Pratiques d'orpaillage et érosion des sols à Mabayi, au Burundi

Abel Nsabimana
Enseignant chercheur à l'Ecole Normale Supérieure (ENS) du Burundi

Liste des illustrations

Figures

Figure 1: Délimitation de la Zone d'étude 5
Figure 2: Cartographie des sites dégradés par l'orpaillage à Mabayi 21
Figure 3: Décapage du piedmont par les orpailleurs à Gafumbegeti 22

Tableaux

Tableau 1 : Prise en compte de la protection de l'environnement dans l'activité minière au Burundi .. 12
Tableau 2: Tableau récapitulatif sur l'ensemble de 20 sites d'orpaillage visités en juin 2014 15
Tableau 3: Ampleur des risques d'érosion sur 20 sites d'orpaillage à Mabayi 18
Tableau 4: Pourcentage des sites susceptibles de provoquer des phénomènes d'érosion à Mabayi..... 19
Tableau 6: Résultats de mesures de la turbidité de l'eau des rivières 26

Images

Image 1: Eboulement et glissement de terrain à Gafumbegeti 22
Image 2: Sédimentation et reprise d'érosion à Gafumbegeti 23
Image 3: Eboulement et route menacée à Rugogo 24
Image 4: Destruction du lit de la rivière Rugogo par l'orpaillage 24
Image 5: Profil pédologique marquant la stratification des sédiments..... 25
Image 6: Profil pédologique à couches massives 26

Table des matières

Liste des illustrations i
Figures i
Tableaux i
Images i
Résumé 1
Abstract 2
INTRODUCTION GENERALE 3
CHAPITRE I. CONTEXTE ET LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE 4
I.1. Description de la zone d'étude 4
I.1.1. Situation géographique de Mabayi 4
I.1.2. Orpaillage à Mabayi 5
I.2. Erosion des sols 6
I.3. Problématique d'érosion des sols à Mabayi 7
CHAPITRE II. METHODOLOGIE D'ANALYSE DE L'INCIDENCE DE L'ORPAILLAGE SUR L'EROSION DES SOLS 9
II.1. Démarche théorique de l'étude 9
II.2. Démarche pratique de l'étude 9
CHAPITRE III. RESULTATS D'ENQUETE, D'ANALYSE ET DE MESURE SUR TERRAIN 12
III.1. Prise en compte de la protection de l'environnement dans l'activité minière au Burundi 12
III.2. Résultats d'analyse et de mesure des profondeurs et diamètres des puits d'orpaillage 15
III.3. Résultats d'évaluation globale des risques d'érosion sur 20 sites d'orpaillage 17
III.3.1. Ampleur des risques d'érosion 17
III.3.2. Pertes en terres et cartographie des zones dégradées par l'orpaillage 19
III.3.3. Cartographie des zones érodées 20
III.4. Cas du ravinement à Gafumbegeti et dégradation des sites de Rugogo 21
III.5. La sédimentation en aval 25
III.6. Turbidité des eaux des rivières et leur pollution par les éléments traces métalliques 26
Bibliographie 31
ANNEXES I

Résumé

L'exploitation des minerais dans les zones à forte pluviosité et sur des terrains en forte pentes, présente des impacts environnementaux notamment l'érosion des sols. Cela a été étudié pour le cas de la commune de Mabayi, où les pratiques d'orpaillage inappropriées sur un terrain physiquement vulnérable, amplifient le risque d'érosion hydrique des sols. L'érosion se manifeste d'une part, par des mouvements de masse tels que le ravinement, les glissements de terrain et les éboulements sur les versants et pieds de montagnes. D'autre part, les terres arrachées en amont sont transportées par ruissellement vers l'aval dans les marais, où elles s'accumulent par le phénomène de sédimentation.

En effet, l'étude faite sur 20 sites d'orpaillage à Mabayi montre que suite aux pratiques d'orpaillage, 45% des sites présentent un très fort risque de glissement de terrain; 65% des sites présentent un grand risque d'éboulement; 40% des sites présentent un grand risque de sédimentation dans les bas-fonds; 15% des sites présentent un grand risque d'érosion au niveau des lits des cours d'eau. Enfin, 75% des sites présentent un grand risque de la turbidité d'eau des rivières. Le volume des terres excavées sur les 20 sites est estimé à 10 964,4 m^3. La turbidité de l'eau des cours d'eau avoisine une moyenne de 446,9 mg/litre sans apport des matériaux par l'érosion; et 887,2 mg/litre avec apport de matériaux par l'érosion. 79% des orpailleurs ne connaissent pas les règles essentielles sur l'exploitation minière artisanale qui tient compte de la protection de l'environnement.

Mots clefs : érosion hydrique, ravinement, orpaillage, éboulement, glissement de terrain, sédimentation, Commune de Mabayi.

Abstract

Minerals exploitation in high rainfall areas with high slopes, has environmental impacts including soil erosion. This has been studied for the case of Mabayi commune. In that area water erosion risk is amplified by gold mining inappropriate practices on a physically vulnerable ground. Erosion occurs first, by mass movements such as gully erosion, mudslides and landslides on the slopes and mountain feet. On the other hand, upstream torn lands are transported by runoff in marshes, where they accumulate by sedimentation phenomenon.

Indeed, the 20 gold mining sites analysis in Mabayi reveals that due to gold mining bad practices, 45% of sites have a very high landslide risk; 65% of sites are at high collapse risk; 40% of sites have a high sedimentation risk in shallows; 15% of sites are at high erosion risk at river beds. Finally, 75% of sites have a high risk of river water turbidity. The volume of excavated soil on the 20 sites is estimated at 10 964.4 m3. The rivers water turbidity is around 446.9 mg / liter average without materials brought by erosion; and 887.2 mg / liter with additional material by erosion. 79% of miners do not know the basic rules of artisanal mining that take into account the protection of the environment.

Keywords: water erosion, gully erosion, gold panning, landslide, sedimentation, Mabayi Commune.

INTRODUCTION GENERALE

Le sous-sol du Burundi regorge des minerais divers qui apportent des revenus importants aux exploitants et au pays. C'est le cas notamment des minerais d'or, de coltan, de la cassitérite et de wolframite. Les pratiques artisanales de leur exploitation génèrent des risques environnementaux. Or, parmi les résolutions faites à ce sujet lors du Sommet Mondial sur le Développement Durable tenu à Johannesburg en 2002[1], figure la promotion et l'adoption des pratiques durables en matière d'extraction minière, notamment en ce qui concerne les activités minières à petite échelle. La remise en état des sites endommagés est primordiale. Dans cet article, un regard particulier a été porté sur l'exploitation artisanale de l'or dans la commune de Mabayi. Cet orpaillage est susceptible de porter atteinte à l'environnement en amplifiant surtout l'érosion hydrique et des phénomènes y afférents.

En effet, l'érosion des sols dans la zone d'étude pose une problématique de grande taille car elle se manifeste sous des formes variées et dynamiques. C'est une érosion dite linéaire contrairement à celle en nappe observée sur les versants soumis à l'agriculture. Les rigoles évoluent vers les ravines et celles-ci vers des ravins qui s'agrandissent suite aux fréquentes fortes pluies qui se déversent chaque année sur la région. Des phénomènes brutaux et plus ou moins violents accompagnent souvent cette érosion. Il s'agit des glissements de terrain, des éboulements et des sédimentations en aval.

Compte tenu de ce phénomène d'érosion des sols et ses conséquences qui constituent le problème central de cette étude, il y a lieu de se demander : l'organisation de l'activité minière ne présente-t-elle pas de lacunes qui font que les exploitants miniers adoptent des pratiques inappropriées sur un terrain physiquement vulnérable? Ces pratiques sont en effet, la destruction de la couverture végétale sur un terrain en pente généralement très forte, sur une roche altérée. Le dépôt d'énormes quantités de terres minérales sur les versants en forte pente est dangereux car elles risquent d'être transportées par les eaux de ruissellement vers les marais. L'exploitation sur les sites localisés au niveau des pieds des montagnes et dans les lits des rivières constitue une pratique qui pourrait déclencher et amplifier l'érosion.

L'objectif de cette étude est de montrer dans quelle mesure les pratiques d'orpaillage se combinent avec les conditions physiques du milieu, dans le déclenchement et l'amplification de l'érosion hydrique du sol et de ses conséquences.

[1] Rapport du Sommet Mondial sur le Développement Durable, Résolution 2, § 46. a), Johannesburg 2002.

CHAPITRE I. CONTEXTE ET LOCALISATION DE LA ZONE D'ETUDE

Les activités anthropiques constituent un facteur important dans l'évolution de l'érosion des sols. Cette étude concerne l'analyse de l'influence des pratiques de l'orpailleur dans l'amplification de l'érosion hydrique et ses conséquences. Ces pratiques pouvant avoir un lien entre la gestion de l'orpaillage par les instances habilitées, la nécessité d'analyser l'organisation de l'activité minière au Burundi s'impose. Ce chapitre va donc commencer par la description de Mabayi, ensuite la présentation générale de l'orpaillage et de l'érosion des sols. C'est également dans ce chapitre que sont abordées, la question centrale ainsi que l'hypothèse de recherche.

I.1. Description de la zone d'étude

I.1.1. Situation géographique de Mabayi

Mabayi est l'une des 6 communes de la province de Cibitoke située au nord-ouest du Burundi (voir figure 1). Elle est frontalière du Rwanda à l'est et au nord, de la commune Bukinanyana au sud, et de celle de Mugina à l'ouest. Sa superficie est de 34 754 ha. Ses coordonnées géographiques sont : 29 º 08' 15,3'' et 29 º 19' 02,1''E ; 2 º 37'16,48 '' et 2 º 49'51,84 ''S.

Mabayi se retrouve dans la region ouest de la Crête-Congo Nil sur une altitude variant de 1500 à 2 652 m. Dans cette region à haute altitude, les pluies y sont abondantes, atteignant souvent 200mm par mois (voir annexe 2). Les roches dominantes à Mabayi sont volcaniques tholéitiques sub-marines et sont recouvertes par des schistes noires (Brinckman et *al*., 2001). Deux types de minéralisations métallifères y sont distingués. C'est le cas de l'or mésothermal[2] post kibarien et or épithermal panafricain[3]. Les grands types de sols dans la région de Mabayi sont des lithosols et le ferrisols formées par des limons et argiles (Nsabimana, 1974).

La végétation est constituée d'une forêt primaire à végétation luxuriante. C'est la forêt appelée Ikibira avec un statut de Parc National. Ensuite vient une forêt claire et quelques maigres boisements sur les collines sans affleurement rocheux. Les versants à faible pente sont le domaine des habitations et cultures où prédominent les bananeraies, culture principale de cette région qui porte son nom[4]. Le réseau hydrographique est formé par les rivières principales telles

[2] L'or mésothermal est associée aux veines de quartz-tourmaline-muscovite et pyrite plus arsénopyrite et bismuth (Brinckman et al. 2001).
[3] L'or épithermal panafrican est constitué de brèches ferrugineux panafricaines généralement silicifiées et limonitisées (Brinckman et al. 2001).
[4] *Cibitoke* signifie région de la banane.

que la rivière Muhira, la Rugogo, la Kaburantwa, la Ruhwa, et la Nyamagana. Ce sont des rivières à forte turbidité et dont les lits sont souvent instables suite à l'érosion.

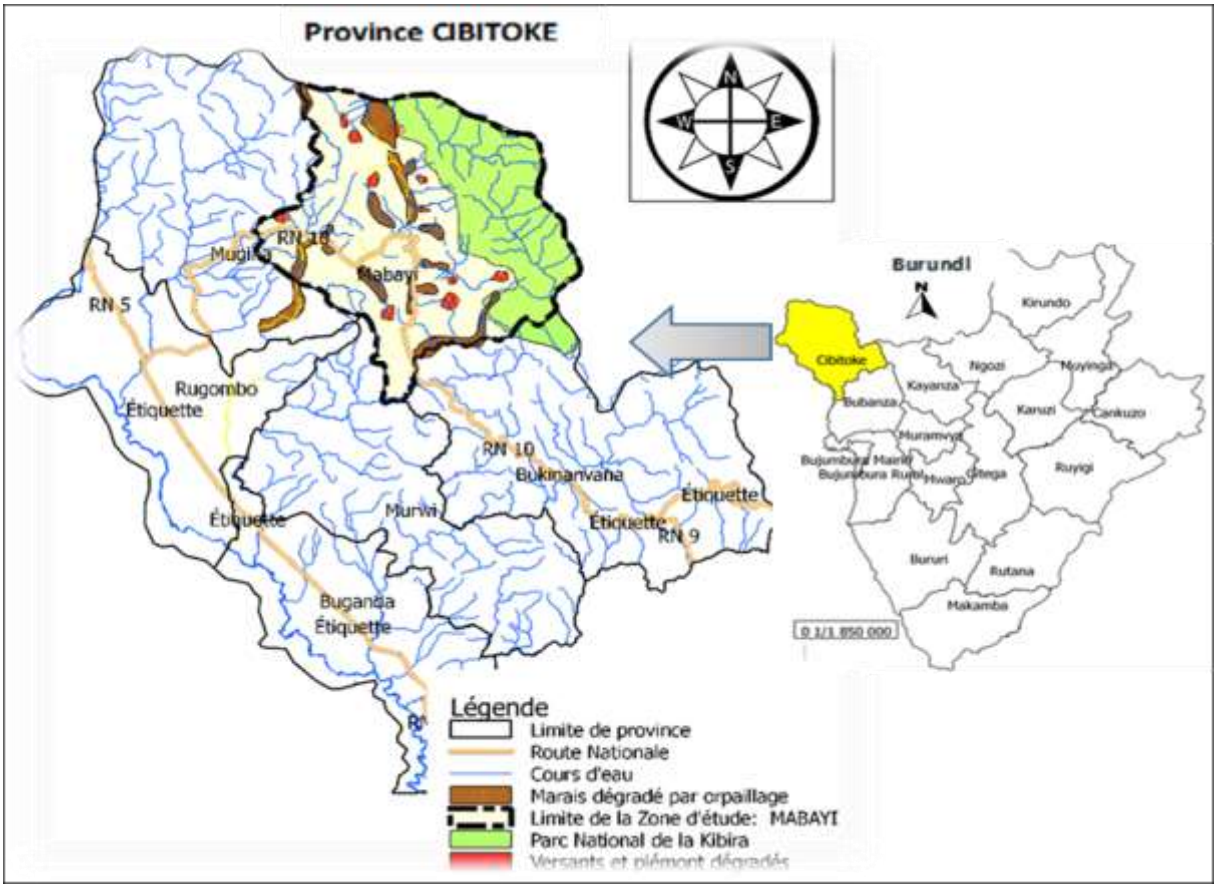


Figure 1: Délimitation de la Zone d'étude

Source: Réalisation de l'auteur à partir des données ESRI (Environmental Systems Research Institute)

I.1.2. Orpaillage à Mabayi

L'orpaillage est défini comme étant comme étant le travail, métier des orpailleurs pour l'extraction de l'or. L'orpailleur, c'est l'ouvrier qui recueille par lavage les paillettes d'or dans le lit des fleuves ou dans les terres aurifères (Le Robert, 2005)[5]. Dans notre cas, l'orpaillage signifie simplement l'activité d'exploitation artisanale de l'or.

L'exploitation artisanale est, selon le Code Minier du Burundi (2013), toute opération non permanente menée en surface et jusqu'à trente (30 m) mètres de profondeur, utilisant des outils,

[5] Version électronique du Grand Robert, WWW.lerobert.com .

des méthodes et des procédés mécaniques non industriels pour extraire et concentrer des substances minérales dans le but de les commercialiser sans que cette exploitation ne soit précédée de la mise en évidence d'un gisement.

L'exploitation artisanale de l'or dans la région de Mabayi date des années 1930. Après la Guerre de 1914-1918, une foule de petites sociétés de colons installées dans le pays sous le régime de la tutelle belge, se sont lancées à la recherche et à l'exploitation des gisements miniers. Les prospections et la recherche par des moyens classiques ont été focalisées sur l'or secondaire alluvionnaire, sur la plupart des cours d'eau. Après l'indépendance du Burundi en 1962, les petites exploitations existantes continuent leurs activités sans une base sûre de réserves aurifères (DGGM, 1984).

Les outils utilisés par les orpailleurs sont les pioches, les houes, les pelles, les motopompes, les battées. Les trois premiers outils sont utilisés lors du creusement. La motopompe est utilisée pour refouler l'eau des puits en cours d'excavation. La battée est utilisée pour séparer les petites particules d'or et d'autres matières minérales sous formes de sables fins obtenues après le lavage.

La majorité des sites d'orpaillage sont illégaux. L'orpaillage se fait par tâtonnements en creusant n'importe où et n'importe comment. C'est ainsi que des multitudes de sites sont abandonnés lorsqu'ils n'y trouvent rien. En règle générale, les orpailleurs creusent des sols, puis procèdent à leur lavage pour en tirer l'or. La méthode la plus utilisée pour le lavage est celle gravitaire. Lors du lavage, les eaux boueuses sont directement canalisées vers les rivières sans passer par un bassin de décantation qui n'existent pas sur tous les sites visités. En outre, les eaux de ruissellement lors des averses sur la région exploitent ces canaux tracés par les orpailleurs. Autour de la quasi-totalité des sites d'orpaillage se trouvent une multitude de tas de terres minéralisées, de moellons et de grosses galets, de sables, de trous non bouchés, des fosses remplis d'eau.

I.2. Erosion des sols

Steiner (1996) décrit l'érosion d'une manière générale comme étant l'ablation et le transport latéral de particules solides du sol par l'eau et le vent sur la surface du sol. De façon particulière, le même auteur précise que l'érosion hydrique se manifeste sous différentes formes telles que l'érosion par choc de pluie, l'érosion en nappe, en rigole et en ravines ou encore les mouvements

de masse de terre. Selon Sundborg (1986), les phénomènes d'érosion dus à l'homme sont souvent désignés par le terme érosion accélérée ou érosion des sols.

Deux grands phénomènes d'érosion doivent être distingués : « l'érosion en nappe liée au caractère argilo limoneux du sol, et l'érosion linéaire ou érosion concentrée correspond au caractère linéaire des flux des matières » (Catherine, 2011). Les ravines et ravins sont le résultat de ce type d'érosion (Rouet, 2009).

Une autre forme de l'érosion est constituée par les mouvements de masse et les mouvements de terrain. Ces phénomènes résultent notamment de « l'importance du volume des matériaux, de la cinétique, de la gravité, et des événements météorologiques » (Catherine, 2011). L'érosion de « talus », est le type « d'érosion marginale liée aux mouvements de masses engendrés par le franchissement d'un dénivelé important par un ruissellement concentré en amont » (Lionel et *al*, 2002).

Roose (1994) évoque le terme de la vulnérabilité des terrains pour expliquer l'occurrence des mouvements de masse. Celle-ci représente une « caractéristique propre du milieu, dépendante de la nature (sol meubles) ou forme (forte pente) du terrain et indépendante des facteurs dynamiques ». Ces derniers sont les agents de pression qui peuvent être soit naturels (climat et couverture végétale), soit humains. On a donc la relation[6] selon laquelle, le risque serait le produit de la vulnérabilité du terrain et les pressions humaines sur le milieu : « Risque = vulnérabilité x pressions ».

Selon Rugema (1994), l'épaisseur souvent importante des terrains meubles vers le bas des versants constitue un des principaux facteurs de glissement à Mabayi. La plupart des sols glissants sont des limons et des argiles limoneuses avec un coefficient de perméabilité très faible (Rugema, 1994). C'est généralement à ce niveau que les orpailleurs creusent à la recherche du minerai précieux. Ainsi, les glissements de terrain sont concentrés dans les parties situées en bas des escarpements.

I.3. Problématique d'érosion des sols à Mabayi

L'exploitation se fait artisanalement souvent à ciel ouvert au niveau des dépôts alluvionnaires dans les marais, dépôt de versant sur les flancs et les pieds des montagnes. La quasi-totalité des

[6] Roose (1994) - *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. FAO Soils Bulletin, vol. 70, Rome, 420 p.

sites d'orpaillage dans notre zone d'étude sont exploités par simple tâtonnement. Cela est susceptible d'accentuer les phénomènes d'érosion tels que les arrachages et les transports des matériaux depuis les versants vers les bas-fonds, les glissements de terrain et les éboulements. Cette dynamique d'érosion dépend également des conditions physiques du milieu[7].

L'érosion des sols constitue l'élément principal de la problématique de cette étude dans les zones d'orpaillage à MABAYI. Cette érosion se manifeste en amont, par le ravinement, les glissements de terrain, les éboulements et les sédimentations en aval. Ses conséquences sont notamment la destruction des cultures et infrastructures, la turbidité et la pollution des eaux de surface. En outre, les lacunes observées en matière d'encadrement des orpailleurs par les instances habilités peuvent être à l'origine d'adoption par les orpailleurs, des pratiques inappropriées aux conditions physiques du terrain.

En conclusion, ce chapitre a permis de connaître la zone d'étude, ses conditions physiques et de comprendre la problématique d'érosion des sols. L'amplification de cette érosion n'est-elle pas une incidence des pratiques d'orpaillage inappropriées au milieu naturel ? Le prochain chapitre montre une approche méthodologique utilisée pour chercher la réponse à cette question.

[7] Ce sont notamment la topographie (pentes supérieures à 30%), la pédologie : sols meubles et très épais à la hauteur des marais (Francart, 1972), la géologie et le climat (fortes pluies : 200mm/mois).

CHAPITRE II. METHODOLOGIE D'ANALYSE DE L'INCIDENCE DE L'ORPAILLAGE SUR L'EROSION DES SOLS

La réalisation de cet article ayant pour objectif de montrer la part de l'orpaillage dans l'accélération de l'érosion hydrique à Mabayi s'est basée sur les méthodes descriptive et analytique. Cela a été fait dans une démarche théorique et pratique. La première s'est beaucoup focalisée sur le cadre règlementaire en matière d'organisation de l'activité minière au Burundi. La démarche pratique consistait à travailler sur le terrain pour faire des observations, des mesures, des enquêtes/sondages et des entretiens.

II.1. Démarche théorique de l'étude

Dans cette étude, l'analyse s'est focalisée sur la prise en compte de la protection de l'environnement dans la réglementation minière au Burundi. En effet, l'analyse faite au niveau du Code Minier, Code de l'Environnement, Code Foncier et leurs textes d'application montre l'existence de beaucoup d'articles sur la préservation de l'environnement en général et la lutte contre l'érosion des sols en particulier.

Ensuite un questionnaire d'enquête a été élaboré. Le choix de l'échantillonnage des orpailleurs et des sites d'orpaillage a été fait de façon aléatoire. Pour cela, 50 orpailleurs ont été interrogés sur le niveau de connaissance des textes réglementaires de l'activité minière au Burundi. 20 sites d'orpaillage ont été choisis de façon aléatoire pour observer et analyser le niveau et le risque de dégradation de l'environnement qu'ils causent.

II.2. Démarche pratique de l'étude

Les sites qui nous ont intéressés sont ceux se situant sur les versants en pente forte de plus de 30%, ceux situés au piedmont et ceux localisés aux environs des cours d'eaux. Il était aussi question de suivre l'évolution des ravines et ravins occasionnées par l'orpaillage et des sites abandonnés, surtout ceux qui présentaient des fissures annonçant de prochains glissements. Pour faire ce suivi, des points de repère constitués d'arbres avaient été fixés, des plantations et des infrastructures environnantes. Des témoins sur place qui vivent dans les environs des sites érodés et des ravins ont aussi été interrogés.

Pour se rendre compte du phénomène de sédimentation, des profils pédologiques sur place ont été ouverts. La stratification des couches sédimentaires de quelques centimètres d'épaisseur a

été aussi constatée au niveau des puits des orpailleurs dans les bas-fonds. Les phénomènes de basculement des lits des cours d'eau et de leur ensablement ont été remarqués et analysés sur quatre rivières (Rugogo, Rutorero et Rubaba et Muhira) dans la zone d'étude.

En ce qui concerne les mesures de turbidité de l'eau des rivières, des échantillons d'eau après les averses et d'autres pendant la période sans pluies, ont été pris à des endroits différents. La mesure des éléments traces métalliques a été faite sur des échantillons prélevés dans les eaux des rivières Rugogo, Rutorero et Rubaba et ont été analysés au laboratoire. Les prélèvements des échantillons d'eau ont été faits dans des flacons en polyéthylène de 1,5 litre. Les mesures des matières en suspensions ont été faites à l'aide d'un photomètre DR 890 de type Hach Range.

Les mesures de quantité de pluies tombées quotidiennement sur la zone d'étude ont été fournies par l'Institut Géographique du Burundi (IGEBU) à partir des stations météorologiques de Buhoro et de Mabayi.

Autre matériel utilisé pour le travail de terrain était essentiellement le décamètre, le GPS, l'appareil photo, la carte topographique et géologique, la houe, la pelle, les bouteilles en plastiques, etc. La réalisation des cartes a été rendu possible grâce aux logiciels ArcGis, QGis, Google Earth à partir des images satellitaires et les ortho-photos-plans fournis par ESRI (Environmental Systems Research Institute).

Pour déterminer l'ampleur des risques d'érosion autour des sites d'orpaillage à Mabayi, une démarche d'évaluation qualitative de l'intensité des phénomènes a été privilégiée[8]. Cette évaluation a été réalisée par simple interprétation géomorphologique du terrain et les techniques adoptées par les orpailleurs. Pour aboutir à une meilleure interprétation, une échelle de mesure a été élaborée.

Cette échelle de mesure est la suivante : faible = 1 ; moyen = 3 ; fort = 5 ; très fort =7, terrible = 10.

Pour le risque de glissement de terrain, l'appréciation a été la suivante:

- décapage sur terrain en pente comprise entre 15 et 30% = 3 ;
- décapage sur terrain en pente comprise entre 30 et 45% = 5 ;

[8] Idée tiré de : Didier (2006). *Guide d'élaboration des plans de prévention des risques miniers*, Rapport d'études, DRS-06-51198/R01, Paris, France. 139p

- décapage sur terrain en pente de plus de 45% = 7 ;
- décapage sur terrain déjà fissuré = 10.

Pour le risque d'éboulement, l'échelle de mesure a été la suivante:

- excavation conique en forme de V =1 ;
- excavation conique en V renversé = 5 ;
- présence des fissures = 10.

Pour le risque de la sédimentation, l'échelle de mesure a été la suivante:

- destruction de la végétation en amont= 3 ;
- dépôts de terres sur les versants et excavation sur terrain en pente forte = 5 ;
- présence des éboulis sur le versant = 7 ;
- présence de terrain glissé = 10.

Pour le risque d'érosion vertical et latérale sur les cours d'eau, l'échelle de mesure a été élaborée comme suit:

- dépôt de terres dans le lit du cours d'eau = 7 ;
- excavation en profondeur ou décapage des berges = 10.

Pour le risque de turbidité de l'eau des cours d'eau, l'échelle de mesure a été élaborée comme suit :

- site sur les versants en pente = 5 ;
- dépôts de terres sur les versants =7 ;
- tranchées d'orpaillage sur les flancs de montagnes dans le sens de la pente = 7 ;
- exploitation dans le lit du cours d'eau = 10,
- canaux d'eau de lavage dirigés vers le cours d'eau =10.

En conclusion sur ce chapitre, la recherche documentaire et l'analyse des textes régissant l'activité minière au Burundi ont permis d'adopter une méthodologie qui a abouti à des résultats variés. En outre, les mesures effectuées sur terrain ont permis d'avoir des résultats chiffrés. Il en est de même pour la disponibilité des photographies anciennes comparées à celles nouvellement prises, qui donne une idée sur la progression de l'érosion.

CHAPITRE III. RESULTATS D'ENQUETE, D'ANALYSE ET DE MESURE SUR TERRAIN

Les résultats d'enquête concernent la prise en compte de la protection de l'environnement dans l'activité minière au Burundi. Les résultats d'analyses et de mesures faites sur terrain sont notamment les évaluations des risques d'érosion sur 20 sites d'orpaillage, les épaisseurs des sédiments en aval, le degré de turbidité de l'eau des rivières, les estimations de pertes en terre et la cartographie des sites dégradés.

III.1. Prise en compte de la protection de l'environnement dans l'activité minière au Burundi

La prise en compte des normes environnementales est une réalité dans les textes réglementaires de l'activité minière au Burundi. Pour cela, l'étude a voulu vérifier si les orpailleurs sont conscients de l'existence de ces textes. Le tableau1 ci-après donne un extrait de quelques-uns des articles issus de ces textes et les commentaires par rapport à leur mise en pratique :

Tableau 1 : **Prise en compte de la protection de l'environnement dans l'activité minière au Burundi**

Texte réglementaire	**Article relative à la protection de l'environnement**	**Observations : constat sur terrain et niveau de connaissance par les orpailleurs**
Code Minier du Burundi[9]	Article 60 : L'exploitation rationnelle des ressources minières implique notamment la protection de gisement contre la dégradation et les pertes ainsi qu'une bonne gestion des rejets d'exploitation.	Cependant le constat sur terrain en est autre. Même sur les sites reconnus légalement, les orpailleurs creusent par tâtonnement et les rejets sont répandus en désordre sur les versants ou dans les marais. Niveau de connaissance : 64% l'ignore contre 36% qui le savent
	Article 90, « L*e titulaire d'un permis d'exploitation artisanale doit exploiter les substances minérales de façon rationnelle en respectant les normes de sante publique, de sécurité au travail, de protection de l'environnement* ».	Sur les 20 sites d'orpaillages visités, 4 seulement sont bien organisés avec un personnel portant des tenues de travail, des bottes et des casques. Toutefois, la dégradation aux

[9] Décret-loi n°1/21 du 15 octobre 2013 portant code minier du Burundi mais dont tous les textes d'application ne sont pas encore mis en place lors de la rédaction de ce travail.

		alentours de ces sites reste problématique. Niveau de connaissance : 82% l'ignorent contre 18% qui le savent
	Article 137 :« *Au moment du dépôt de son dossier, tout demandeur d'un titre minier, d'un permis d'exploitation artisanale ou d'un permis d'exploitation de carrière doit s'engager à ne pas porter atteinte de manière irréversible à l'environnement, à ne pas contribuer à provoquer les phénomènes d'érosion et à remettre le périmètre en état* ».	Cependant, tous les sites d'orpaillage visités, même ceux reconnus comme opérant en légalité, sont implantés sur des zones de faiblesse. Plusieurs formes d'érosion sont constatées à la majorité de sites. Les réparations n'ont jamais eu lieu. Niveau de connaissance : 76% l'ignore contre 24% qui le savent
	Tout dossier d'autorisation de prospection, de permis de recherche ou de permis d'exploitation artisanale et de carrière doit comporter une étude d'impact environnemental simplifiée…(Art.138)	Aucun site n'a bénéficié d'une étude d'impact environnemental avant son ouverture. Niveau de connaissance : 94% l'ignorent.
Code de l'Environnement du Burundi[10]	Article 29 : « *La préservation des sols contre l'érosion est un devoir écologique national et individuel. Les mesures à prendre pour atteindre cet objectif peuvent être déclarées d'utilité publique et s'imposer à tout exploitant minier ou occupant foncier* ».	Les activités d'orpaillage à Mabayi sont susceptibles de déclencher et amplifier l'érosion hydrique des sols. Niveau de connaissance : 96% l'ignorent contre 4% qui l'ont attendu parler
	Article 142: « *le titulaire d'un titre minier ou d'un titre de carrière ne respectant pas les engagements prévus aux articles 36 et 37 alinéa 2 du présent Code est puni d'une amende de 50.000 à 500.000 FBu ou d'une peine d'emprisonnement de 2 mois à 3 ans* ».	Cet alinéa 2 susmentionné évoque la remise à l'état des sites d'exploitation minière dans le but de préserver l'environnement. Mais cette sanction n'a jamais été appliquée d'après les informations recueillies sur terrain. 100% des orpailleurs ignorent cette servitude.

[10] Loi n° 1/010 du 30 juin 2000 portant Code de l'Environnement de la République du Burundi

Code Foncier du Burundi[11]	Article 189 : « *le domaine public naturel de l'Etat comprend les lits et les eaux des rivières et autres cours d'eau depuis leur source jusqu'à leur embouchure ou à leur sortie du territoire national… ; les rives ou bords des cours et des plans d'eau, à partir de la ligne formée par le niveau le plus élevé qu'atteignent les eaux dans leurs crues périodiques avant de déborder…* ».	La réalité sur terrain laisse constater que les lits et les rives des cours d'eau sont sauvagement décapés par les orpailleurs (voir photo 11). En effet, ils ignorent encore cette loi et osent affirmer qu'ils exploitent dans des terrains qui leurs appartiennent. C'est ainsi que les lits des cours d'eau sont souvent instables. 92% des orpailleurs ignorent cet article.
Ordonnance Ministérielle n°760/540/770/1757 du 26/12/2013 fixant la contribution annuelle pour la réhabilitation des sites d'exploitation artisanale des minerais[12] (voir extrait à l'annexe 9)	Article 3 : « *la présentation du reçu de payement du montant de la contribution de réhabilitation sera requise par la Direction de l'Environnement en vue de l'octroi de l'attestation de conformité environnementale* ». Cette attestation est un préalable pour l'obtention de tout permis, autorisation d'ouverture d'une mine.	Les sites visités dont les exploitants ont payé la contribution de réhabilitation n'ont jamais été réhabilités sur ces fonds collectés à cette fin. Le montant de la contribution est à verser sur le compte du trésor public, au nom de l'Office Burundaise des Recettes (OBR). 86% des orpailleurs le savent.
	Article 5 : « *La réhabilitation des sites d'exploitation reste une obligation pour tout exploitant conformément au plan de gestion prévu par l'Etude d'Impact Environnemental* ».	D'après les entretiens faits à l'endroit des orpailleurs, l'obligation de restauration des sites abandonnés est une double charge qui leur est imposée. La contribution annuelle de réhabilitation qu'ils payent dès l'introduction de la demande d'exploitation devrait servir pour cette fin, selon eux. 82% des orpailleurs le savent.

Source : construction de l'auteur

[11] Loi n°1/13 du 9 aout 2011 portant révision du Code Foncier de la République du Burundi

[12] Ordonnance Ministérielle n°760/540/770/1757 du 26/12/2013 fixant la contribution annuelle pour la réhabilitation des sites d'exploitation artisanale des minerais, des carrières ainsi que des comptoirs d'achat et de vente des minerais d'exploitation artisanale.

Le tableau 1 ci-après donne un extrait de quelques articles tirés dans les textes régissant l'activité minière au Burundi. Chaque article porte un commentaire de ce qui s'observe sur terrain en termes d'application de la loi. Le pourcentage des orpailleurs qui ignorent l'article en question est donné en commentaire dans ce tableau. Ce pourcentage est issu d'un sondage mené auprès de 50 orpailleurs de MABAYI.

D'une manière générale, l'activité minière au Burundi est bien réglementée en termes de protection de l'environnement. Cependant, la mise application de la loi sur le terrain n'est pas effective. En outre, force est de constater qu'il y a une méconnaissance des règles essentielles pour un orpaillage respectueux de l'environnement. L'Ordonnance Ministérielle semble être connus par beaucoup d'orpailleurs. La raison est que les agents de la Direction des Mines et Carrières en parlent souvent lors des rencontres avec les orpailleurs.

III.2. Résultats d'analyse et de mesure des profondeurs et diamètres des puits d'orpaillage

Une analyse des pratiques d'orpaillage observées sur 20 sites d'orpaillage à Mabayi, surtout par rapport à la dégradation du milieu. La récapitulation des informations recueillies sur les 20 sites d'orpaillage à Mabayi est reprise dans le tableau 2 ci-après :

Tableau 2: Tableau récapitulatif sur l'ensemble de 20 sites d'orpaillage visités en juin 2014

Nom du site	Cordonnées	Profondeur, diamètre	Topographie	Type de dégradation	Environnement	Exploitation légale ou illégale
1. Butare	S : 2°38'422 E : 29°13'289	P= 16 m D= 9 m à ciel ouvert	Sur le flanc de la montagne	Végétation détruite et quantités de terres entassées	Forêt boisée, sites miniers abandonnés	Exploitation illégale
2. Girayo	S : 2°43'426 E : 29°14'16''	P=14 m D= 7 m à ciel ouvert	Marais	Puits trop dangereux, tas de moellons, sable et terres stériles	Cultures mal poussées, sites abandonnées et non réhabilités	Exploitation illégale
3. Kano	S : 2°48'99'' E : 29°15'125	P=15 m D= 8 m à ciel ouvert	Piedmont	Route menacée, fissures annonçant le glissement de terrain	Route Nationale n°10, sites abandonnés et non réhabilités	Exploitation illégale
4. Rugogo	S : 2°48'73'' E : 29°15'08''	P=15 m D= 10 m à ciel ouvert	Piedmont	Route menacée, habitations menacées, végétation détruite	Habitations, bananeraies, Route Nationale n°10	Exploitation illégale

5. Kivuruga	S : 2°48'49'' E : 29°15'017	P=12 m D= 6 m à ciel ouvert	Marais	Tracé de la rivière détourné, beaucoup de puis d'eau stagnante, tas de moellon et sables, cultures détruites, forte turbidité de l'eau.	Rivière Rugogo, plusieurs puits des sites non réhabilités	Exploitation illégale
6. Rutabo		P= 15 m D= 9 m à ciel ouvert	Pied de la montagne	Boisement détruit	Boisement, bas-fond	Exploitation illégale
7. Rusekebuye/ Gafumbegeti	S : 2°44'526 E : 29°16'617	P=24 m D= 17 m à ciel ouvert	Flanc de la montagne	Trop de risque d'éboulement, fissures larges.	Végétation herbacée et boisement, cultures	Exploitation illégale
8. Kiryamo	S : 2°44'340 E : 29°16'647	P=16 m D= 5 m à ciel ouvert	Marais	Rivière détournée, destruction des berges de la rivière	Rivière Rutorero, puits gorgés d'eau, sites abandonnées, forte turbidité d'eau	Exploitation illégale
9. Ntaba	S : 2°44'911 E : 29°16'192	P=10 m D= 4 m à ciel ouvert	Pied de la montagne	Route menacée, boisement en destruction	Route, boisement, plusieurs puits des sites abandonnés et non réhabilités	Exploitation illégale
10. Kinga	S : 2°44'786 E : 29°16'192	P=15 m D= 9 m à ciel ouvert	Flanc de la montagne	Bananeraie en destruction, glissement de terrain, maison menacé	Habitations, bananeraies, cultures en haut	Exploitation illégale
11. Persi	S : 2°44'656 E : 29°15'958	P= 20 m D= 13 m à ciel ouvert	Flanc de la montagne	Fort déboisement, grand risque d'éboulement	Boisement en haut et bananeraie en face, route en bas	Exploitation illégale
12. Ruhororo 1	S : 2°37'770 E : 29°13'111	P= 5 m D= 6 m à ciel ouvert	En pleine vallée de la rivière Ruhwa	Végétation détruite, frontière entre le Burundi et le Rwanda, tas de rejets éparpillés dans le marais	Route en haut, végétation en face, rivière Ruhwa en face	Exploitation illégale
13. Ruhororo 2	S : 2°37'929 E : 29°13'166	P= 7 m D= 6 m à ciel ouvert	Sur le pied de la montagne	Route et maisons menacées, le lit de la rivière risque d'être touché	Route et habitations en haut et la Rivière Ruhwa en bas	Exploitation suspendue : risque de compromettre la frontière entre le Burundi et le Rwanda
14. Ruhororo 3	S : 2°37'908 E : 29°13'167	P=10 m D= 5 m à ciel ouvert	Marais	Tas de terres, végétation détruite	Site situé à moins de 10 m de la frontière du Burundi et du Rwanda	Idem

15. Ruhororo 4	S : 2°38'131 E : 29°13'240	P= 7m D= 5 m à ciel ouvert	Marais	Turbidité d'eau de la Rubaba de la Ruhwa,	Végétation de carex, rivière Rubaba et Ruhwa, sites abandonnés	Exploitation illégale
16. Ruhororo 5	S : 2°38'259 E : 29°13'293	P=12 m D= 7 m à ciel ouvert	Pied de la montagne	Risque d'effondrement de l'école, l'église et la route	Eglise, route, école en haut, le parc national de la Kibira à 50 m ; anciens sites réhabilités	Exploitation illégale
17. Ruhororo 6	S : 2°38'274 E : 29°13'320	P= 13 m D= 6 m à ciel ouvert	En pleine marais	Lit de la Rubaba très érodé	Rivière Rubaba et le Parc Nation de la Kibira	Exploitation légale
18. Ruhororo 7	S : 2°38'531 E : 29°13'311	P= 50 m D= 4 m en galarie	Sur le flanc de la montagne	Risque de glissement de terrain et d'éboulement,	Zone de culture en haut, route en bas et bananeraie et maisons en face,	Exploitation légale
19. Ruhororo 8	S : 2°38'744 E : 29°13'459	P = 40 m D= 4 m en galerie	Sur le flanc de la montagne	Végétation détruite, tas de terres déposées au bord de la route	Végétation de tous les cotés	Exploitation légale
20. Ruhororo 9	S : 2°38'731 E : 29°13'462	P= 50m D= 3 m en galerie	Flanc de la montagne	Déboisement important	Végétation haut et route en bas	Exploitation légale

Source : Données de terrain

Le tableau ci-dessus fait remarquer que les sites présentent beaucoup de risque de dégradation de l'environnement. Il s'agit notamment de la destruction de la végétation, de la menace de d'effondrement des infrastructures sociales, de la dégradation des écosystèmes des marais, etc. La majorité de ces sites sont illégaux. La profondeur moyenne des sites à ciel ouvert est 12,06 m et leur diamètre moyen est de 7,7 m. La profondeur moyenne des sites en galerie est de 46,6 m et leur diamètre moyen est de 3,6 m

III.3. Résultats d'évaluation globale des risques d'érosion sur 20 sites d'orpaillage

III.3.1. Ampleur des risques d'érosion

Les critères de mesure des risques d'érosion et leur ampleur pour chaque site d'orpaillage s'appuient généralement sur la topographie du site. Le tableau 3 ci-après montre l'emplacement de chaque site parmi les 20 visités. 7 sites sont situés sur un terrain en forte pente de plus de 30%. 7 autres sites sont situés aux pieds des montagnes. 3 sites sont implantés au niveau des marais et les 3 qui restent sont installés au niveau des lits des rivières. Les risques inventoriés dans ce tableau sont le glissement de terrain, l'éboulement, la sédimentation, l'érosion verticale

et latérale, ainsi que la turbidité de l'eau. Pour qualifier les classes de prédisposition d'aléa, une échelle de mesure suivante est fixée : faible = 1, moyen = 3, fort = 5, très fort =7, terrible = 10.

Tableau 3: Ampleur des risques d'érosion sur 20 sites d'orpaillage à Mabayi

Topographie du site	**Sites concernés**	**Ampleur du risque probable de l'érosion hydrique**				
		Glissement de terrain	**Eboulement**	**Sédimentation**	**Erosion vertical et latérale**	**Turbidité de l'eau**
Versant en pente	Butare	3	1	5	1	7
	Kinga	10	10	10	1	5
	Persi	10	10	10	1	5
	Ruhororo 7	10	5	10	1	7
	Ruhororo 8	1	1	3	1	5
	Ruhororo 9	3	5	3	1	5
	Rusekebuye	10	10	10	1	10
Piedmont	Kano	10	10	3	1	1
	Rutabo	1	1	3	1	1
	Ntaba	3	3	3	1	5
	Ruhororo 2	7	5	3	1	1
	Ruhororo 5	7	5	3	1	1
	Rugogo	7	7	7	1	5
	Ntaba	7	5	3	1	5
Marais	Girayo	3	5	3	1	5
	Ruhororo 1	1	1	3	3	1
	Ruhororo 3	1	1	3	1	5
Lit de la rivière	Kivuruga	1	5	3	10	10
	Kiryamo	1	1	3	10	10
	Ruhororo 6	1	7	3	10	10

Source : Données de terrain

A partir des données du tableau 3, il est possible d'établir le pourcentage des sites susceptibles de déclencher les phénomènes d'érosion à Mabayi, selon le type et niveau du risque présenté comme le montre le tableau 4 ci-après :

Tableau 4: Pourcentage des sites susceptibles de provoquer des phénomènes d'érosion à Mabayi

Type de risque	faible = 1	moyen = 3	fort = 5	très fort =7	terrible = 10	Total
Glissement de terrain	35%	20%	0%	20%	25%	100%
Eboulement	30%	5%	35%	10%	20%	100%
Sédimentation	0%	70%	5%	5%	20%	100%
Erosion verticale et latérale	80%	5%	0%	0%	15%	100%
Turbidité de l'eau	25%	0%	45%	10%	20%	100%

Le tableau ci-dessus représente les pourcentages des sites sur lesquels se présente soit un risque de glissement de terrain, soit un éboulement, soit la sédimentation, soient l'érosion latérale et verticale, soit la turbidité de l'eau. La majorité des sites présente un haut risque de glissement de terrain (niveau *très fort* = 4 sites sur 20 ou 20% et *terrible =5 sites sur 20 ou 25%* sur l'échelle), d'éboulement et turbidité de l'eau des cours d'eau. La sédimentation dans les marais et l'érosion verticale et latérale des lits des cours d'eau, même si elles ne sont pas causées par beaucoup de sites parmi les vingt, elles sont considérables (niveau *terrible* sur l'échelle) là où elles existent.

III.3.2. Pertes en terres et cartographie des zones dégradées par l'orpaillage

Avec une réserve de 1784,5Kg d'or dans cette région et pour une concentration de 9g/tonne (Lis, 1984), il est possible de déterminer la quantité probable des terres qui seront excavées pour extraire tout cet or. Cela ne tient pas compte des pertes de terres par des tâtonnements comme le font les artisans miniers.

Ainsi, la quantité de terres qui sera excavée est estimée à 1784,5Kg : 9g/tonne = 1tonne x 1 784 500/9 = 198 277,8 tonnes.

Sur la plupart des sites d'orpaillage, les creuseurs font des puits de plus de 4 m de profondeurs et 3 m de diamètre avant d'atteindre la couche minéralisée ce qu'ils appellent *umuyumba*. Or, sur les 20 sites analysés, 17 sont exploités à ciel ouvert et 3 en galerie. La profondeur moyenne des sites à ciel ouvert est de 12,06 m et leur diamètre moyen est de 7,7 m. La profondeur moyenne

des sites en galerie est de 46,6 m et leur diamètre moyen est de 3,6 m (voir tableau 2). Ainsi, en supposant un cylindre de 12,06 m de hauteur avec un diamètre de 7,7m ; le volume moyen des terres excavées sur les 17 sites se calcule comme suit :

Volume = 1 m^3 x $(3,85)^2$ x 3,14 x 12,06 x 17 = **9 542,17 m^3**

Le volume moyen de terres excavées sur les 3 autres sites en galerie est la suivante :

Volume = 1 m^3 x $(1,8)^2$ x 3,14 x 46,6 x 3 = **1 422,26 m^3**

III.3.3. Cartographie des zones érodées

Les surfaces érodées et celles dépourvues de leur végétation sont remarquables sur toutes les zones d'orpaillage au niveau des versants et des marais. La cartographie de ces zones telles que montrées sur la figure 2, a été rendu possible grâce aux images satellitaires. Ces images permettent également de bien voir partout où la dégradation est remarquable. C'est notamment le cas de l'orpaillage illicite dans le Parc National de la Kibira (voir figure 2). Les affluents des grandes rivières de la région notamment la Ruhwa, la kaburantwa, la Nyamagana et Muhira, sont généralement affouillées suite au décapage par orpaillage au niveau de leurs lits.

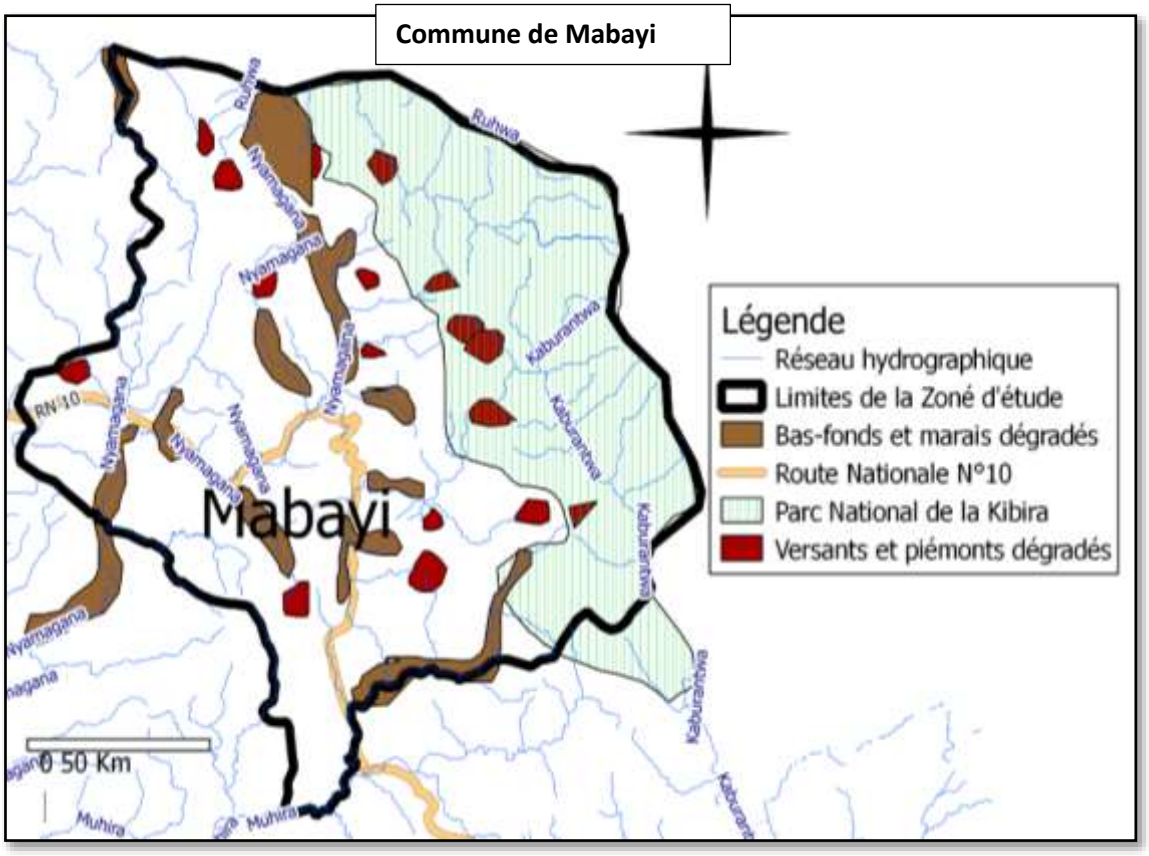


Figure 2: Cartographie des sites dégradés par l'orpaillage à Mabayi

Source : Réalisation de l'auteur à partir des données et ortophotos fournis ESRI

III.4. Cas du ravinement à Gafumbegeti et dégradation des sites de Rugogo

Dans le but de bien analyser la dynamique de l'érosion dans la zone d'étude, le ravinement à Gafumbegeti a servi d'exemple typique. D'autres cas qui ont servi d'exemple sont les sites de Rugogo. En effet, les orpailleurs avaient commencé à creuser, sur le versant à la hauteur du marais après avoir détruit la végétation.

Ce site est sur un sol meuble constitué de colluvions et d'une roche-mère formée de schistes altérés du fait de l'humidité constante dans cette région à forte pluviosité. La partie creusée s'est remplie d'eau par infiltration et suintement, augmentant ainsi le poids et la pression interstitielle sur le versant. Cette situation qui a été aggravée par le décapage par les orpailleurs au niveau du piedmont (voir figure 3) qui a abouti à un glissement de terrain, éboulement et sédimentation en aval.

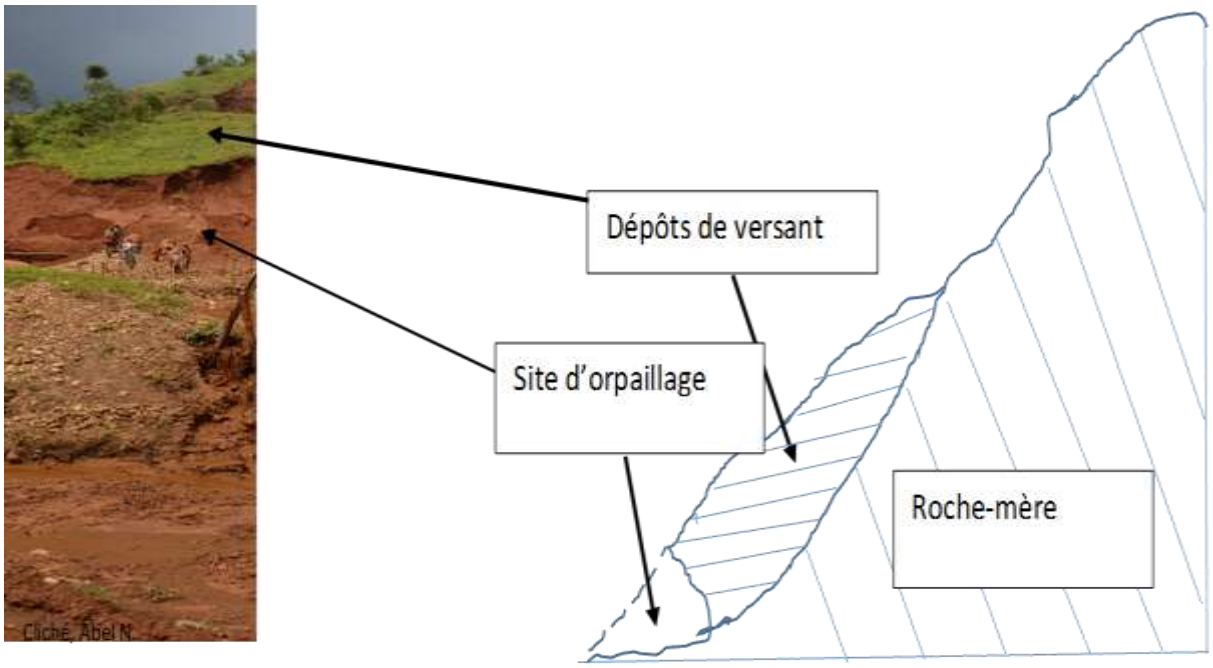


Figure 3: Décapage du piedmont par les orpailleurs à Gafumbegeti

Ces phénomènes ont eu lieu en date du 15 mars 2013, pendant qu'il pleuvait. En effet, la région avait reçu des averses successivement d'une hauteur de 32.8mm, 10.2mm, 25.1mm et 12.5mm respectivement les 09, le 13, le 14 et le 15 mars 2013. C'est donc la combinaison de l'action des orpailleurs et la pression hydrostatique issue de ces averses qui est à l'origine de tous les phénomènes observés sur ce site. Cela a occasionné le glissement, l'éboulement, le transport et la sédimentation de matériaux arrachés sur le site comme illustré sur les photos (Image1) ci-après :

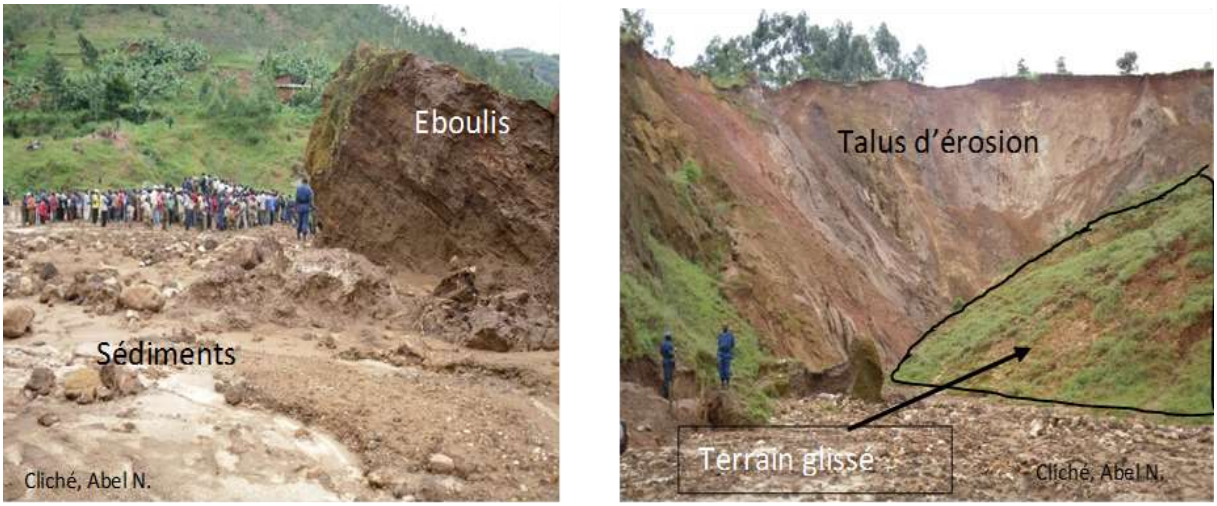


Image 1: Eboulement et glissement de terrain à Gafumbegeti

Les sédiments sont emportés par l'eau de ruissellement comme le montrent les photos (image 2) prises à une année d'intervalle. Il s'agit des matériaux arrachés sur le talus d'érosion et d'autres issus du glissement de terrain et des éboulis. Ce phénomène est bien visible sur le terrain étant donné que des points de repère avaient été fixés sur le périmètre du ravin un an avant.



Image 2: Sédimentation et reprise d'érosion à Gafumbegeti

D'autres cas de mouvements de masse suite à l'orpaillage sont fréquemment observés dans cette région. Ils détruisent les infrastructures comme les maisons et les routes ainsi que les cultures (voir image 3). Des multitudes de parcelles maraichères sont souvent ensevelies par les éboulements, d'autres englouties par les inondations. La même image (partie gouche) montre un talus frais après un glissement de terrain qui a emporté une bananeraie. En plus, il est clair que ce phénomène est continu vu qu'il y a des zones de cisaillement annonçant une prochaine rupture de terrain. Le déclenchement de ce mouvement de masse serait dû à l'orpaillage dont le site est situé en bas. L'équilibre a été rompu suite à l'appel au vide du matériau meuble.



Image 3: Eboulement et route menacée à Rugogo

L'image 3 (partie droite) illustre une situation dans laquelle une route (Route Nationale n°10) est ménacée de destruction à Rugogo. En effet, une fissure ouverte est visible sur cette photo. Elle se touve à 13 m de la RN 10. Cela a pour origine, un site d'orpaillage en bas.

Au niveau des marais, le sapement des cours d'eau par les orpailleurs désoriente leur tracé. Leurs lits changent d'une saison à une autre. Les berges sont souvent affouillées, l'écoulement emporte les terres excavées et la turbidité de l'eau s'accroît. L'image 4 illustre un cas d'exploitation dans le lit de la rivière Rugogo pendant la saison sèche. L'extraction de l'or se fait dans le lit mineur de la rivière. Ainsi, les orpailleurs ont détruit la berge droite et progressent vers le piedmont. La berge gauche n'est pas stable si on observe bien sur cette photo. L'eau de la rivière se charge en particules de terres excavées et en devient trouble. Les prochaines averses vont emporter tous ces tas de terre vers l'exutoire principal.

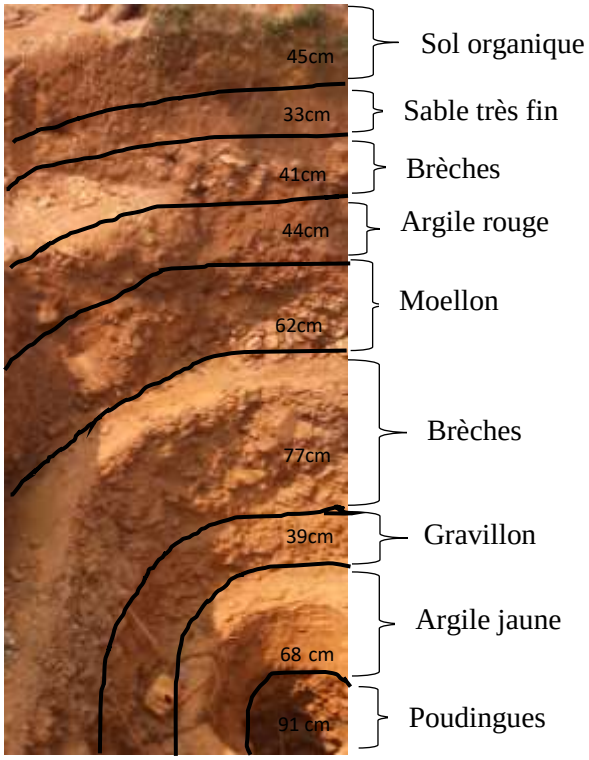


Image 4: Destruction du lit de la rivière Rugogo par l'orpaillage

Les conséquences de ce phénomène se manifestent vers l'aval par les inondations et les limites des parcelles qui deviennent invisibles, ce qui crée des conflits entre les propriétaires voisins.

III.5. La sédimentation en aval

Pour se rendre compte du niveau de la sédimentation, des profils pédologiques ont été ouverts et analysés à plusieurs endroits. On note une accumulation à plusieurs reprises, de terres arrachées sur les versants cultivés et exploités pour l'or. Cela se remarque par le nombre de couches stratigraphiques des profils pédologiques ainsi que leur texture ou composition (voir images 5 et 6). Le constat est que ces couches sont visiblement constituées de gros matériaux étrangers aux marais. C'est le cas des graviers, des moellons, des galets, des brèches, des poudingues, etc.



Sur le profil de l'image 5 d'une hauteur de 5 m, nous dénombrons 9 couches de sédiments de différentes compositions granulométriques.

L'horizon inférieur est constitué de poudingues qui sont des cailloux arrondis qui témoignent d'un long parcours avant de s'entasser dans la vallée. Ensuite vient une couche d'argile jaune suivie de gravillons.

La couche suivante est faite de brèches qui sont des pierres anguleuses relativement grandes. La couche suivante est constituée d'un mélange de moellons et de graviers.

La couche qui suit est faite d'argile rouge. Après celle-ci, vient une autre couche formée par des brèches suivies par une autre sablonneuse. Enfin, la couche supérieure est formé par un sol organique mélangé avec des limons et du sable.

Image 5: Profil pédologique marquant la stratification des sédiments



Le profil ci-contre (image 6) montre trois grands ensembles de strates distinctes. Elles témoignent un phénomène de dépôt des alluvions dans des périodes différentes.

De bas en haut, nous avons les anciens sédiments composés de galets, de moellons, de graviers et de sables. La couche suivante est essentiellement formée de sable fin avec un mélange de particules ressemblant à de l'oxyde de fer. La couche supérieure est formée de limons et de sable, ainsi que de particules organiques visibles sur terrain.

Image 6: Profil pédologique à couches massives

III.6. Turbidité des eaux des rivières et leur pollution par les éléments traces métalliques

L'augmentation des matières en suspension empêche en effet, les rayons solaires à pénétrer en profondeur, ce qui entraine aussi la diminution du taux d'oxygénation. Certaines espèces chlorophylliennes et animales sont vouées ainsi à la disparition (Roufaï, 1994). Le tableau 6 ci-après donne les résultats des mesures du volume de matières en suspension prises sur les exutoires des bassins versants soumis à un orpaillage intensif.

Tableau 5: Résultats de mesures de la turbidité de l'eau des rivières

Turbidité de l'eau	Echantillons d'eau des rivières (EER)		
	Rugogo : EER1 (mg/l)	Rutorero : EER2 (mg/l)	Rubaba : EER3 (mg/l)
Sans apport de matériaux par l'érosion	641	397	302,6
	Rugogo : EER4 (mg/l)	Rutorero : EER5 (mg/l)	Rubaba : EER6 (mg/l)
Avec apport de matériaux par l'érosion	1032,7	711,09	917,81

Source : données de terrain

Le volume des matières en suspension montrent un haut degré de turbidité des rivières Rugogo, Rutorero et Rubaba, même sans apport de boues par l'érosion. Cela s'explique par l'orpaillage

au niveau de leur lit (ex. voir image 4) ou des eaux issues du lavage lors de la séparation de l'or avec les autres particules de terre. Les échantillons EER1, EER2 et EER3 ont été pris pendant une période durant laquelle il ne pleuvait pas. Les échantillons EER4, EER5 et EER6 ont été pris après une pluie de 81,8 mm le 5 juin 2014 (voir annexe 4). Chargés de matériaux apportés par l'érosion, la concentration en matières en suspension est soit le double, soit le triple de celle observée sans influence de l'érosion.

CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS

Les résultats des analyses faites montrent que 45% des sites présentent un très fort risque de glissement de terrain. 65% des sites présentent un grand risque d'éboulement. 40% des sites présentent un grand risque de sédimentation dans les bas-fonds. 15% des sites présentent un trop grand risque d'érosion au niveau des lits des cours d'eau. Enfin, 75% des sites présentent un grand risque de provoquer la turbidité d'eau des rivières.

Le volume des terres excavées sur les 20 sites est estimé à 10 964,43 m3. La turbidité de l'eau des cours d'eau avoisine une moyenne de 446,86 mg/litre sans apport des matériaux par l'érosion; et 887,2 mg/litre avec apport de matériaux par l'érosion. 79% des orpailleurs ne connaissent pas les règles essentielles sur l'exploitation minière artisanale qui tient compte de la protection de l'environnement. La concentration des métaux lourds dans les eaux de lavage canalisés vers les exutoires principaux est excessive.

La dynamique de l'érosion des sols à Mabayi est causée par les mauvaises pratiques d'orpaillage sur un terrain physiquement vulnérable. C'est le cas notamment de la destruction de la couverture végétale, de l'ouverture des sites sur les fortes pentes, du sapement des berges et des lits des cours d'eau et du décapage des pieds des montagnes. Cela s'explique par le fait que les orpailleurs ignorent encore les règles essentielles en matière de prévention d'impacts environnementaux comme l'érosion. La formalisation des sites d'orpaillage et la certification des produits d'orpaillage ne sont pas effectives. Les sites d'orpaillage clandestin sont prédominants.

Recommandations

L'activé d'orpaillage est complexe quant à sa gestion visant à limiter les dégâts qu'elle cause à travers l'érosion des sols. L'or étant un métal très précieux et qui se vend très cher, l'orpailleur n'hésite pas à transgresser les lois et règlements établis par l'administration publique. Toutefois, la méthode collaborative entre l'administration et les artisans miniers peut aboutir à une atténuation de la dégradation des écosystèmes.

Les administratifs communaux doivent collaborer avec le ministère en charge des Mines et Carrières, mais aussi avec les orpailleurs. Il a été constaté que certains administratifs locaux s'arrogent le droit d'autoriser l'ouverture d'une mine alors que cela relève de la seule compétence du Ministère en charge des Mines. Pour pallier à cette situation, une sensibilisation sur règlement minier doit être menée à l'endroit des administratifs communaux. Ces derniers

doivent également veiller à ce qu'il n'y ait plus d'exploitations clandestines, et informer le ministère en charge des Mines et carrières en cas de transgression de la loi minière. Les orpailleurs doivent payer des taxes à la commune qui serviront à intervenir rapidement en cas de catastrophes liés à l'orpaillage.

L'office des Mines doit mettre en place des agents qui sont chargés d'accompagner les orpailleurs sur le terrain. Ils ont le rôle essentiel de leur montrer les zones de fortes minéralisations d'or pour éviter les tâtonnements qui portent atteinte à l'environnement. Ils doivent également leur sensibiliser au respect du règlement minier et les inciter à formaliser leur activité. Cela résoudra le problème de méconnaissances des règles essentielles sur un orpaillage respectueux de l'environnement constaté chez les orpailleurs.

Les effluents du lavage et traitement des minerais d'or sont pour cette étude, les rejets stériles et des eaux potentiellement chargées de boues et de matières toxiques notamment les métaux lourds. En effet, il a été noté que les orpailleurs de Mabayi tracent des canaux pour évacuer les eaux lors de la séparation de l'or et des terres de façon gravitaire. Les rejets stériles sont emportés par le ruissellement et finissent par s'accumuler dans les marais et dans les cours d'eau. Ainsi, pour atténuer ce phénomène, les orpailleurs devraient aménager des bassins de décantation pour éviter la pollution sur une grande zone. Ensuite, comme proposé par Roufaï (1994), le traitement des effluents devra se faire par neutralisation des acides, précipitation et sédimentation des métaux lourds et polissage des eaux. La végétalisation des bordures sera aussi nécessaire sur les monticules de terres excavées.

Pour ce qui concerne la protection des cours d'eau de la zone d'étude il est impératif d'arrêter l'exploitation de leurs lits. Cette pratique est par ailleurs prohibée par la loi. Il convient de végétaliser les berges en danger des cours d'eau pour les stabiliser. Selon Morgan et Rickson (1995, p166-179), la végétation plantée de part et d'autre des berges du cours d'eau ralentie l'écoulement et par conséquent, l'érosion verticale et latérale. Les racines des arbres plantés sur les berges d'un cours d'eau stabilisent le sol et évitent l'éboulement.

La réhabilitation des sites est obligatoire comme stipulée dans les textes de gestion de l'activité minière au Burundi. Cependant, elle n'est pas souvent faite surtout lorsque les orpailleurs ne tirent rien dans une mine. Pour faire face à cette situation, un fond pour la réhabilitation des sites alimenté par les orpailleurs et géré par la commune doit être crée. Il pourra donc être utilisé pour assurer cette réhabilitation. Il faut noter qu'actuellement, les frais de réhabilitation payés par

chaque orpailleur avant d'ouvrir un site part directement dans le trésor public via l'Office Burundaise des Recettes (OBR). Ils ne sont jamais utilisés pour réhabiliter les sites dégradés.

Un rôle antiérosif des ceintures forestières a été démontré par plusieurs auteurs notamment Sunderborg (1986), FAO (1992) et Gil (1986). Les ceintures forestières sont très efficaces lorsqu'elles sont plantées en lignes perpendiculaires au sens du ruissellement, le long des courbes de niveau. La reforestation dans la zone d'orpaillage nécessite d'être faite en haut des sites d'exploitation et sur les anciens sites. L'écoulement peut être dispersé et l'infiltration favorisée, de même que la reformation du sol organique.

En ce qui concerne les zones affectées par le ravinement, de simples techniques peuvent être préconisées pour les réhabiliter. L'étude faite par Roose (2000) sur le ravinement en Algérie a montré qu'il y a possibilité d'arrêter l'érosion sous forme de ravinement. La correction des ravines peut être faite simplement par la fixation de fascines successivement tous les 5 m avec du branchage. Les fascines sont entrelacées par des brindilles ou des débris végétaux. Elles constituent dès lors de petits barrages derrière lesquels s'accumulent de grandes quantités de terre.

Bibliographie

Brinckmann, B. Lehmann, U. Hein, A. Hohndorf, K. Mussallam, T. Weiser et F. timm. 2001. *La Géologie et la Minéralisation Primaire de l'Or de la chaîne Kibarienne, Nord-Ouest du Burundi, Afrique Orientale*. Hannover, 190 p.

Calamari, D., Naeve, H. (1994). *Revue de la pollution dans l'environnement aquatique africain,* Document Technique du CPCA. No. 25. Rome, FAO, 129p

Cazenave PiarroT F., 1979, *Atlas du Burundi, « les climats, morphologie et structure »*, planche Cibitoke.

Chaussier J.B., 1981. *Manuel du prospecteur minier*, Orléans, BGRM 273p.

Conférence Internationale sur la Région des Grands Lacs (CIRGL), 2006, *protocole sur la lutte contre l'exploitation illégale des ressources naturelles*, Naïrobi

Direction Générale de la Géologie et des Mines (DGGM), 1984. *Monographie de Cibitoke*, Ministère des Mines et Travaux Publics, Bujumbura, Burundi.

Di Benedetto, 1997. *Méthodes spectrométriques de caractérisation des métaux lourds*, Ecole des Mines Ste Etienne, Paris, Centre SPIN, 49p.

Didier C., 2006. *Guide d'élaboration des plans de prévention des risques miniers*, Rapport d'études, DRS-06-51198/R01, Paris, France. 139p.

FAO, 1992. *Manuel de terrain pour l'aménagement des bassins versants: techniques de traitement des pentes,* Cahier, FAO, 158p.

Francart, R., 1972. *Carte des sols et de la végétation du Burundi,* planchette Gitega, ISABU.

Gil, N., 1986. *Aménagement des bassins versants, conservation des sols et des eaux*, FAO, 205p.

Institut Belge de Gestion de l'Environnement (IBGE), 2005. *Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface* : Cadre général, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, Fiche 2. www.fiche_eau_02_FR.pdf , consulté le 12 décembre 2014.

International Council for Mines and Metal (ICMM), 2004. *Guide de bonnes pratiques : exploitation minière et biodiversité,* www.icmm.com/page/39796/mining-and-biodiversity-good-practice-guidance-frenchICM0025.GPG_French08lo , pdf. Consulté le 07 novembre 2014.

Institut Géographique du Burundi (IGEBU), 1983. *Carte géologique au 1/50000 ème*, Gitega.

Institut Géographique du Burundi (IGEBU), 2013. *Archives météorologiques*, Rapports internes, Gitega.

J.Maherou, S. Norest & L.ferrer, 2013. *Les métaux lourds : quels risques pour la santé ?,* Association Santé Environnement France. www.asef-asso.fr/problematiques-emergentes/nos-syntheses/1535-les-metaux-lourds-quels-risques-pour-la-sante-la-synthese-de-asef consulté le 14 décembre 2014.

Kurt G. Steiner, 1996. *Causes de la dégradation des sols et approches pour la promotion d'une utilisation durable des sols,* Escoborne, Malgraf Verlag, 58p.

Le Bissonnais, Y., Thorette, J., Bardet, C. et Daroussin, J., 2002. *L'érosion hydrique des sols en France*. Orléans, INRA & IFEN, 105 p.

Lionel mabit, Marc R. Laverdiere, Claude Bernard, 2002. *Conséquences de l'érosion et environnement*, Département des sols et de génie agroalimentaire, Université Laval, Sainte-Foy (Québec), Canada G1K 7P4.

Lis F.J., 1984. *Prospection géochimique au Burundi*, projet de recherche minier; BDI/81/007.

Midende G., 2010. *Les exploitations minières artisanales du Burundi. L'Afrique des grands Lacs*. Annuaire 2009-2010. Bujumbura, 45-65.

Midende G. ,2009. *Étude sur les exploitations minières artisanales du Burundi*. inédit, mémoire à la demande de la Banque Mondiale, Bujumbura-Burundi, 80p.

Ministère de l'Énergie et des Mines, 2013.*Ordonnance Ministérielle n°760/540/770/1757 du 26/12/2013 fixant la contribution annuelle pour la réhabilitation des sites d'exploitation artisanale des minerais, des carrières ainsi que des comptoirs d'achat et de vente des minerais d'exploitation artisanale,* Bujumbura, Burundi

Ministère de l'Environnement de la France, 1987. *Mesures de préventions des mouvements de terrain,* Collection des Plans d'exposition aux risques, Documentation française, Paris, 529p.

Ministère de l'Intérieur, 2010. *Recensement Général de la Population et de l'Habitat de 2008*, Volume 3, Tome 8

Morgan R.P.C., 1995. *Slop stabilization and erosion control : A bioengineering approach*, London, Chapman & Hall, 274p.

Nahimana L. ,1988. *Métamorphisme, tectonique et magmatisme dans la chaine kibarienne du nord-ouest du Burundi*, Thèse de doctorat, inédite, Université Catholique de Louvain (Belgique), 258p.

Nations Unies, 2002. *Rapport du Sommet Mondial sur le Développement Durable tenu à Johannesburg*, Résolution 2, paragraphe 46.a), Publication n°F.02. p43.

Ndayiragije, G., 1980. *Recherches géomorphologiques sur les hautes terres et le plateau du Burundi central*, thèse de doctorat, Strasbourg, 276p

Nsabimana S., 1974. *Climats et sols du Burundi*, thèse de 3ème cycle, Université de Paris III, 200 pages

PNUE, 2012. *Évaluation environnementale post conflit en RDC*, Rapport PNUE, Nairobi, Kenya p122, www.unep.org/drcongo/ PDF. Consulté le 11 octobre 2014.

République du Burundi, 1976. *Décret-loi n°1/138 du 17 juillet 1976 portant Code Minier et Pétrolier du Burundi*, Bujumbura, Burundi.

République du Burundi, *1982. Décret n°100/130 du 14 décembre 1982 portant fixation des mesures d'exécution du Code Minier et Pétrolier du Burundi*, Bujumbura, Burundi.

République du Burundi, 2000. *Loi n° 1/010 du 30 juin 2000 portant Code de l'Environnement de la République du Burundi,* Bujumbura, Burundi.

République du Burundi, *2011. Décret n°100/284 du 14 novembre 2011 portant Réorganisation et Fonctionnement des Services du Ministère de l'Energie et des Mines*, Bujumbura, Burundi.

République du Burundi, 2011. *Loi n°1/13 du 9 août 2011 portant révision du Code Foncier de la République du Burundi,* Bujumbura, Burundi.

République du Burundi, 2013. *Code minier du Burundi. Loi n° 1/ 21 du 15 Octobre 2013 portant Code minier du Burundi*; Bujumbura, Burundi, 45p.

Riou G., 1990. *L'eau et les sols dans les géosystèmes tropicaux : système d'érosion hydrique* , Paris, Masson, 217p.

Roose E., 1974. *Conséquences hydrologiques des aménagements antiérosifs*. In XIIIème Journ.de l'Hydrologie, quest.3, rapp.10, 6 p.

Roose E., 1975. *Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest*, ORSTOM, Abidjan, 188p.

Roose E., 1977. *Érosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest, vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales*. Paris, O.R.S.T.O.M., 108 p.

Roose E., 1984. *Érosion et conservation des sols : place de la recherche française en régions tempérées et tropicales*. In : Livre jubilaire du cinquantenaire de l'Association française pour l'étude du sol. : 331-3.

Roose E. (1994). *Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES)*. FAO Soils Bulletin, vol. 70, Rome, 420 p.

Roose E., 2000. *Méthode d'étude du ravinement en Algérie*, Alger, O.R.S.T.O.M, 127p.

Rouet, I. (2009). *Caractérisation et éléments de quantification d'aléas naturels liés à l'évolution des versants dans les massifs ultrabasiques de Nouvelle-Calédonie*. Thèse de doctorat, Université de la Nouvelle-Calédonie, Nouméa, 218 p.

Roufaï M.C., 1994. *Exploitation minières et environnement, impacts, mesures de mitigation et de compensation : suggestion pour les pays de la CEDEAO*, Alexandrie, Mémoire, Université Senghor, 107p.

Ruhe, R.Y., 1969. *Quaternary landscapes in IOWA.* Iowa State univ. Press. Ame., IOWA, USA, 241p.

Sandborg, A., 1986. *Problèmes d'érosion, transport solides et sédimentation dans les bassins versants*, Publication de l'UNESCO, Paris, France, 161p.

Sindayigaya E., Van Cauwenbergh R., Robberecht H. and Deelstra H. 1994. *Copper, zinc, manganese, iron, lead, cadmium, mercury and arsenic in fish from Lake Tanganyika*, Burundi. Sci. Total. Environ., p.103-115.

Sundborg A., 1986. *Problèmes d'érosion, transport solides et sédimentation dans les bassins versants : Projets du 5.3 du programme hydrologique international*, Paris, UNESCO, 161p.

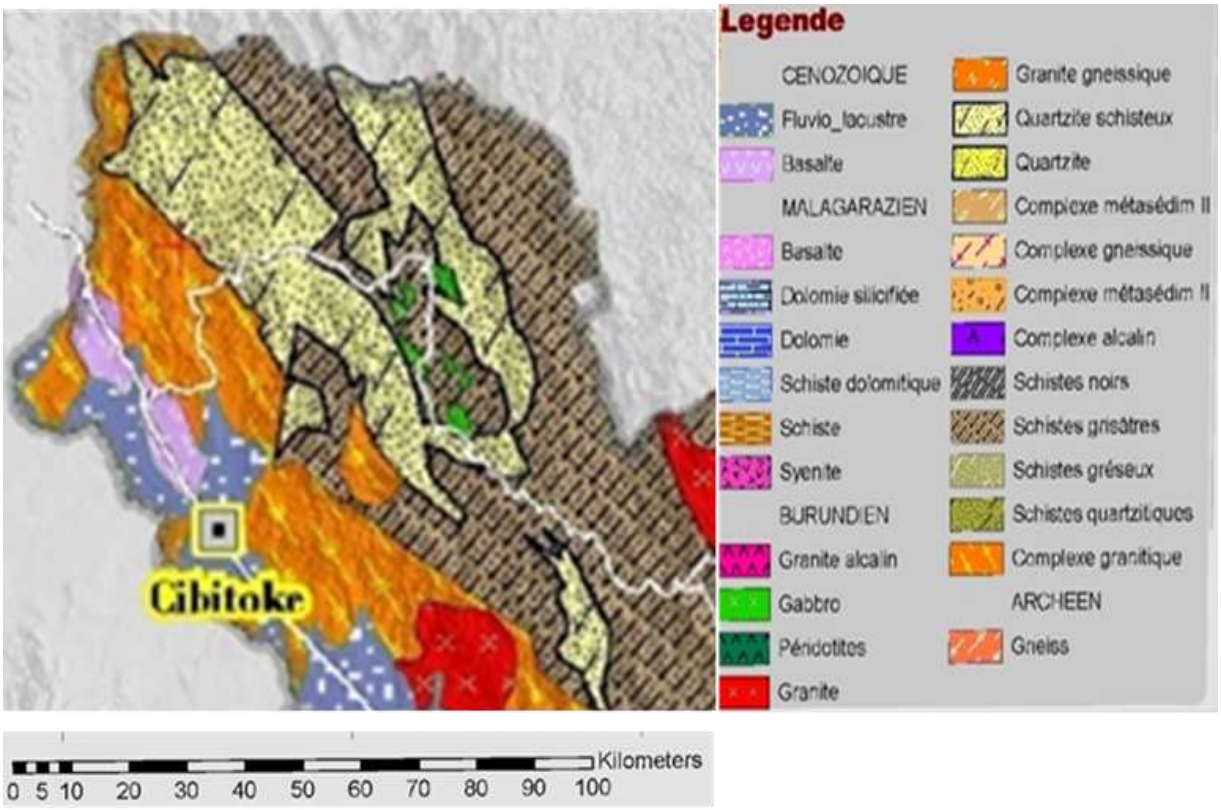
Tessens, E., 1991. *Classification des sols pour la carte pédologique du Burundi au 1/50000ème, Bujumbura*, ISABU, Publication no. 144, 36p.

Tessens, E., 1991. *Guide synoptique pour la carte pédologique semis détaillée du Burundi*, ISABU, Publication 164, 54p.

Tunhuma M., 2009. *Environmental Impact Assessment of Small Scale Resource Exploitation: the case of gold panning in Zhulube Catchment, Limpopo Basin, Zimbabwe*, UNESCO, WHO, UNEP London SE1 8HN, UK

ANNEXES

Annexe 1: Ensemble géologique de Cibitoke



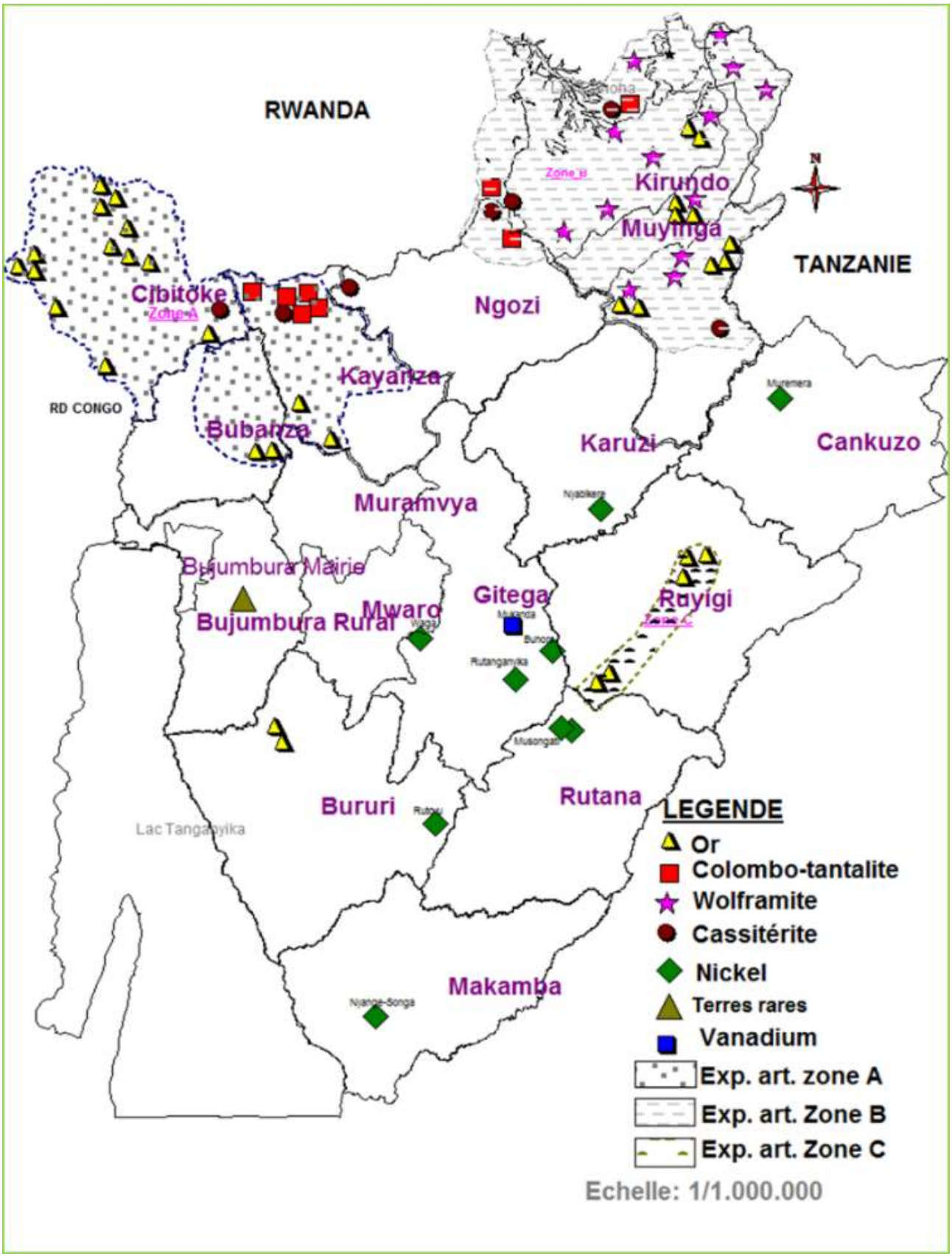
Source : Nahimana, 2007

Annexe 2: Précipitations annuelle et mensuelle de la Station Mabayi

Année	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Total annuel
1993	137,9	53,1	148,5	85,6	116,4	7,7	0,0	5,4	12,4	52,4	0,0	102,0	721,4
1994	146,9	181,9	204,5	198,7	53,3	6,2	0,6	26,5	26,8	186,4	151,4	257,5	1440,7
1995	143,3	115,7	99,8	179,4	84,2	62,9	0,0	0,0	3,8	98,7	126,7	173,3	1087,8
1996	134,2	185,4	212,5	24,9	20,5	2,0	0,0	16,8	51,9	61,7	112,9	180,1	1002,9
1997	129,6	180,3	257,3	243,4	91,2	9,6	0,0	0,2	3,4	176,3	226,5	315,6	1633,4
1998	321,8	92,6	202,0	275,5	76,1	0,0	0,0	13,3	2,4	169,6	73,0	100,5	1326,8
1999	199,2	91,2	214,1	144,5	22,9	0,0	0,0	43,4	54,7	29,2	102,3	165,6	1067,1
2000	92,1	0,0								102,4	271,1	263,5	729,1
2001	130,4	153,1	284,9	145,3	69,3	11,4	43,9	16,5	85,9	72,5	122,0	352,7	1487,9
2002	269,0	133,5	216,8	290,5	9,5	0,0	0,0	0,0	19,5	53,7	207,6	182,6	1382,7
2003	166,4	96,5	189,9	142,5	56,9	1,0	0,1	3,1	14,7	92,4	87,9	158,8	1010,2
2004	165,5	110,1	185,1	296,0	3,4	0,0	0,0	0,3	102,1	44,5	111,2	218,8	1237,0
2005	271,0	100,4	167,1	194,0	139,9	7,5	0,0	9,8	23,9	47,8	104,7	171,0	1237,1
2006	129,0	121,5	243,1	270,0	255,8	2,2	0,0	33,6	50,8	105,3	305,4	230,1	1746,8
2007	206,4	225,2	113,9	155,5	136,4	31,1	7,3	28,5	3,2	64,1	145,8	163,1	1280,5
2008	202,6			259,0		27,2	0,2	10,5	54,5	69,4	159,0	155,3	937,7
2009	140,5	128,6	163,2	177,1	67,3	8,5	0,0	0,0	67,0	58,7	207,4	229,2	1247,5
2010	151,6	108,4	296,7	112,9	62,1	10,2	0,0	0,0	10,0	110,7	180,3	282,6	1325,5
2011	274,6	68,4	244,2	135,3	71,7	4,3	0,0	0,0	78,1	103,8	247,2	179,8	1407,4
2012	184,0	145,4	166,4	205,1	181,1	27,0	0,0	22,6	71,2	97,4	127,5	180,9	1408,6
2013	150,1	112,3	191,2	203,9	57,7	0,0	0,0	8,8	42,7	159,9	150,1	480,2	1556,9
Moy.mensuelle	178,4	120,2	200,1	187,0	82,9	10,9	2,6	12,0	39,0	93,2	153,3	216,3	

Source : IGEBU

Annexe 3: Carte de localisation des exploitations minières artisanales et des minéralisations au Burundi



Source : Midende G., 2009

Annexe 3: Précipitations journalières durant la période du 1er mars 2013 au 30 juin 2014

Année	Mois\Date	01	02	3	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Total
2013	03	0	0	0	4,1	2,6	0	0	3,5	32,8	0	0	0	10,2	25,1	12,5	0	1,8	0	11,2	0	0	10	11,6	0	0	0	10	6,4	11,2	0	28,8	181,9
2013	04	17,9	29,8	0	0	11,2	20	7,9	0,5	1,2	0	0,4	5,8	7,6	0	20,2	21,1	6,2	11,9	10	0,6	0	0	10,3	4,6	5,1	0	0	0	10,2	2,1		204,7
2013	05	0	0	7,2	20,1	2,6	8,4	0	1,5	0,7	10,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,6	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	55,2
2013	06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
2013	07	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2013	08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29
2013	09	10,9	0	0	0	0	0	0	0	11,7	0	0	0	0	6,1	0	0	4,2	6,9	0	60,2	6,4	0	12,2	10,5	12	0	0	0	3,8	14,9		159,8
2013	10	0	0,3	6,1	1,6	14	0	0	0	0	0	4,5	0	0	4,5	17,1	0	0	0	0	0	0	0	19	0,1	0	0	0	0	0	37,2	0	104,4
2013	11	0	0	24	0	8,1	0	0	21	30,5	0	0	11,5	6,2	0	17	2,8	0	6,1	0	5,5	3,1	0	13,5	7,3	1,9	0	0	0	3,1	0		161,7
2013	12	0	10,6	17	6,7	40,9	5	28,5	0	8,7	0	0	5,8	0,7	0,6	10,2	21,3	22,4	3,6	0	0	5,5	0	0	0	0	7,2	5,6	0	0,9	5,2	0	206,4
Total annuel 2013																																	1103
2014	01	10,2	11,6	19	0	0	0	0	9,6	0	4,4	0	0	0	5,6	0,5	0	0	6	6,2	24,7	0	0	5,4	0	0	10	30,4	22,6	0	0	0	165,7
2014	02	10,2	9,9	36	2,1	10,6	0	12,9	0	0	64,3	0,5	0	0	4,2	0	0	0	0	0	0	0	0	7,2	6,2	0,3	10,6	9,2	29,6				214
2014	03	0	0	0	0	0	0	1,9	0	0	0	8,4	3,7	10,2	18,7	0	0	0	0	5,6	0,4	0	0	1,2	0	0	0	0	10,2	11,6	12,1	0	84
2014	04	0	11,6	13	0	0	12	6,3	0	0	0	0	0	0	14,4	0	6,4	15,2	19,6	0	10,1	4,3	0	0	0	5,4	0	0	0	0	0		118,8
2014	05	0	0	0	0	3	0	0	0	1,8	0,6	0	1,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,8
2014	06	0	0	0	0	81,8	0,6	8,4	0	0	0	0	2,4	0	0	0	0	10,8	0	2,5	1,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0		108,5
Total de la période																																	2904

Source : IGEBU