurements for Soils with Wide Pore-Size Distributions. Soil Science Society of America journal, 74 N°3, 804-811.
- Domingo, E., 1996. Pression agricole et risques d'érosion dans le bassin versant du Lomon, affluent du Mono (département du Mono-Bénin). Bulletin - Réseau Erosion, 16: 181-194.
- Dongmo, J. L., 1981, Le dynamisme Bamiléké. Vol. 1, La maîtrise de l'espace agraire, Yaoundé, CEPER, 2 tomes, 716 p.
- DSCE, 2009. Document de Stratégie pour la Croissance et l'Emploi. Rapport annuel
- Ducret, G. et Fotsing, J. M., 1987. Evolution des systèmes agraires à Bafou Ovest-Cameroun. Rev.de Géo. Du Cam. VII(1) Yaoundé, : 1 à 18.
- ECAM1, 2000. Enquête camerounaise sur les ménages. Rapport du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.
- ECAM3, 2008. Enquête camerounaise sur les ménages. Rapport du Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural.

- El Hage Hassan, H., Touchart, L. et Faour, G., 2013. La sensibilité potentielle du sol à l'érosion hydrique dans l'ouest de la Bekaa au Liban. M@ppemonde 109 (2013. 1) : 1-17.
- Ehrenfeld J., 2004. Searching for Sustainability: No Quick Fix. Reflections: the Soil Journal. 5: 137-149.
- Environment Agency, 2002. Agriculture and natural resources: benefits, costs and potential solutions. Environment Agency, Bristol.
- FAO, 1992. Agro-ecological land resources assessment for agricultural development planning. A case study of Kenya. Technical Annex 2 soil erosion and productivity. FAO world soil resources reports 71/2, Rome, 28 p.
- FAO, 1994. La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture. Collection FAO: Agriculture, no 27. Rome.
- FAO, 1999. Multiples fonctions de l'agriculture et des terres: L'état des lieux : Document préparé pour la Conférence FAO/Pays-Bas sur "Le caractère multifonctionnel de l'agriculture et des terroirs", Maastricht, Pays-Bas, 12-17 septembre. 42 p.
- FAO, 2002. L'eau et l'agriculture. 28 p.
- FAO, 2005. Évaluation des ressources forestières mondiales. Rapport national 144 Rome. 17 p.
- FAO, 2008. Note d'information : rapport national sur l'état des ressources phytogénétiques pour l'alimentation et l'agriculture.
- FAO. 2008. Food and Agricultural Organisation. Rome: FAOSTAT data base.
- Fonteh Fru, M., Boukong, A., & Tankou Mubeteneh, C., 1998. Soil and water management of dry season green peas (*Pisium sativum*) production in the western highland of Cameroon, Final research project submitted to the PDEA (Douala) and the European Union (Yaoundé) Cameroun 53p.
- Fotsing, J. M., 1992. Diagnostic des problèmes d'érosion et éléments de solution en pays Bamiléké Cameroun.

- Fotsing, J. M., 1993. Érosion des terres cultivées et propositions de gestion conservatoire des sols en pays Bamiléké (Ouest-Cameroun). Cah. Orstom, sér. Pédol. Vol. XXVIII, n°2, 351-366.
- Fotsing, J. M., 1994. L'évolution du bocage bamiléké : exemple d'adaptation traditionnelle à une forte démographie, in : Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bulletin pédologique de la FAO 70, 292-307.
- Fotsing, J. M., 1995. Compétition foncière et stratégies d'occupation des terres dans le Cameroun de l'ouest. Terre, terroir, territoire. Les tensions foncières, 131-148.
- Freeze, R. A., & Cherry, J. A., 1979. Groundwater: Prentice-Hall.
- Galliano, D., et Nadel, S., 2013. Les déterminants de l'adoption de l'éco-innovation selon le profil stratégique de la firme : le cas des firmes industrielles françaises. Revue d'économie industrielle, 142 : 77-110.
- Gautier, D., 1994. La diversité des systèmes agroforestiers bamiléké et ses évolutions contemporaines. Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée, 36<sup>e</sup> année, bulletin n°2, 1994. Phytogéographie tropicale : réalités et perspectives. Propos d'ethnobiologie, sous la direction de Jacques Barrau et Bernadette Lizet. pp. 159-178.
- Giret, A., 2007. Géographie de l'écoulement fluvial. L'Harmattan.
- Guiffo, J. P., 2005. Le titre foncier au Cameroun, Editions de l'Essoah, 158 p.
- Guillermou, Y. et Kamga, A., 2004. Les organisations paysannes dans l'Ouest-Cameroun. Palliatif à la crise ? Etudes rurales 169-170 : 61-76.
- Hamani, G., 2005, Les notables de l'Ouest-Cameroun: rôle et organisation dans les institutions traditionnelles, L'Harmattan, France, 170 p.
- Horton, D.E. (1987) Potatoes in the Third World. The courier 101: 82-84.
- INC, 2013. Institut National de Cartographie: Cartes régionales du Cameroun. Doc. Interne, 127 p.

- Jacob, J.P. et Deville, P.L., 1994. Les associations paysannes en Afrique : organisation et dynamiques. KARTHALA Éditions, 307 p.
- König, D., 2008. Contribution de l'agroforesterie à la conservation de la fertilité des sols et à la lutte contre le réchauffement climatique au Rwanda, Actes des Actes des 1res Journées Scientifiques Inter-Réseaux de l'AUF: Gestion intégrée des eaux et des sols - Ressources, aménagements et risques en milieux ruraux et urbains. Hanoi, 6-9 novembre.
- Lal, R. 1995. Global soil erosion by water and carbon dynamics. In Lal, R., Kimble, J.M., Levine, E. and Stewart, B.A. (eds), Soils and global change. CRC/Lewis, Boca Raton, FL: 131–141.
- Lal, R., 2008. Carbon sequestration, Phil. Trans. R. Soc., B Sci., 363, 815–830, doi:10.1098/rstb.2007.2185.
- Laurent, C., Maxime F., Mazé, A., & Tichit, M., 2003. Multifonctionnalité de l'agriculture et modèles de l'exploitation agricole. Économie rurale. 273-274: 134-152.
- Lavigne-Delville, P., Toulmin, C. & Traoré, S., 2000, Gérer le foncier rural en Afrique de l'Ouest : dynamiques foncières et interventions publiques Karthala/Ed. URED, Paris, 357 p.
- Leguédois, S., 2003. Mécanismes de l'érosion diffuse des sols. Modélisation du transfert et de l'évolution granulométrique des fragments de terre érodés. Earth Sciences. Université d'Orléans. 179 p.
- Liu M., 1997. Fondements et pratiques de la recherche-action. L'Harmattan, Paris, 351 p.
- M'biandoun, M., Dongmo, A.L., Balarabe, O. et Nchoutnji, I., 2009. Systèmes de culture sur couverture végétale en Afrique centrale : conditions techniques et socioéconomique pour son développement. Garoua, Cameroun. Cirad, 10 p. <cirad-00470612>
- Magrath, W.B. and Arens, P., 1989. The cost of soil erosion on Java: a natural resource accounting approach. Environment Department Working Paper 18. World Bank Policy Planning and Research Staff, World Bank, Washington, DC.

- Martin, H., 2010. Introduction to Physical Hydrology. Oxford University Press Inc.
- Meybeck M., 1993. Riverine transport of atmospheric carbon: sources, global typology and budget. *Water, Air and soil Pollution* 70: 443-463
- Morgan, R.P.C., 2004. Soil Erosion and Conservation (3rd edition), 316 p.
- Morgan, R.P.C., Nearing, M.A., 2011. Handbook of Erosion Modelling. John Wiley and Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex, PO19 8SQ, UK
- NASA, 2015. Prediction of worldwide energy resource. Disponible sur <http://power.larc.nasa.gov/cgi-bin/cgiwrap/solar/agro.cgi?email=agroclim@larc.nasa.gov> consulté le 16 juin 2015.
- Ndjogui, T. E. & Levang, P., 2013, Elites urbaines, élæiculture et question foncière au Cameroun. *Territoires d'Afrique* 5, 35-46.
- Ngoufo, R., 1988. Les monts Bamboutos: environnement et utilisation de l'espace. Thèse de Doctorat de 3e cycle, Université de Yaoundé, T I, 349 p.
- Olivier, C. , Goffart, J.P. et Poulet, V., 2011. Contrôle du ruissellement : cloisonnement des interbuttes de pomme de terre en Wallonie. *Potato Planet* 026 : 52-57.
- Olivry, J.C., 1986. Fleuves et rivières du Cameroun. Monographies Hydrologiques. Paris: ORSTOM; MESRES.
- PAFPT, 2004. Programme d'Appui à la Filière Pomme de Terre. Projet PPTE.
- Petretti, F., 1997. Fleuves et rivières. Naturoscope ed., Paris: Naturoscope Gründ.
- Pillot D., Lauga-Sallenave C., Gautier D., 2001. Haies et bocages en milieu tropical d'altitude, Coll. Le point sur, Paris, Gret, Ministère des Affaires étrangères, 232 p.
- Pimental, D., Allen, J., Beers, A., Guinand, L., Hawkins, A., Linder, R., McLaughlin, P., Meer, B., Musonda, D., Perdue, D., Poisson, S., Salazar, R., Siebert, S. and Stoner, K. 1993. Soil erosion and agricultural productivity. In Pimental, D. (ed.), *World soil erosion and conservation*. Cambridge University Press, Cambridge: 277–292.

- PNGE, 1996. Plan National de Gestion de l'Environnement du Cameroun , Volume 1, Rapport principal, Ministère de l'Environnement et des Forêts, PNUD, Banque Mondiale, 190 p.
- Rabhi, P. et Caplat, J., 2015. L'agroécologie : une éthique de vie. Collection Domaine du possible. 64 p.
- Rabot C., 1990. Transferts de fertilité et gestion des terroirs. Quelques points de vue. Cahiers de la Recherche Développement 25 : 19-32.
- RECORD, 2006. Stratégie et technique d'échantillonnage des sols pour l'évaluation des pollutions, n° 04-0510/1A, 321 p.
- Reij, C., 1996. Techniques traditionnelles de conservation de l'eau et des sols en Afrique. KARTHALA Éditions, 355 p.
- Reijntjes, C. and Waters-Bayer, A., 1995. Une agriculture pour demain: introduction à une agriculture durable avec peu d'intrants externes: KARTHALA Éditions, 473 p.
- Rey A. (dir), 2005. Dictionnaire culturel en langue française. Paris, Le Robert, 4 t.
- RGPH, 2010,. Troisième Recensement Général de la Population et de l'Habitat, 10 p.
- Richard, J-F., 2009. Le système de culture sur couverture végétale (SCV) : un système de culture durable ? Grain de sel, 48 : 22-23.
- Robinson, D.A. and Blackman, J.D. 1990. Some costs and consequences of soil erosion and flooding around Brighton and Hove, autumn 1987. In Boardman, J., Foster, I.D.L. and Dearing, J.A. (eds), Soil erosion on agricultural land. Wiley, Chichester: 369–382.
- Roose E., Albergel J., De Noni G., Sabir M. & Laouina A., 2008. Efficacité de la GCES en milieu semi-aride, AUF, EAC et IRD éditeurs, Paris : 425 p.
- Roose, E. et Ndayizigiye, F., 1996. Agroforestry and GCES in Rwanda. Soil Technology, 11(1): 109-119.
- Roose, E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). Bull. Pédol. FAO n°70, Rome, 420 p.

- Roose, E., Duchaufour, H. et De Noni, G., 2012. Lutte antiérosive, réhabilitation des sols tropicaux et protection contre les pluies exceptionnelles, IRD éditions, Marseille, 758 p.
- Roose, E., Sabir, M., & Laouina, A., 2010. Gestion durable des eaux et des sols au Maroc: valorisation des techniques traditionnelles méditerranéennes. IRD Éditions, 343 p.
- Roose, E.J., 1992. Traditional and modern strategies for soil and water conservation in the Sudano-Sahelian areas of western Africa. In Hurni, H. and Tato, K. (eds), Erosion, conservation and small-scale farming. Geographica Bernensia, Bern: 349–365.
- Roussel, P., Robert, Y., & Crosnier, J. C., 1996. La pomme de terre ; production, amélioration, ennemis et maladies, utilisation. In P. INRA (Ed.).
- Scopel, E., Douzet, J.M., Macena da Silva, F-A., Cardoso, A., Alves Moreira, J.A., Findeling, A. et Bernoux, M., 2005. Impacts des systèmes de culture en semis direct avec couverture végétale (SCV) sur la dynamique de l'eau, de l'azote minéral et du carbone du sol dans les cerrados brésiliens, Cahiers Agriculture 14(1) : 71-75.
- Shakesby, R. A., 2002. Handbook for the field assessment of land degradation (M. Stocking & N. Murnaghan Eds.). Earthscan, London.
- Sigaut F., 1975. L'agriculture et le feu. Rôle et place du feu dans les techniques de préparation du champ de l'ancienne agriculture européenne. Moton & Co, Paris – La Haye, 320 p.
- Soutter, M., Mermoud, A., & Musy, A., 2007. Ingénierie des eaux et du sol, processus et aménagements (Première ed.). France: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Soltner, D., 2000. Les techniques culturales simplifiées - Tome 2. Collection Sciences et techniques agricoles. 28 p.
- Suchel, J. B., 1989. Les privilèges climatiques du pays Bamiléké. Les cahiers d'Outre-Mer 42(165): 29-52

- Sunderlin, W. D., Ndoye, O., Biki, H., Laporte, N., Mertens, B. & Pokam, J., 2000, Economic crisis, small-scale agriculture, and forest cover change in southern Cameroon. *Environmental Conservation* 27, 284-290.
- Tankou, C. M., 2014. Effect of green manure and intercropping on potato production in the Western Highlands of Cameroon, *International Journal of Scientific & Technology Research* 3 (9): 204-208.
- Tankou, C. M., 2014. The interactions of Human Mobility and Farming Systems on Biodiversity and Soil Quality in the Western Highlands of Cameroon. Langaa Research & Publishing Common Initiative Group, Bamenda, North-West Region, Cameroon. 180 p
- Tchawa, P. 1991. Dynamique des paysages sur la retombée méridionale des hautes terres de l'Ouest-Cameroun. (Thèse de doctorat), Univ. Bordeaux-III.
- Tchawa, P. 1993. La dégradation des sols dans le Bamiléké méridional, conditions naturelles et facteurs anthropiques. *Les cahiers d'Outre-Mer*, 46(181).
- TOPPS, 2014. Train Operators to Promote Practices and Sustainability: Good agricultural practices to reduce water pollution by pesticides through runoff and erosion.
- Tribak, A., El Garouani, A., & Bahrou, M. 2012. L'érosion hydrique dans les séries marneuses tertiaires du préif oriental : agents, processus et évaluation quantitative. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, 1, 47-52.
- Tsayem Demaze, M., 1995. Milieu physique, environnement humain et dégradation des sols en pays bamiléké de l'ouest du Cameroun. *Environnement humain de l'érosion. Réseau Erosion - Bulletin* 15: 329-339
- Turc, L., 1953. Le bilan d'eau des sols - relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement. Thèse de doctorat Faculté des sciences de Paris/Institut national de la recherche agronomique, 252 p.
- Uri, N.D. and Lewis, J.A., 1998. The dynamics of soil erosion in US agriculture. *Science of the Total Environment* 218: 45–58.

- Vachon, N., 2003. L'envasement des cours d'eau: processus, causes et effets sur les écosystèmes avec une attention particulière aux Catostomidés dont le chevalier cuivré (*Moxostoma hubbsi*). Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de l'aménagement de la faune de Montréal, de Laval et de la Montérégie, Longueuil, Rapport technique, p.vi, pp.16-13, & p.49
- Valet, S., 1980. Etude des paramètres du milieu physique pour l'amélioration des cartes de zonation géo-climatique, des pentes, des paysages agro-écologiques et la mise en valeur à l'Ouest-Cameroun. Yaoundé : IRAT, 36 p.
- Valet, S., 1999. L'aménagement traditionnel des versants et le maintien des cultures associées : cas de l'Ouest-Cameroun, influence de l'homme sur l'érosion à l'échelle du versant. Bulletin réseau érosion 19.
- Van Oost, K., Verstraeten, G., Doetterl, S., Notebaert, B., Wiaux, F., Broothaerts, N. and Six, J., 2012. Legacy of human-induced C erosion and burial on soil-atmosphere C exchange, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 109, 19,492–19,497, doi:10.1073/pnas.1211162109.
- Verstraeten, G. and Poesen, J., 1999. The nature of small scale flooding, muddy floods and retention pond sedimentation in central Belgium. *Geomorphology* 29: 275–292.
- Vogel, H., 1990. Deterioration of a mountainous agroecosystem in the Third World due to emigration of rural labour. In Messerli, B. and Hurni, H. (eds), *African mountains and highlands: problems and perspectives*. African Mountains Association, Bern: 389–406.
- Vogel, H., 1994. Conservation tillage in Zimbabwe. Evaluation of several techniques for the development of sustainable crop production systems in smallholder farming. *Geographica Bernensia*, African Studies Series A11.
- vue. Cah. Rech. Dév. n° 25-Mars 1990.
- Wang, Z., Van Oost, K. and Govers, G., 2015. Predicting the long-term fate of buried organic carbon in colluvial soils, *Global Biogeochem. Cycles*, 29, 65–79, doi:10.1002/2014GB004912.

Ward, R.C. and Robinson, M., 1990. Principles of hydrology. 1990, London: McGraw-Hill Book Company.

Wen, D., 1993. Soil erosion and conservation in China. In Pimental, D. (ed.), World soil erosion and conservation. Cambridge University Press, Cambridge: 63–85.

Zweifler, M. O., Gold, M. A., and Thomas, R. N., 1994. Land Use Evolution in Hill Regions of the Dominican Republic. *The Professional Geographer* 46, 39-53.

## Annexe 1 : Fiche d'enquête exploratoire par parcelle

### 1 Identification

1.1 Agriculteur N° \_\_\_\_\_

1.2 Parcelle N° \_\_\_\_\_

1.3 Valeur de la pente (%) \_\_\_\_\_

1.4 Superficie (ha) \_\_\_\_\_

1.5 Niveau d'éducation

- Aucun
- Primaire
- Secondaire
- Supérieur

1.6 Rang social

- Chef
- Notable
- Héritier
- Elite
- Autre : précisez le sexe \_\_\_\_\_

1.7 Mode d'acquisition

- Achat
- Location
- Héritage
- Don

Si la case « Don » est cochée, précisez le donateur ou la forme du don

1.8 Quelles sont vos raisons de vente/achat de parcelles ?

1.9 Calendrier cultural de l'année 2013

Opérations	Mois											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Préparation du terrain												
Labour												
Traçage et piquetage												
Fumure de fond												
Sarclage												
Buttage												
Engrais												
Insecticide												
Fongicide												
Récolte												
Friche												

1.10 Ce calendrier subit-il parfois des modifications ?

Oui

Non

Justifiez votre réponse : \_\_\_\_\_

1.11 Historique des cultures

Année	Spéculations	Jachère
2010		
2011		
2012		
2013		
2014		
2015		

1.10 Pouvez-vous nous expliquer pourquoi vous pratiquez/ne pratiquez pas la jachère ?

\_\_\_\_\_

1.12 Quelles cultures pensez-vous mettre sur cette parcelle l'année prochaine ?

\_\_\_\_\_

1.13 Pouvez-vous nous donner les raisons de votre historique ?

\_\_\_\_\_

1.14 Situation de la parcelle

Seule dans la colline

Début de la colline en amont

Intermédiaire

Fin de la colline en aval

1.15 Pouvez-vous nous donner les raisons d'exploitation des terres dans les pentes supérieures à 25%?

\_\_\_\_\_

## 2 Modes de préparation du sol

2.1 Quel est l'historique des modes de préparation du sol sur cette parcelle ?

Année	Mode de préparation du sol								
	BSSPB <sup>1</sup>	BSSPE <sup>2</sup>	BSSPBE <sup>3</sup>	BPB <sup>4</sup>	BPE <sup>5</sup>	BPBE <sup>6</sup>	PB <sup>7</sup>	PE <sup>8</sup>	PBE <sup>9</sup>
2010									
2011									
2012									
2013									
2014									
2015									

2.2 Pouvez-vous nous donner les avantages et les inconvénients de chaque mode ?

Mode de préparation	Avantage	inconvénient
BSSPB <sup>1</sup>		
BSSPE <sup>2</sup>		
BSSPBE <sup>3</sup>		
BPB <sup>4</sup>		
BPE <sup>5</sup>		
BPBE <sup>6</sup>		
PB <sup>7</sup>		
PE <sup>8</sup>		
PBE <sup>9</sup>		

### 3 Fonctions agricoles

3.1 Pouvez-vous nous citer les différentes fonctions que vous attribuez à l'agriculture et son utilisation des terres ?

---

3.2 Pouvez-vous nous citer les différents produits agricoles et d'élevage de votre zone ?

---



---



---

3.3 Produisez-vous en quantités suffisantes pour l'autoconsommation ?

- Oui
- Non
- Excédentaire

3.4 Si non où trouvez-vous les quantités complémentaires ?

- Marché du village
- Marché de la ville
- Dons de la famille et des voisins

---

<sup>1</sup> Billonnage suivant la forte pente sur brûlis

<sup>2</sup> Billonnage suivant la forte pente sur écobuage

<sup>3</sup> Billonnage suivant la forte pente sur brûlis et écobuage

<sup>4</sup> Billonnage perpendiculaire à la pente sur brûlis

<sup>5</sup> Billonnage perpendiculaire à la pente sur écobuage

<sup>6</sup> Billonnage perpendiculaire à la pente sur brûlis et écobuage

<sup>7</sup> Plat sur brûlis

<sup>8</sup> Plat sur écobuage

<sup>9</sup> Plat sur brûlis et écobuage

3.5 Quelles sont les sources de provenance de vos semences par campagne agricole?

- Auto production
  - Marché local
  - Agent de vulgarisation de zone (AVZ)
  - Dons divers
  - Autres
- 

3.6 Quelles sont vos sources d'eau potable ?

- Rivières
- Sources
- Puits

3.7 Quelles sont vos différentes sources de revenu ?

- Agriculture
  - Elevage
  - Commerce
  - Autres : à préciser
- 

3.8 Composition de la main-d'œuvre pour les activités agricoles

<b>Statut</b>	<b>Temps plein dans l'exploitation</b>	<b>Saisonnier dans l'exploitation</b>	<b>Autre activité</b>
Chef d'exploitation			
Conjoint (es)			
Enfants			
Ouvriers			

3.9 Avez-vous suffisamment d'aliments provenant de votre production pour nourrir vos animaux domestiques?

- Oui
- Non
- Sans avis

3.10 Quels moyens de transports utilisez-vous pour la vente des produits agricoles ?

- L'Homme
- Cheval
- Voiture
- Moto
- Bicyclette
- Porte-tout
- Brouette

3.11 Savez-vous que des activités agricoles rentables peuvent retenir les jeunes dans le village ?

- Oui
- Non
- Sans avis

3.12 Votre métier d'agriculteur vous permet-il de participer activement à la vie de votre localité ?

- Oui
- Non
- Sans avis

3.13 Que faites-vous des quantités supplémentaires de votre production ?

- Réserve pour la période de suture
- Vente
- Dons pour les visiteurs étrangers
- Aide à la famille et aux voisins
- Alimentation des animaux domestiques
- Je ne produis pas assez

3.14 Comment communiquez-vous avec les consommateurs extérieurs pour faire connaître votre métier et vos produits ?

- En organisant des fêtes agricoles
- Par l'intermédiaire de grossistes
- Par l'intermédiaire de l'agent de vulgarisation de zone (AVZ)

3.15 Vous a-t-on déjà dit que votre village a des produits de qualité propres à lui ?

- Oui
- Non
- Sans avis

3.16 Si oui qu'avez-vous fait pour préserver la continuité de la production ?

---

3.17 Savez-vous que vos produits agricoles peuvent donner une renommée à votre village ou votre région ?

- Oui
- Non
- Sans avis

3.18 Quels sont les rôles des « tontines agricoles » dans votre village ?

---

3.19 Savez-vous que vos activités agricoles peuvent attirer des touristes dans votre village?

- Oui
- Non
- Sans avis

3.20 Savez-vous que vous devez préserver la qualité des sols et des eaux en faisant vos activités agricoles dans les collines?

- Oui
- Non
- Sans avis

Si oui pouvez-vous nous décrire les techniques mises en œuvre ?

---

---

3.21 Est-ce qu'il vous arrive parfois de changer de mode de préparation du sol ?

- Oui
- Non

3.22 Pouvez-vous nous dire en quelques mots les raisons de votre choix ?

---

---

3.23 Quels systèmes d'élevage pratiquez-vous ?

- Extensif
- Intensif
- Mixte
- Aucun

#### **4 Erosion par ruissellement**

4.1 Avez-vous déjà enregistré des pertes dues à l'érosion par ruissellement sur votre parcelle ?

- Oui
- Non
- Sans avis

4.2 Comment percevez-vous ces pertes ?

- Départ du sol
- Destruction des cultures
- Baisse des rendements
- Sans avis

4.3 Comment quantifiez-vous ces pertes ?

- Quantité de sol érodé
- Quantité de plantes détruites
- Valeur monétaire pour remettre la culture
- Baisse du revenu
- Sans avis

4.4 Pouvez-vous nous dire quelles sont les autres pertes dues à la même cause ?

---

4.5 Savez-vous que les particules de sol détachées et d'autres déchets que vous abandonnez sur la parcelle sont transportés par les eaux de ruissellement et déposés dans les bas-fonds et les cours d'eau en aval ?

- Oui
- Non
- Sans avis

4.6 Savez-vous quelles sont les conséquences de ces dépôts sur votre santé et votre environnement ?

- Oui
- Non
- Sans avis

4.7 Pouvez-vous nous en lister quelques-unes ?

---

4.8 Que faites-vous quand les pluies causent l'érosion par ruissellement sur votre parcelle ?

- Je redirige les eaux vers la route
- Je redirige les eaux ailleurs
- Je change de mode de préparation à la prochaine campagne
- Je ne fais rien

4.9 Savez-vous que ces eaux redirigées causent des dégâts sur la route ou les parcelles voisines ?

- Oui
- Non
- Sans avis

4.10 Quelles mesures prenez-vous pour éviter la dégradation des routes ou d'entrer en conflits avec le voisinage ?

---

---

4.11 Pratiquez-vous des méthodes de lutte antiérosive ?

- Oui
- Non
- Sans avis

4.12 Citez-en ces méthodes avec leurs avantages et inconvénients

Méthode	Avantage	Inconvénient

5.13 Parlez-vous souvent de l'érosion par ruissellement avec votre agent de vulgarisation de zone (AVZ)?

- Oui
- Non

4.14 Citez-en les solutions qu'il vous propose avec leurs avantages et inconvénients.

Solution	Avantage	Inconvénient

4.15 Lesquelles de ces solutions avez-vous déjà testées?

---

---

4.16 Ces solutions répondent-elles complètement à vos attentes ?

- Oui
- Non
- Sans avis

4.17 L'AVZ vous propose-t-il des formations pour lutter contre l'érosion par ruissellement ?

- Oui
- Non
- Sans avis

Si oui, suivez-vous ces formations ?

- Oui
- Non, dites-nous quelles sont vos raisons

---

4.18 Accepteriez-vous que l'on apporte des innovations à vos modes de préparation du sol dans le but de conserver durablement les terres et les eaux de votre région ?

- Oui
- Non
- Sans avis

4.19 Donnez-nous les raisons de votre choix

---

4.20 En dehors de l'AVZ qui d'autre vous oriente dans la lutte contre l'érosion par ruissellement ?

---

---

**5 Notre étude vise à savoir les raisons d'exploitation des fortes pentes sans mesures de conservation des sols, de mesurer avec vous les impacts de l'érosion et du ruissellement sur les fonctions de l'agriculture dans votre région, et enfin de tester avec vous une technique antiérosive. Souhaitez-vous ajouter quelque chose à ce sujet ?**

---

---

---

---

---

---

---

## Annexe 2 : Fiche de mesure infiltrométrie

Date : \_\_\_\_\_

Main-d'œuvre (h/j) : \_\_\_\_\_

Pente : \_\_\_\_\_

Temps (seconde)	Volume (mm)											
	Bloc 1			Bloc 2			Bloc 3			Bloc 4		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0												
30												
60												
90												
120												
150												
180												
210												
240												
270												
300												

1,2,...,12 = numéros des parcelles





## Annexe 5 : Itinéraire technique de la pomme de terre

Activité	Date	Main-d'œuvre (h/j)	Type de produit et dose (ml/pulvérisateur)	Quantité (nb pulv, kg engrais,...)	Matériel utilisé
Préparation du sol					
Labour					
Piquetage et isolation					
Plantation					
1 <sup>er</sup> sarclage					
2 <sup>ème</sup> sarclage					
Buttage					
Fumure de fond					
1 <sup>er</sup> engrais					
2 <sup>ème</sup> engrais					
1 <sup>er</sup> insecticide/nématicide					
2 <sup>ème</sup> insecticide/nématicide					
3 <sup>ème</sup> insecticide/nématicide					
1 <sup>er</sup> fongicide					
2 <sup>ème</sup> fongicide					
3 <sup>ème</sup> fongicide					
4 <sup>ème</sup> fongicide					
5 <sup>ème</sup> fongicide					
6 <sup>ème</sup> fongicide					

## Annexe 6 : Récolte de la pomme de terre

Date : \_\_\_\_\_

Main-d'œuvre (h/j) : \_\_\_\_\_

Pente : \_\_\_\_\_

Matériel utilisé : \_\_\_\_\_

Unité de récolte	Poids (kg)			
	Bloc 1	Bloc 2	Bloc 3	Bloc 4
Parcelle 1				
Parcelle 2				
Parcelle 3				

## Annexe 7 : Financial assessment of treatments

Désignation	FB			RASS			TR			
	Quantity	PU (FCFA)	PT (FCFA)	Quantity	PU (FCFA)	PT (FCFA)	Quantity	PU (FCFA)	PT (FCFA)	
Plowing, demarcation, planting and basal application (man.day)	50	1300	65000	50	1300	65000	60	1300	78000	
Seedlings (kg)	1540	200	308000	1557	200	311400	1689	200	337800	
Basal application (kg)	1600	35	56000	1600	35	56000	1600	35	56000	
Pesticides and chemical fertilizers (man.day)	35	1300	45500	35	1300	45500	35	1300	45500	
Gramoxone (l)	2	3000	6000	2	3000	6000	2	3000	6000	
Cypercot (l)	0,5	5000	2500	0,5	5000	2500	0,5	5000	2500	
Plantizeb (kg)	2,5	3000	7500	2,5	3000	7500	2,5	3000	7500	
NPK (kg)	500	400	200000	500	400	200000	500	400	200000	
Hoeing and mounding (man.day)	50	1300	65000	50	1300	65000	60	1300	78000	
Harvesting (man.day) 11% slope	52	1300	67600	50	1300	65000	91	1300	118300	
<b>Expenditures 11% slope</b>			<b>823100</b>				<b>823900</b>			
Harvest (11% slope)	11213	125	1401625	10828	125	1353500	19619	125	2452375	
<b>Profit (11% slope)</b>			<b>578525</b>				<b>529600</b>			
Harvesting (man.day) 29% slope	34	1300	44200	33	1300	42900	68	1300	88400	
<b>Expenditures 29% slope</b>			<b>799700</b>				<b>801800</b>			
Harvest (29% slope)	7406	125	925750	7237	125	904625	14609	125	1826125	
<b>Profit (29% slope)</b>			<b>126050</b>				<b>102825</b>			

FB : Flatbed ; RASS : ridging along the steepest slope; TR: tied ridging; PU: unite price;  
PT: total price; FCFA: franc de la communauté française d'Afrique (local money)



## Annexe 9 : Caractéristiques physico-chimiques des sols

### Annexe 9-1 Description du profil P1

<b>Données morphologiques</b>	Ap (0 – 31 cm)	AB (31 – 85 cm)	Bo1 (85 – 143 cm)	Bo2 (143 – 200+ cm)
<b>Couleur</b>	2.5 YR 3 / 3 (Brun rougeâtre sombre)	2.5 YR 4 / 4 (Brun rougeâtre)	2.5 YR 4 / 6 (Rouge)	2.5 YR 7 / 4 (Brun rougeâtre clair)
<b>Structure</b>	Grumeleuse	Polyédrique angulaire moyenne	Polyédrique angulaire fine à moyenne	Polyédrique angulaire fine à moyenne
<b>Texture</b>	Limoneuse	Argileuse	Argileuse	Argileuse
<b>Consistance</b>	Très friable	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide
<b>Pierrosité</b>	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux
<b>Porosité</b>	Plusieurs pores fins	Plusieurs pores très fins	Plusieurs pores très fins	Plusieurs pores très fins
<b>Enracinement</b>	Plusieurs racines fines à moyennes	Quelques racines fines	Peu de racines fines	Peu de racines fines
<b>Activité biologique</b>	Présence de quelques fourmis et insectes	Présence de quelques insectes	Activité biologique absente	Activité biologique absente
<b>Limite des horizons</b>	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière

Source : Laboratoire d'analyses des sols et de chimie de l'environnement de l'université de Dschang, Cameroun, 2014.

### Annexe 9-2 Description du profil P2

<b>Données morphologiques</b>	Ap (0 – 23 cm)	AB (23 – 69 cm)	Bo1 (69 – 119 cm)	Bo2 (119 – 186+ cm)
<b>Couleur</b>	2.5 YR 3 / 3 (Brun rougeâtre sombre)	2.5 YR 4 / 4 (Brun rougeâtre)	2.5 YR 4 / 6 (Rouge)	2.5 YR 7 / 4 (Brun rougeâtre clair)
<b>Structure</b>	Grumeleuse	Polyédrique angulaire moyenne	Polyédrique angulaire fine à moyenne	Polyédrique angulaire fine à moyenne
<b>Texture</b>	Limoneuse	Argileuse	Argileuse	Argileuse
<b>Consistance</b>	Très friable	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide
<b>Pierrosité</b>	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux
<b>Porosité</b>	Plusieurs pores fins	Plusieurs pores très fins	Plusieurs pores très fins	Plusieurs pores très fins
<b>Enracinement</b>	Plusieurs racines fines à moyennes	Quelques racines fines	Peu de racines fines	Peu de racines fines
<b>Activité biologique</b>	Présence de quelques fourmis et insectes	Présence de quelques insectes	Activité biologique absente	Activité biologique absente
<b>Limite des horizons</b>	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière

Source : Laboratoire d'analyses des sols et de chimie de l'environnement de l'université de Dschang, Cameroun, 2014.

### Annexe 9-3 Description du profil P3

<b>Données morphologiques</b>	A (0 – 8 cm)	BA (8 – 37 cm)	Bo1 (37 – 100 cm)	Bo2 (100 – 170+ cm)
<b>Couleur</b>	2.5 YR 3 / 3 (Brun rougeâtre sombre)	2.5 YR 4 / 4 (Brun rougeâtre)	2.5 YR 4 / 6 (Rouge)	2.5 YR 7 / 4 (Brun rougeâtre clair)
<b>Structure</b>	Grumeleuse	Polyédrique angulaire moyenne	Polyédrique angulaire fine à moyenne	Polyédrique angulaire fine à moyenne
<b>Texture</b>	Limoneuse	Argileuse	Argileuse	Argileuse
<b>Consistance</b>	Très friable	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide	Friable à l'état sec, collant et plastique à l'état humide
<b>Pierrosité</b>	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux	Pas pierreux, pas rocheux
<b>Porosité</b>	Plusieurs pores fins	Plusieurs pores très fins	Plusieurs pores très fins	Plusieurs pores très fins
<b>Enracinement</b>	Plusieurs racines fines à moyennes	Quelques racines fines	Peu de racines fines	Peu de racines fines
<b>Activité biologique</b>	Présence de quelques fourmis et insectes	Présence de quelques insectes	Activité biologique absente	Activité biologique absente
<b>Limite des horizons</b>	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière	Diffuse et régulière

Source : Laboratoire d'analyses des sols et de chimie de l'environnement de l'université de Dschang, Cameroun, 2014.

**Annexe 9-4 Caractéristiques physico-chimiques des sols sous les espèces indicatrices de la fertilité**

Code échantillon	Profil P1			Profil P2				Profil P3				
	Ap	AB	BO1	BO2	Ap	AB	BO1	BO2	A	AB	BO1	BO2
Texture (%)												
Sable	32	20	29	27	32	20	29	27	32	20	30	30
Argile	30	58	51	54	38	60	53	57	36	62	55	54
Limon	38	22	20	19	30	20	18	17	32	18	15	16
Réaction du sol												
pH eau	5.6	5.5	5.8	5.6	5.3	5.6	5.8	5.6	5	5.6	6.2	6
pH KCl	4.9	4.6	5.7	6.4	4.8	4.8	5.5	6.3	4.4	5.1	5.9	6.4
dpH	0.7	0.9	0.1	-0.8	0.5	0.8	0.3	-0.7	0.6	0.5	0.3	-0.4
CE ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	0	0	10	13	0	0	12	15	0	0	8	10
Matières organiques												
MO (%)	3.83	3.78	2.59	1.55	4.31	4.05	3.10	1.90	5.52	5.34	3.62	1.93
Ntot (%)	0.07	0.04	0.02	0.015	0.08	0.04	0.03	0.01	0.09	0.035	0.02	0.012
C/N	32	55	75	60	31	59	60	110	36	89	105	93
Cations échangeables (még/100g)												
Ca	4.64	2.72	6.08	3.36	4.5	3.1	4.8	3.70	4.48	2.80	5.6	2.82
Mg	2.24	1.12	2.88	3.04	2.4	1.8	2.50	3.2	1.6	2.4	1.28	1.92
K	0.18	0.14	0.14	0.14	0.19	0.16	0.14	0.14	0.20	0.15	0.14	0.14
Na	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
S	7.07	3.99	6.27	6.55	7.1	5.07	7.45	7.17	6.29	5.36	7.03	4.89
Capacité d'échange cationique (még/100g)												
T	12.3	11.8	7.9	7.5	13.5	12.0	8.5	8.2	16.6	9.0	7.9	5.5
V=S/T	57	34	79	87	53	42	88	87	38	60	89	90
Phosphore Assimilable (mg/kg)												
Bray II	17.1	5.3	9.03	8.49	15.1	7.34	8.45	7.8	5.82	8.49	5.82	5.82

Source : Laboratoire d'analyses des sols et de chimie de l'environnement de l'université de Dschang, Cameroun, 2014.