

# SOMMAIRE

---

REMERCIEMENTS

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ANNEXES

GLOSSAIRE DES MOTS CLES

INTRODUCTION

Chapitre I : GENERALITES SUR L'ECOSYSTEMIQUE

Chapitre II : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

Chapitre III : APPROCHE METHODOLOGIQUE

Chapitre IV : RESULTATS, INTERPRETATION ET DISCUSSION

CONCLUSION

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

## LISTE DES ACRONYMES

---

<b>Ha</b>	: Hectare
<b>HTG</b>	: Hors des transferts de gestion
<b>IFC</b>	: International Finance Corporation
<b>Kg</b>	: Kilogramme
<b>LU</b>	: Land-unit
<b>MNT</b>	: Modèle Numérique de Terrain
<b>PGES</b>	: Plan de Gestion Environnementale et Sociale
<b>PGRM</b>	: Programme de gestion des Ressources Minérales
<b>PIB</b>	: Produits Intérieurs Bruts
<b>RN</b>	: Route Nationale
<b>SIG</b>	: Système d'Information géographique
<b>SRI</b>	: Système de Riziculture Intensive
<b>t</b>	: tonnes
<b>TBE</b>	: Tableau de Bord Environnemental
<b>TG</b>	: Transfert de Gestion
<b>usi</b>	: Unité du Système International
<b>UTM</b>	: Universal Transverse Mercator
<b>VOI</b>	: Vondron'Olona Ifotony
<b>WGS</b>	: World Geodetic System
<b>ZB</b>	: Zone de bail

## LISTE DES FIGURES

---

Figure 1: Localisation de la zone d'étude .....	9
Figure 2: Carte géologique de l'aire de la mine .....	11
Figure 3: stratification de la zone d'étude suivant les land-units .....	17
Figure 4. Plan d'échantillonnage .....	20
Figure 5: Comparaison des surfaces totales cultivables et cultivées 2006 .....	33
Figure 6: Comparaison des surfaces totales cultivables et cultivées 2011 .....	38
Figure 7. Pourcentage de surfaces cultivées par rapport aux surfaces cultivables en 2011...	39
Figure 8: Carte des toposéquences de l'aire de la mine .....	42
Figure 9: Diagramme de répartition des types de terrains dans l'aire de la mine .....	43
Figure 10: Surface cultivée 2006 et surface cultivables 2006 selon la toposéquence .....	46
Figure 11: Proportion de surface cultivable et cultivée par rapport aux surfaces totales de l'aire de la mine .....	48
Figure 12: Surface cultivée 2011 et surface cultivables 2011 selon la toposéquence .....	49
Figure 13. Répartition des surfaces rizicoles selon les types de terrain .....	51
Figure 14. Diagramme des répartitions des cultures de Haricot selon le type de terrain .....	52
Figure 15. Diagramme de répartition des cultures de manioc selon les types de terrain .....	52
Figure 16: Surface rizicole effective 2006 .....	53
Figure 17: Surface rizicole potentielle 2011 .....	54
Figure 18. Surface rizicole effective 2011 .....	56
Figure 19. Diagramme des surfaces rizicoles potentielles 2011 .....	56
Figure 20. Proportion de surface rizicole effective par rapport aux surfaces rizicoles potentielles 2011 .....	57
Figure 21. Diagramme des surfaces effectives de haricot 2006 .....	58
Figure 22. Diagramme des surfaces potentielles de haricot 2011 .....	58
Figure 23. Proportion de surface potentielle de haricots par rapport à la surface effective ...	59
Figure 24. Diagramme des surfaces effectives de haricot 2011 .....	59
Figure 25 : Diagramme des surfaces effectives de haricot 2011 .....	60
Figure 26. Proportion de surface potentielle de haricots par rapport à la surface effective ...	61
Figure 27: Diagramme des surfaces effectives de manioc 2006 .....	61
Figure 28. Diagramme des surfaces potentielles de manioc en 2006 .....	62
Figure 29. Comparaison des surfaces cultivables et des surfaces cultivées de manioc 2006 .	62
Figure 30. Diagramme des surfaces effectives de manioc 2011 .....	63
Figure 31. Diagramme des surfaces potentielles de manioc 2011 .....	63
Figure 32. Proportion de surface potentielle de manioc par rapport à la surface effective ..	64
Figure 33: Comparaison temporelle des surfaces cultivées et des surfaces cultivables .....	65
Figure 34: Pourcentage de surfaces cultivées par rapport aux surfaces cultivables .....	66
Figure 35. Variation du rendement en fonction du type de terrain .....	68

## LISTE DES TABLEAUX

---

<i>Tableau 1: Détermination des land-units</i> .....	16
<i>Tableau 2. Caractéristiques des types de terrain</i> .....	25
<i>Tableau 3: Surfaces cultivables et cultivées dans les land-units en 2006</i> .....	34
<i>Tableau 4: tableau récapitulatif des surfaces cultivables et cultivées en 2011</i> .....	37
<i>Tableau 5. Tableau des coefficients de pondération des surfaces physiques</i> .....	44
<i>Tableau 6. Surface rizicole économique 2006 et 2011</i> .....	69
<i>Tableau 7. Surface économique de haricots 2006 et 2011</i> .....	70
<i>Tableau 8. Surface économique de maniocs 2006 et 2011</i> .....	70
<i>Tableau 9. Productions rizicoles 2006 et 2011</i> .....	71
<i>Tableau 10. Production de haricots 2006 et 2011</i> .....	72
<i>Tableau 11. Production de maniocs 2006 et 2011</i> .....	73
<i>Tableau 12. Résultats des tests de normalités et des tests de Kruskal walis</i> .....	76

## LISTE DES ANNEXES

---

ANNEXE I: LISTE DES VILLAGES DANS LES LAND-UNITS	III
ANNEXE II: LES VILLAGES ENQUETES DANS L' AIRE DE LA MINE	V
ANNEXE III. SURFACE RIZICOLE EFFECTIVEMENT UTILIEE EN 2006	VI
ANNEXE IV. SURFACE RIZICOLE POTENTIELLE 2006	VI
ANNEXE V. SURFACE RIZICOLE EFFECTIVE 2011	VII
ANNEXE VI. SURFACE RIZICOLE POTENTIELLE 2011	VII
ANNEXE VII. SURFACE EFFECTIVE DE HARICOTS2006	VIII
ANNEXE VIII. SURFACE POTENTIELLE DE HARICOTS2006	VIII
ANNEXE IX. SURFACE EFFECTIVE DE HARICOTS2011	IX
ANNEXE X. SURFACE POTENTIELLE DE HARICOTS2011	IX
ANNEXE XI. SURFACE EFFECTIVE DE MANIOCS 2006	X
ANNEXE XII : SURFACE POTENTIELLE DE MANIOCS 2006	X
ANNEXE XIII : SURFACE EFFECTIVE DE MANIOCS 2011	XI
ANNEXE XIV : SURFACE POTENTIELLE DE MANIOCS 2011	XI
ANNEXE XV : QUANTITE DE RIZ EFFECTIVEMENT PRODUITE EN 2006	XII
ANNEXE XVI : QUANTITE DE RIZ SUSCEPTIBLE D'ETRE PRODUITE EN 2006	XII
ANNEXE XVII : QUANTITE DE RIZ EFFECTIVEMENT PRODUITE EN 2011	XIII
ANNEXE XVIII : QUANTITE DE RIZ SUSCEPTIBLE D'ETRE PRODUITE EN 2011	XIII
ANNEXE XIX : QUANTITE DE HARICOTSSUSCEPTIBLE D'ETRE PRODUITE EN 2006	XIV
ANNEXE XX: QUANTITE DE HARICOTSEFFECTIVEMENT PRODUITE EN 2006	XIV
ANNEXE XXI : QUANTITE DE HARICOTSEFFECTIVEMENT PRODUITE EN 2011	XV
ANNEXE XXII : QUANTITE DE HARICOTSSUSCEPTIBLE D'ETRE PRODUITE EN 2011	XV
ANNEXE XXIII : QUANTITE DE MANIOCS EFFECTIVEMENT PRODUITE EN 2006	XVI
ANNEXE XXIV : QUANTITE DE MANIOCS SUSCEPTIBLE D'ETRE PRODUITE EN 2006	XVI
ANNEXE XXV : QUANTITE DE MANIOCS EFFECTIVEMENT PRODUITE EN 2011	XVII
ANNEXE XXVI : QUANTITE DE MANIOCS SUSCEPTIBLE D'ETRE PRODUITE EN 2011	XVII

## GLOSSAIRE DES MOTS CLES

---

**Ecosystème** : Un écosystème caractérise un milieu dans lequel les conditions physicochimiques sont relativement homogènes et permettent le développement d'un ensemble d'organismes vivants. Dans un milieu, les conditions climatiques (comme la température, le **rayonnement solaire**, l'humidité), géologiques (caractéristiques du sol) et hydrologiques (eaux souterraines par exemple) définissent un **biotope**, un lieu de vie qui permet le développement de certaines **espèces** végétales, animales et fongiques. [http://www.futura-sciences.com, consulté le 29 Novembre 2016]

**GAFF** : GAF AG est une société e-GEOS-Telespazio de renommée internationale en tant que fournisseur de service. GAF conçoit, gère et met en œuvre des projets et services dans le domaine de la géo-information, télédétection par satellite, et fait de la consultance en SIG pour des clients privés et publics.

**Géoréférencement**: Le géoréférencement d'une image fait correspondre à chaque pixel de cette dernière un couple de coordonnées géographiques (en degrés, en mètres...). Ce processus permet d'afficher l'image dans un contexte spatial. Les avantages sont une juxtaposition avec les autres couches de données occupant le même espace géographique, et la mesure sur l'écran de l'ordinateur de coordonnées, distances et surfaces réelles. [http://www.portailsig.org, consulté le 29 Novembre 2016]

**Mosaïquage**: La méthode de mosaïquage définit la façon dont l'image mosaïquée est créée à partir de ces rasters en entrée. [https://desktop.arcgis.com, consulté le 29 Novembre 2016]

**Orthophoto**: Une orthophotographie ou orthophoto est une photo aérienne verticale qui a fait l'objet après la prise de vue d'un traitement pour la rendre parfaitement superposable à une carte. [http://www.leuropevueduciel.com, consulté le 29 Novembre 2016]

**Rasterfile**: Données images où l'espace est divisé de manière régulière (en petits rectangles); à chaque petit rectangle (pixel) sont associées une ou plusieurs valeurs décrivant les caractéristiques de l'espace. Les données raster dans les SIG sont des matrices de cellules

discrètes qui représentent des objets, au-dessus ou en dessous de la surface de la Terre. [http://www.portailsig.org, consulté le 29 Novembre 2016]

**Service approvisionnement:** Services qui fournissent des biens dont les humains peuvent se nourrir, faire usage ou commercialiser pour répondre à leurs besoins en matière de santé, d'abri, de divertissement, etc.

**Shapefile:** communément appelé « fichier de formes » est un format de fichier issu du monde des systèmes d'informations géographiques (SIG). [https://fr.wikipedia.org, consulté le 29 Novembre 2016]

**SIG:** Un système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent

**Sondage aréolaire:** On appelle **sondage aréolaire** un sondage où l'unité d'échantillonnage est constituée par une fraction du territoire occupé par la population étudiée [http://fr-i.demopaedia.org, consulté le 29 Novembre 2016]

**Technique:** ensemble des procédés et des méthodes d'un art, d'un métier ou d'une industrie (Le Petit Larousse 1993)

**Toposequence :** type de terrain selon la géographie et le relief.

**Land-unit :** surface définie géographiquement sous un régime de gestion souvent sous la gouvernance d'une institution traditionnelle, publique ou privée (Roel 2015)

# **INTRODUCTION** [21]

Madagascar n'est pas un pays à économie minière, pourtant les industries extractives notamment les mines à ciel ouvert telles qu'Ambatovy, sont actuellement en pleine expansion dans la Grande Ile. Avec un investissement total de 8 milliards de dollar, l'extraction à ciel ouvert de nickel et de cobalt faite par la compagnie Ambatovy est un des plus grands projets miniers à Madagascar.

Le secteur extractif détient une part significative au développement économique des pays en voie de développement tel que Madagascar (World Bank Group, 2010). Selon Raminintsoaniavo, l'instauration des grandes mines telles qu'Ambatovy pèse sur le PIB d'une part et sur la création d'autre part.

Pourtant, il n'est pas à nier que les activités minières sont des facteurs de la dévastation de l'écosystème. Les problèmes environnementaux sont liés aux activités minières dans les zones forestières et entraînent des impacts négatifs significatifs du point de vue environnemental, social et économique (PGRM, GLW Conseil). Pour le cas d'Ambatovy, l'implantation de l'empreinte minière dans une matrice forestière de 2154,29 Ha aurait des impacts sur l'écosystème.

Face à cette perturbation de l'écosystème, la compagnie a comme engagement de suivre les normes de performance standard de l'IFC, ayant comme objectifs d'avoir une perte nette nulle en biodiversité et sur les services écosystémiques. Des études préliminaires sur la détermination des services écosystémiques prioritaire et sur la méthodologie d'évaluation de perte et gains en services écosystémiques ont déjà été établies par la compagnie. Cette nouvelle méthodologie tient compte de l'usage et de la potentialité des services écosystémiques. Parmi les services écosystémiques impactés par Ambatovy, les services approvisionnement notamment, les services crops figurent parmi les services prioritaires (Slootweg, 2015).

Le Système d'Information Géographique est actuellement utilisé dans plusieurs domaines. Dans les grandes mines telle qu'Ambatovy, on ne peut pas se passer du SIG durant la phase d'exploration comme durant la phase d'exploitation, vu l'ampleur de la surface considérée. Ainsi, dans notre étude, nous avons utilisé le SIG pour évaluer les services écosystémiques tels que les services crops.

D'où l'intitulé de notre étude « évaluation des services crops autour d'un site minier par Système d'Information Géographique ».

La présente étude a pour objectif d'évaluer les états de la potentialité de l'écosystème à produire des services « crops » ainsi que l'utilisation effective de ces services.

Dans le cadre de cette étude, la problématique est donc : « **Comment est l'usage des services crops par rapport aux potentialités que peut offrir la nature suite à l'implantation de la mine ?** »

Pour répondre à cette à ce problématique, trois hypothèses ont été avancées :

- Les surfaces effectivement utilisées sont inférieures aux surfaces potentiellement cultivables. Cette hypothèse est à vérifier pour les situations avant l'existence du projet (2006) et pendant les phases de production (2011).
- Les quantités des services crops effectivement produites sont inférieures aux quantités que l'on peut obtenir dans l'aire de la mine. Cette hypothèse sera vérifiée pour les deux situations précédentes.
- La quantité de services crops consommée dans l'aire de la mine est inférieure à la quantité qui indique le seuil de pauvreté.

Pour bien mener notre étude, l'ouvrage sera divisé en quatre chapitres. En première partie, des généralités sur les services écosystémiques seront décrites, la zone d'étude sera présentée dans le deuxième chapitre pour avoir une notion sur ses contextes géographiques, administratives et biophysiques. Au troisième chapitre, seront décrites les approches méthodologiques apportées dans la présente étude. Les résultats ainsi que ses interprétations suivies des discussions et recommandations seront présentés dans le dernier chapitre.

**CHAPITRE I**  
**GENERALITES SUR L'ECOSYSTEME**

## **Chapitre I      GENERALITES SUR L'ECOSYSTEME**

Pour avoir une bonne compréhension du sujet, des généralités sur l'écosystème méritent d'être décrites dans ce chapitre, en particulier on va voir ce que l'on appelle services écosystémiques. Quelques notions des connaissances sur l'écosystème, l'agriculture et la gestion du milieu sont requises. Les notions sur les techniques des trois principales cultures dans l'aire de la mine sont le riz, le haricot et le manioc, seront apportées. Des notions sur la politique de gestion des zones forestières seront également apportées. En effet, comme notre zone d'étude est comprise dans une matrice forestière, la politique de gestion de l'environnement peut avoir une influence sur notre étude. Seront ainsi citées dans ce chapitre les divers associations et parties prenantes qui interviennent dans gestion du milieu dans l'aire de la mine.

### **I.1. Services écosystémiques [1] [2] [3]**

Les services écosystémiques sont les services offerts par l'écosystème et que l'homme en tire bénéfice voire en dépend. En d'autres termes, les services écosystémiques sont les bienfaits que les hommes ou les animaux obtiennent de l'écosystème.

Ils peuvent être classés en quatre qui sont :

- Les services approvisionnement : services fournis par l'écosystème et dont la communauté utilise directement. Parmi les services d'approvisionnement, on peut citer l'alimentation, les fibres et l'eau
- Les services de régulation : bénéfiques acquises par l'homme par la régulation de l'écosystème. En effet, si l'écosystème est bien régulé, on peut tirer de l'écosystème de l'air pur, de l'eau pure, la pollinisation, ...
- Les services culturels : services non physiques que l'homme peut tirer de l'écosystème. Exemples : l'écotourisme, la religion
- Les services de support : formation des sols, recyclage des éléments nutritifs,...

### **I.2. Notions sur le système de gestion du milieu d'étude**

La mise en place de la mine Ambatovy a été suivie d'une nouvelle méthode de gestion forestière qui est constitué par la zone de bail, la zone de conservation et les transferts de gestion.

### **Zone de bail**

La zone de bail constitue un terrain domanial obtenu par l'intermédiaire d'un bail emphytéotique de la part de l'Etat Malagasy au profit du projet Ambatovy. Elle comprend la zone de conservation et l'empreinte minière. Cette zone est d'une grandeur de 75 000Kms<sup>2</sup>.

### **Zone de transfert de gestion**

Pour une bonne gestion des ressources forestières et pour une préservation de l'environnement, des VOI {vondron'olona ifotony) ont été instaurés autour des zones de conservation. La raison de l'instauration de ces VOI est de transférer aux communautés locales la gestion du milieu et des ressources naturelles qui leur sont autour. Ainsi, autour de la mine Ambatovy, le CIREF, en coopération avec Ambatovy ont mis en place six VOI à citer :

- Le VOI AAM
- Le VOI TARATRA
- Le VOI VELONAINA
- Le VOI TELOMIRA
- Le VOI EZAKA SY FANOSONA
- Le VOI MTI

### **I.3. Services crops**

Les services crops font partie des services d'approvisionnement. Ils rassemblent les bénéfices produits par le sol et que l'homme ou les cheptels consomment. En d'autres termes, les services crops se définissent comme les biens que l'homme ou les cheptels récoltent de l'écosystème. Parmi les services crops, on peut citer les alimentations et les pâturages.

### **I.4. Agriculture [4]**

Près de 75 % de la population malgache, estimée à 22,3 millions en 2013/14, habitent dans les zones rurales. L'agriculture contribue pour 28,3 % au PIB et emploie environ 70 % de la main-d'œuvre.

#### ***I.4.1. Potentialité agricole***

La connaissance de potentialités agricoles, de la région est une source indispensable pour le développement socio-économique, d'où la mise en exergue de la politique de gestion du secteur agricole.

La potentialité agricole ou la valeur agronomique potentielle d'une zone ou région est définie par deux facteurs, à savoir les milieux physiques: sols, pluviométrie, température, climat, relief et le deuxième facteur qui est l'être humain: système de production, cultures, infrastructures, socio-économique et l'occupation du sol.

#### ***1.4.2. Les principales cultures de la zone d'étude [4] [5] [6] [7] [8]***

##### ***Manioc***

Le manioc fait partie des principales plantes à racines amylacées cultivées dans le monde. Le manioc est un des principales cultures les plus pratiquées, après le riz, par les villageois. Selon les études antérieures faites par Savaivo, la culture de manioc est rarement pratiquée dans les terrains humides notamment les bas-fonds. Elle est favorable sur les terrains dépourvus d'humidité tels que les sommets de colline, et les versants.

##### ***Riz***

Le riz est la troisième céréale cultivée dans le monde après avec une production totale d'environ 414 millions de tonnes et la première céréale cultivée dans les pays en développement. La production de riz à Madagascar en 2013 a été estimée à 3,6 millions de tonnes. Le niveau de productivité mondiale de riz est de 2.7t/ha. Le cycle cultural du riz peut osciller de 70 à 205 jours en fonction des variétés. En fait, on distingue le riz pluvial qui a besoin d'au-moins 1000 mm de pluie par ans, dont le cycle cultural varie entre 80 et 140 jours et dont les rendements moyens vont de 500 à 800 kg/ha. Et les riz irrigués ou de plaine inondée, semés ou repiqués, qui dépendent essentiellement de la hauteur d'eau que les paysans contrôlent plus ou moins bien, les variétés utilisées ont un cycle qui oscille le plus souvent entre 160 et 200 jours et les rendements moyens vont: de 900 à 1200 kg/ha.

- **Haricot**

Le haricot (*Phaseolus vulgaris* L.) est une légumineuse plastique qui peut s'adapter à toutes les conditions écologiques de Madagascar. La culture de haricot peut se pratiquer en contre saison ou en pluviale. Le haricot présente l'avantage d'avoir un cycle cultural assez court variant de 3 à 4 mois selon les types, la culture de haricot peut ainsi se pratiquée plusieurs fois en une année. A Madagascar, leurs rendements varient de 1000 à 2000 t/ha.

### ***I.4.3. Technique culturale***

#### **I.4.3.1. Rotation de culture**

La rotation de culture est la succession de culture que l'on pratique dans un même champ année par année. La rotation de culture peut se faire pour deux familles des plantes différentes. En effet, compte tenu du cycle cultural des plantes qui n'est pas obligatoirement une année, on peut avoir plusieurs saisons de culture en une année. La rotation de culture doit se faire entre plante à tubercule et plante légumineuse car les plantes à tubercule notamment le manioc ont une capacité à rendre le sol moins compact dans le but pratiquer la culture de plante légumineuse. La rotation de culture peut également se faire entre les plantes légumineuses et les plantes à graines.

#### **I.4.3.2. Association de culture**

L'association de culture est une technique culturale permettant de pratiquer plusieurs types de cultures sur un même champ en une même période. Les associations de culture les plus fréquemment pratiquées sont le riz pluvial combiné au maïs, le haricot combiné au maïs.

### **I.5. Autosuffisance en riz [1]**

L'autosuffisance en riz est définie comme la quantité de riz produite par la population destinée à sa propre consommation. Une étude antérieure a affirmé que le niveau de consommation de riz blanc indiquant le seuil de pauvreté est de 135 kg/personne/an.

**CHAPITRE II**  
**PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

## **ChapitreII      PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE**

Pour mieux appréhender notre étude, il s'avère nécessaire de présenter la zone d'étude. Nous décrirons ainsi dans ce chapitre les contextes géographiques et administratives de la zone d'étude. Le contexte géologique sera également présenté pour mieux comprendre le type d'extraction minière dont nous sommes en train d'étudier ses impacts. Comme notre étude concerne l'évaluation des services agricoles qui sont fortement liés au climat, il s'avère nécessaire de présenter les contextes biophysiques notamment le climat, la pédologie, l'hydrographie et la morphologie de notre zone d'étude.

### **II.1. Contexte géographique et administrative [9]**

La zone d'étude appartient au gisement dit « Moramanga » car elle se trouve à 15km au Nord- Nord Est (N-NE) de cette ville, elle est située dans la partie forestière de l'Est de Madagascar, à 115km d'Antananarivo, sur la route Antananarivo menant à Toamasina (RN2). Elle se situe sur des crêtes à quelques kilomètres seulement du chemin de fer liant Antananarivo-Toamasina ou plus précisément l'axe nord reliant Moramanga - Lac Alaotra. Cette zone est appelée géographiquement Ambatovy et Analamay, ces derniers se trouvent environ à 15km à l'Est du village d'Ampitambe et au cœur d'une vaste forêt primaire humide. Ambatovy est localisé géographiquement, dans le système de projection Laborde, X=597076m et Y=804503m, par contre Analamay est localisé par X=599068m et Y=808485m dans le même système.

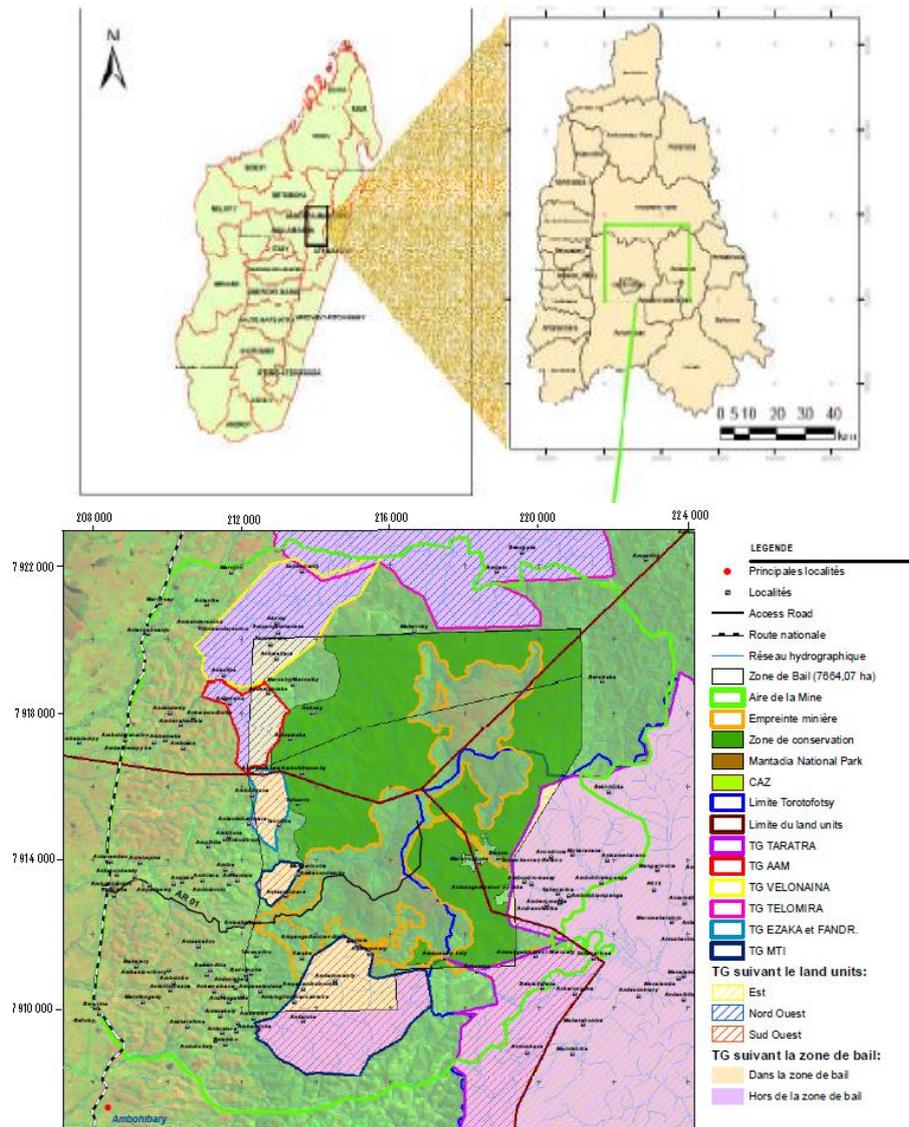


Figure 1: Localisation de la zone d'étude

## II.2. Contexte géologique [10]

Le sol est constitué de la formation appartenant au système de graphite. L'encaissante est formée essentiellement des migmatites de Mangoro à l'Ouest, des Migmatites, des gneiss à biotite, de sillimanite et des graphites à l'Est.

L'encaissant de ce massif est formé par une série migmatito-gneissique archéenne avec, par endroits, une granitisation plus poussée (migmatites, granitoïdes et granites). Cette série est affectée de plis isoclinaux d'axe N40 à déversement SE. Le complexe gabbro-syénitique est intrusif dans l'encaissant sans provoquer de variations sensibles des directions de couches ni

de transformation pétrographique (pas de métamorphisme de contact). L'allongement du massif est NW-SE, donc franchement discordant sur l'encaissant métamorphique.

La trame du massif est constituée par des gabbros formant une ellipse dont le grand axe mesure 9 à 10km, le petit axe 8km. Dans ces gabbros apparaissent :

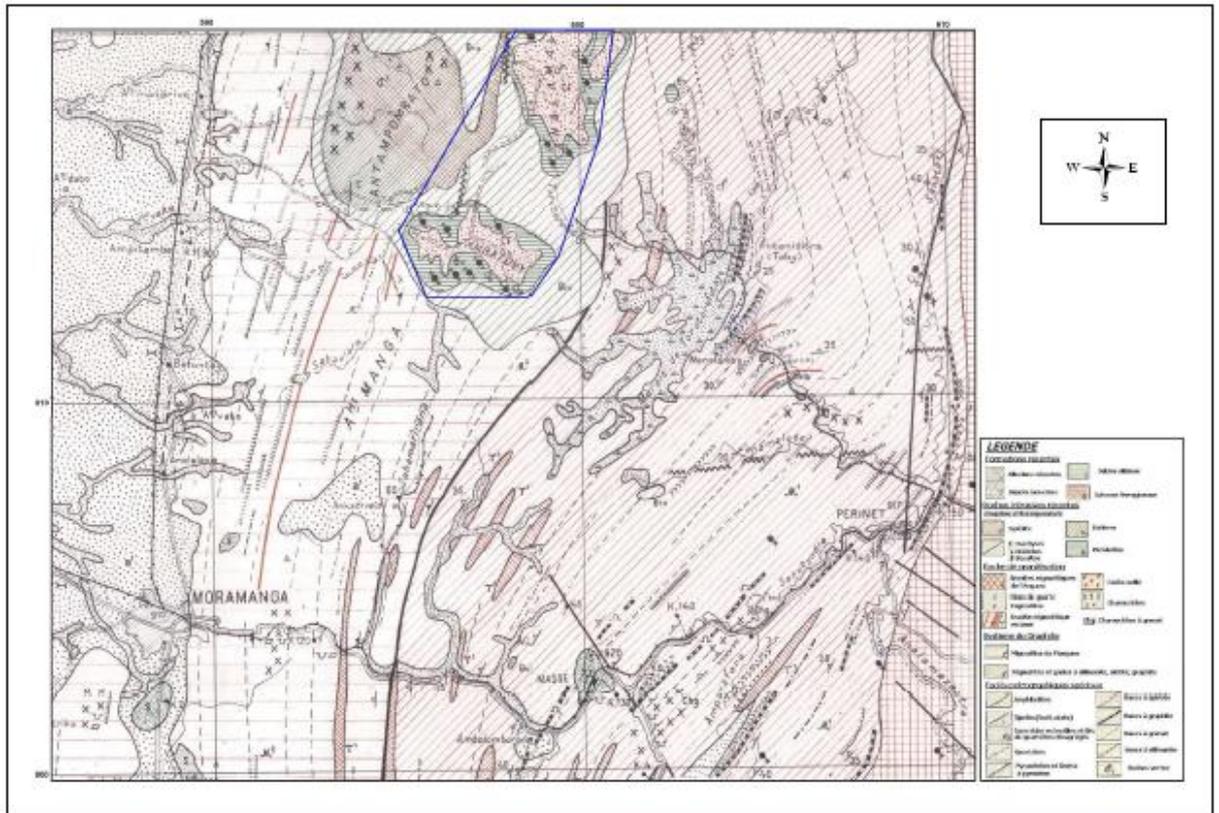
- à l'Ouest et au Nord-Ouest, un gros massif syénitique circulaire de 2,5km de diamètre, entouré de ring dykes de même nature ; les syénites sont de type calcoalcalin monzonitique. Il n'existe pas de faciès alcalin du type Ampasindava ;
- à l'Est et au Sud-Est, deux ensembles de péridotites et pyroxénolite, les secondes enveloppant les premières ;
- plus à l'Est, ensemble d'Analamay,
- plus au Sud-Est, ensemble d'Ambatovy.

La constitution de la région Moramanga se divise en deux grands ensembles à savoir :

- à l'Est, la série de Manampotsy supérieur est formée essentiellement de gneiss à biotite, pyroxène et de migmatite quartzite, avec banc important de graphite. Les directions tectoniques ont des valeurs de N45 Est au Sud qui passe à Nord-Sud et N10 Est à l'extrémité de la zone étudiée. Les pendages sont toujours l'Ouest et ne dépasse pas de 40°.
- à l'Ouest, la série de Mangoro ne contient pratiquement plus de graphite. Les faciès pétrographiques sont représentés par des migmatites à pyroxène, amphibole et biotite ; les granites et migmatites en lames sont beaucoup plus fréquents que dans la série du graphite.

Les directions tectoniques sont subméridiennes et les pendages toujours Ouest, ayant des valeurs plus élevées de l'ordre de 50 à 80°.

Clicours.COM



Source: Service de la géologie

Figure 2: Carte géologique de l'aire de la mine

### II.3.Contexte pédologique [11]

Quatre types de sol sont rencontrés dans le secteur de la mine

- Les sols à carapace ferrallitique : observés sur les plateaux topographiques possédant une couche de surface indurée. L'enracinement sur ces sols est difficile à cause de la toxicité suspecte de l'Aluminium et de la phytotoxicité du Nickel et du Cobalt.
- Les sols pisolitiques : relevés à des positions topographiques plus basses que les sols à carapace ferrallitique. Ce type peut contenir un éventail de concrétions et de cuirasses cassées, selon la position de pente et d'autres facteurs de formation du sol. Une couche d'argile enrichie peut souvent être observée sous l'horizon durci.
- Les sols ferrallitiques rouges/jaunes : trouvés aux bas des pentes. Ces sols ont moins de concrétions et ont été classifiés comme ultisols ou oxisols.
- Les sols organiques : repérés dans les dépressions. Ils se forment à partir d'une matière d'origine organique, ils sont acides et ont une faible saturation en base. Ces sols sont classifiés comme histosols.

#### **II.4.Contexte morphologique [10]**

Morphologiquement, le relief est presque uniforme et mamelonné. Le gisement d'Ambatovy- Analamay fait partie du massif d'Antampombato culminant à 1206m à l'Est de la plaine de Mangoro qui doit avoir une altitude moyenne de 800m. La dénivellation moyenne est de l'ordre de 300m entre un plateau très érodé qui est à l'Est et le fossé tectonique de l'Ouest. L'altitude de l'aire de la mine varie entre 899 et 1220m. Les régions de haute valeur de l'altitude coïncide avec l'empreinte minière alors que la partie Ouest (Ampitambe) est caractérisée par une altitude assez basse.

#### **II.5.Contexte hydrologique [11]**

L'aire de la mine se trouve dans une région sillonnée de cours d'eau et parsemée de lacs et d'étangs peu ou très profonds dont la présence et la fréquence traduisent celles des dépressions y afférant.

En effet, le gisement est situé le long du sommet de la crête d'Ambavalabe. Cette crête constitue une ligne de partage des eaux dans la région. La partie Ouest de la région de la mine se déverse dans le bassin versant de la rivière Mangoro. La partie Est fait partie des bassins versants des rivières Vohitra et Rianila. Près de la région d'Ambatovy, la rivière Mangoro coule vers le Sud avant de tourner vers l'Est et de se déverser dans l'Océan Indien. Les eaux de surface de la région de la mine qui s'écoule vers l'Est atteignent des affluents de la rivière Sahatandra puis la rivière Vohitra. Cette dernière coule vers l'Est et se joint à la rivière Rianila près de la côte Est de Madagascar avant de se jeter dans l'Océan Indien.

Les marais de Torotorofotsy, un site RAMSAR, se trouvent aussi dans le District de Moramanga et non loin du site Ambatovy-Analamay.

#### **II.6.Contexte climatique [1] [11]**

Ambatovy connaît un climat assez particulier, de par sa position et son environnement particulier. Le climat y est de type tropical humide d'altitude. Selon les données de 1997 à 2004, les températures relevées sur une base horaire au camp d'exploration ont varié de 7,6 à 3,1°C avec une température moyenne annuelle de 17°C. La précipitation moyenne annuelle au site de la mine est d'environ 1 700 mm dont près de 70 % surviennent entre décembre et mars. La vitesse moyenne annuelle du vent est de 6 km/h avec des vitesses horaires maximum de 48 km/h.

La zone est soumise à l'effet de Foehn : les falaises successives (de Betsimisaraka et de l'Angavo) situées à l'Est, font écran à l'Alizé qui y déverse sa masse d'eau et se dessèche au

fur et à mesure de sa progression à l'intérieur de la région et vers l'Ouest. C'est ce qui explique la présence de la forêt dense humide

### **II.7.Contexte socio-économique et sociodémographique [12] [13]**

Les activités économiques des populations sont diversifiées mais leur importance en termes de revenu varie suivant la zone. L'activité principale des ménages ruraux est l'agriculture (84,3 %) et à un moindre degré, l'administration et service – sécurité (10,6 %), l'élevage (1,3 %) et l'artisanat (1,1 %). En général, l'économie de la région est caractérisée par une économie de subsistance. Les produits agricoles, d'artisanat sont destinés à l'autoconsommation, c'est-à-dire pour honorer leurs besoins alimentaires quotidiens.

**CHAPITRE III**  
**APPROCHE METHODOLOGIQUE**

## **Chapitre III APPROCHES METHODOLOGIQUE**

Pour pouvoir produire des résultats, il est nécessaire de déterminer préalablement les méthodes d'acquisition des indicateurs qui permettent de vérifier les hypothèses. Nous décrirons dans ce chapitre les méthodes de traitement adoptées pour la vérification des trois hypothèses avancées. Puis déterminerons les méthodes d'acquisition des données notamment les méthodes d'échantillonnages, le taux d'échantillonnage, le nombre de villages enquêtés, etc. Il sera également précisé dans ce chapitre que presque la totalité des traitements des données est numérique, ainsi des détails sur ces modes de traitement numérique seront apportés dans ce chapitre en particulier le traitement par système d'information géographique qui est en partie la base de ce présent mémoire.

### **III.1. Etape préliminaire**

#### **III.1.1. Ebauche du plan de recherche**

Une fois le contexte de l'étude situé et le problème lié à l'étude évoqué, une ébauche du plan de recherche s'avère utile. Ce dernier nous a permis d'avancer les hypothèses de recherche et de déterminer ainsi chaque indicateur relatif à la vérification des hypothèses. Une généralité sur les méthodes de collecte et d'analyse des données a été avancée dans le but de mener à bien la recherche. Le chronogramme des activités a également été mené dans le plan de recherche pour mener les travaux à temps et pour une bonne organisation des activités.

En d'autres termes, le plan de recherche nous a servi de balise pour la conduite de la présente étude.

#### **III.1.2. Elaboration du plan d'échantillonnage [13]**

Compte tenu de la contrainte de temps, il a été impossible de faire une enquête exhaustive, nous avons alors procédé à un échantillonnage. L'échantillonnage est l'ensemble des opérations qui visent à prélever dans une population les individus devant constituer un échantillon. Ce dernier est constitué d'unités qui sont réellement observés. Il existe plusieurs méthodes d'échantillonnage mais l'objectif global est la représentativité de la population de départ.

Pour minimiser la durée de la descente sur terrain, l'enquête par questionnaire ainsi que l'observation des parcelles ont été réalisées simultanément. L'échantillonnage consiste en une stratification de la population suivant les land-units.

### ***III.1.2.1. Définitions des entités statistiques***

#### ***Population***

Comme le but de la descente sur terrain est la détermination des rendements dans la zone d'étude et dans la zone de référence, la population étudiée a été les surfaces cultivées dans la zone d'étude et dans la zone de référence.

#### ***Individu***

Les parcelles dans la zone d'étude et dans la zone de référence constituent les individus statistiques. Ils feront l'objet d'une enquête par l'intermédiaire de leur propriétaire.

### ***III.1.2.2. Méthode d'échantillonnage***

Comme nous cherchons à avoir une bonne représentativité spatiale de l'échantillon, nous avons procédé à un échantillonnage à sondage multiple. C'est une enquête par sondage probabiliste qui associe deux méthodes fondamentales d'échantillonnage probabiliste, à savoir le sondage aréolaire et le sondage à base de listes des villages dans les land-units. Aussi, l'échantillonnage a été comme suit :

#### ***III.1.2.2.1. Stratification de la population mère***

Le choix du type d'enquête à mener dépend du résultat attendu. Comme notre étude vise à déterminer la répartition de l'utilisation du service crops dans la zone d'étude d'une part et la répartition de ces principales cultures dans l'espace d'autre part, une stratification de la zone d'étude en land unit a été nécessaire. En d'autres termes, la stratification de la population (la zone d'étude) suivant les land-units a pour but d'avoir une bonne représentativité spatiale de l'échantillon d'une part et d'identifier les familles bénéficiaires des services crops d'autres part.

Les critères prises pour la délimitation des land-units sont les suivants :

- L'appartenance ou non de la zone considérée dans la zone de bail de la compagnie Ambatovy
- L'appartenance ou non de la zone considérée dans des zones de transfert de gestion

- L'appartenance sociale des villageois dans la zone considérée : la partie Nord-Est de l'aire de la mine est caractérisée par une population majoritairement Bezanozano, la partie Ouest est composée d'une population mixte (Bezanozano, Betsimisaraka et Merina), dans le Sud-Ouest la population Betsimisaraka est dominante.

Cette étude a évoqué l'existence de 9 land-unit dans l'aire de la mine.

*Tableau 1: Détermination des land-units*

	<b>Dans zone de bail</b>	<b>Dans TG</b>	<b>Hors TG</b>
<b>population Bezanozano majoritaire</b>	LU1	LU4	LU7
<b>population Betsimisaraka majoritaire</b>	LU2	LU5	LU8
<b>population mixte</b>	LU3	LU6	LU9

Les land-units 1, 4, 7 sont des zones telles que habitants dans leurs villages sont majoritairement des Bezanozano. Cette zone est dans la partie Nord-Ouest de l'aire de la mine. Les land-units 2, 5 et 8 sont dans la partie de la zone d'étude, les populations dans ces zones sont généralement des Betsimisaraka. Les land-units 3 et 6 sont dans la partie Sud-Est et on y rencontre à la fois des Bezanozano, des Betsimisaraka et des Merina..

La liste des villages dans ces land-units est illustrée en annexe.

La carte suivante illustre les diverses stratifications de l'aire de la mine suivant les land-units.

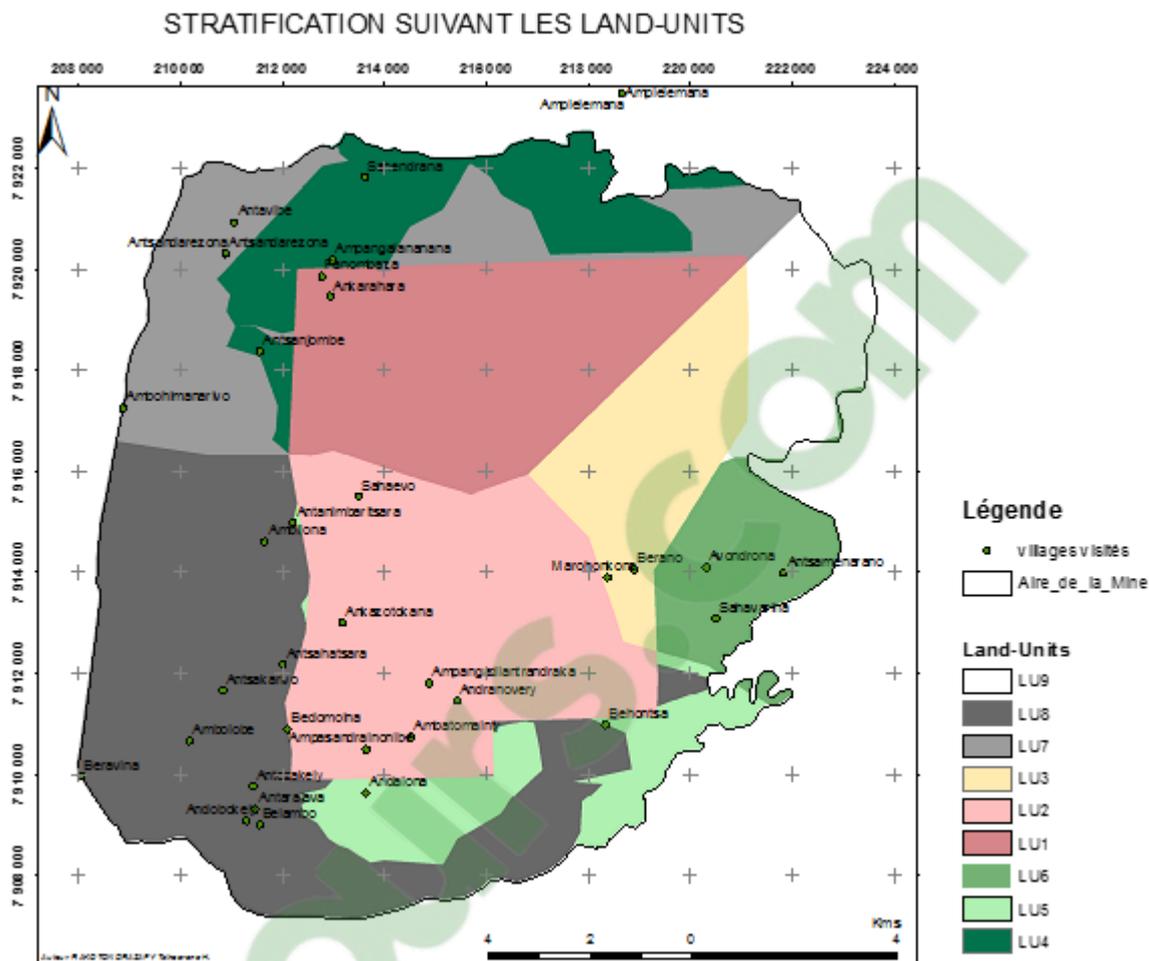


Figure 3: stratification de la zone d'étude suivant les land-units

### III.1.2.2.2. *Echantillonnage raisonnée des villages dans chaque strate :*

Le nombre de villages-échantillons dans chaque Land-Unit a été pondéré avec la superficie de terres cultivées dans chaque strate. A ce degré d'échantillonnage, nous avons entouré chaque village d'un cercle de 1Kms de diamètre puis nous avons calculé la superficie de terre cultivée dans chaque cercle. Cette opération s'est faite dans ArcMap

En d'autres termes, on a tracé dans cercles de 500mètres de rayon autour de tous les villages dans la zone d'étude puis les surfaces cultivées dans chaque cercle ont été calculées et classées dans l'ordre décroissant. Les villages choisis sont ceux qui correspondent aux cercles ayant les plus grandes étendues de terres cultivées. On a choisi cette méthode d'encerclement en considérant qu'il y plus de probabilité qu'une parcelle de culture comprise près d'un village appartient à un habitant du village considéré qu'à un habitant d'un autre village.

Les processus d'obtention des surfaces des terres cultivées dans les contours sont les suivants.

*a. Téléchargement, géoréférencement et mosaiquage de l'image google earth*

Comme données en entrée pour l'arrangement des villages selon les surfaces cultivées à leurs alentours, nous disposons de l'orthophoto de la zone d'étude. En effet, un téléchargement des images dans google earth a été fait. Pour avoir plus de visibilité sur l'image, il a été nécessaire de segmenter le téléchargement à un pas de 51.84seconde suivant longitude et 25.82seconde suivant la latitude en coordonnées WGS84. Les orthophotos téléchargées ont été géoréférencées un à un pour pouvoir élaborer une mosaïque d'images couvrant la zone d'étude.

Sur la mosaïque d'images nouvellement créée, les points GPS des villages dans l'aire de la mine ont été posés, puis les cercles tracés.

Le téléchargement a été fait avec Google Earth. Le géoréférencement ainsi que l'assemblage des images ont été établis dans ArcMap.

.

*b. Traçage ou digitalisation des parcelles cultivées et obtention des parcelles*

Les parcelles cultivées sont discernables dans l'orthophoto, il nous suffisait alors de numériser les limites visibles sous le logiciel ArcMap. En effet, ce processus nous a permis d'obtenir un fichier shapefile qui est reconnu par arcMap. Les surfaces des parcelles tracées sont calculées automatiquement par ArcMap.

Ces opérations dans ArcMap ont généré un tableau montrant la superficie de terres cultivées autour de chaque village de l'aire de la mine. Les villages ont ensuite été classés dans l'ordre décroissant suivant ces superficies. Les villages échantillons ont été choisis suivant deux critères :

- Ils sont habités ;
- Ils ont la plus grande étendue de surfaces cultivées.

**III.1.2.2.3. Echantillonnage aléatoire des ménages :**

Au niveau des village-échantillons, les ménages tirés ont été priés de nous conduire à leurs parcelles pour pouvoir faire des mesures exactes des surfaces des parcelles-échantillon. L'échantillonnage des parcelles s'est fait comme suit :

1. Stratification des parcelles des ménages échantillonnés selon les types de cultures.
2. Stratification des sous-strates selon les types de terrain (selon leur nomination).

Au niveau des ménages, une observation d'au moins une parcelle par type de culture selon le type de terrain a été faite. La méthode d'échantillonnage est illustrée par l'organigramme ci-après :

The logo for Clicours.COM, featuring the text "Clicours.COM" in a white, sans-serif font centered within a solid blue rectangular background.

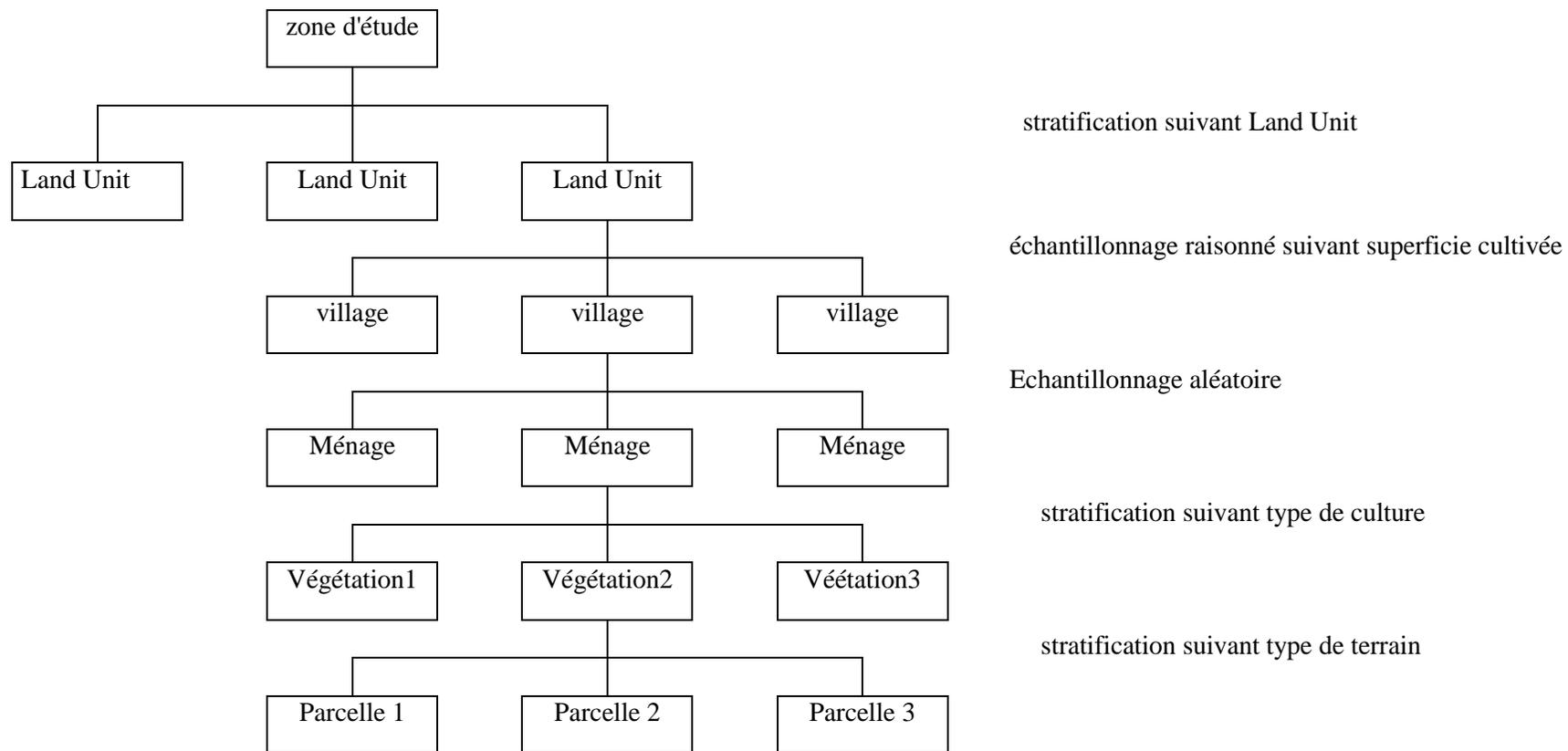


Figure 4. Plan d'échantillonnage

### **III.1.3. Ebauche des questionnaires**

Le questionnaire permet de vérifier la validité des hypothèses de départ. Il a été construit à partir des indicateurs retenus pour la vérification des hypothèses. En d'autres termes, les données collectées durant l'enquête par questionnaire doivent conduire à l'obtention des indicateurs.

Les informations collectées par questionnaire se sont focalisées sur la consommation en principales cultures par les répondants d'une part et le niveau de productivité des sols dans l'aire de la mine d'autres parts. Pour l'obtention des informations sur la consommation en service crops, des questions sur la fréquence de consommation de chaque service ainsi que la quantité consommée à chaque cuisson ont été posées. Quant aux données concernant le niveau de productivité du sol, une mesure directe des parcelles considérées a été faite suivie de questions sur la production et sur le type de végétation qui y ont été plantées l'année culturale précédente et dix ans avant. En effet, on a demandé la production agricole en 2015, en 2014 ainsi qu'en 2005.

## **III.2. Inventaire et collecte des données**

Cette section propose des orientations générales pour la collecte de données existantes, la création de données nouvelles.

### **III.2.1. Inventaire des données existantes**

L'inventaire des documents ou données exogènes est indispensable pour la réalisation de l'étude. Les données disponibles sont les suivants :

- BD 500
- Image de Google Earth
- Land cover 2006 et 2011: c'est un fichier en version shapefile réalisé par la GAF après traitement d'image satellitaire<sup>1</sup>. Cette donnée met en relief les occupations du sol et nous a ainsi permis d'obtenir les surfaces cultivables et les surfaces cultivées.
- MNT à 30 m de résolutions.

---

<sup>1</sup> Le principe de la classification d'image repose sur l'appariement des objets ayant les mêmes réponses spectrales.

### **III.2.2. Collecte des données sur terrain**

La collecte de données constitue un outil fondamental pour la conduite de l'étude. Dans le cadre de notre étude, la collecte s'est faite par descente sur terrain. Il s'agit d'une enquête par questionnaire et d'une mesure directe des superficies des parcelles.

#### **III.2.2.1. Enquête par questionnaire [14] [15] [16]**

L'enquête par questionnaire est un moyen pratique pour collecter des données. Elle consiste à poser une série de questions faisant l'objet de l'étude sur plusieurs répondants.

Les points forts de cette méthode se situent au fait que l'enquête par questionnaire constitue de loin l'une des méthodes les plus adaptées pour arriver à la fois à avoir des données uniformes, quantitatives, en un temps minimum qui permet de prélever des informations sur un nombre élevé d'individus. Elle reflète ainsi une représentativité élevée. L'enquête par questionnaire permet un traitement facile des informations collectées. Les observations ainsi que les informations préliminaires nous ont permis de formuler le questionnaire.

La méthode d'enquête par questionnaire contribue à confirmer ou à infirmer une hypothèse de départ sur la population donnée. L'inconvénient de cette méthode de collecte de données réside sur le non fiabilité des données. En effet, les réponses sont parfois superficielles.

L'enquête par questionnaire est utilisée lorsque les informations à recueillir sont des données quantitatives et que le nombre des répondants est représentatif d'une population.

Au total 96 ménages, réparties dans 33 villages autour de la mine ont été enquêtées. Ces nombre représentent 30 % des villages dans chaque land-unit.

La liste des villages enquêtés ainsi que le nombre ménage enquêtées dans chaque village sont illustrés en annexe.

#### **III.2.2.2. Mesure directe - Observation**

Une des données qui prend un poids considérable dans la présente étude est la productivité agricole du terrain, sa collecte nécessite une précaution. On ne peut pas se fier à l'enquête par questionnaire pour ce type de données car sa détermination exige la connaissance de la surface de la parcelle considérée qui sera biaisée si on se contente des simples estimations des agriculteurs. En effet, les villageois ont du mal à estimer les surfaces exactes de leurs parcelles. Les unités de mesures de surfaces utilisées par les villageois ne sont pas conformes aux unités SI. Durant le test des questionnaires par focus group, les villageois ont exprimé les surfaces en unité traditionnelles telles que le fafiny<sup>2</sup>. De plus ceux

---

<sup>2</sup> Une surface de 1 vata de fafiny correspond à une superficie de terrain tel que la quantité de riz qu'il faut semer sur le terrain considéré est de 1 vata

qui ont des notions des unités métriques de surface ont des difficultés à convertir les unités traditionnelles vers des unités métriques.

La mesure directe est une méthode de collecte de données qui consiste à visiter une parcelle de culture et à faire une observation directe de la végétation qui s'y trouve et du type de terrain. Le but de l'observation des parcelles est d'avoir la productivité des terrains.

Au total 328 694 m<sup>2</sup> de parcelle ont été observées dont 251 851 m<sup>2</sup> de surface rizicole, 24 217 m<sup>2</sup> de surface destinée à la plantation d'haricot et 47 456 m<sup>2</sup> de surface de manioc.

La liste des parcelles observées ainsi que leurs surfaces sont présentées en annexe.

### **III.3. Démarche de vérification des hypothèses**

#### **III.3.1. Hypothèse1. « Les surfaces effectivement utilisées sont inférieures aux surfaces cultivables »**

Cette démarche permet de mettre en exergue l'utilisation des surfaces par rapport aux surfaces que l'on peut cultiver dans l'aire de la mine. Elle comprend ainsi :

- La détermination des indicateurs de vérification de l'hypothèse
- Confrontation des surfaces exploitées et exploitables

##### ***III.3.1.1. Détermination des indicateurs***

Les indicateurs permettant de vérifier cette première hypothèse sont les surfaces effectivement utilisées et les surfaces que l'on peut encore utiliser. En effet, ces surfaces peuvent facilement être obtenues à partir de la carte d'occupation du sol mais le principal problème qui se pose sur leur détermination est la répartition spatiale des principales cultures que nous avons prises en considération. Ainsi, cette section se focalise surtout sur l'analyse spatiale de cette répartition.

Plusieurs démarches de traitement par SIG doivent être suivies pour arriver à la détermination des deux indicateurs à comparer qui sont les surfaces cultivables et les surfaces cultivées.

##### ***III.3.1.1.1. Utilisation du SIG dans l'analyse de la répartition des principales cultures [17][18]***

Les logiciels de Systèmes d'Information Géographiques (SIG) tel que l'ArcGis sont des logiciels de cartographie de plus en plus utilisés, car ils permettent une mise à jour simple des informations qu'ils contiennent et de travailler sur plusieurs échelles.

Les produits du SIG sont des outils d'aide à la décision tels que les cartes, les diagrammes et les tableaux.

Outre ces avantages pratiques, ils offrent surtout l'intérêt de pouvoir combiner simultanément des informations issues de plusieurs cartes thématiques différentes.

#### *III.3.1.1.1.1. Elaboration de la carte des toposéquences [18] [19]*

Depuis fort longtemps, les scientifiques se sont appuyés sur la toposéquence pour rendre compte de la variabilité du milieu physique. C'est aussi une réalité que de façon pragmatique, les villageois adaptent leurs activités, tout au moins leurs pratiques culturelles aux segments de la toposéquence.

En termes d'agriculture, la position sur la toposéquence influence à la fois la fertilité et le régime hydrique. Elle est en conséquence un facteur très discriminant des possibilités de systèmes de culture.

Etant données que type de culture varie suivant la toposéquence, nous avons mené notre étude en considérant la toposéquence. Ainsi, nous avons pris deux critères qui sont la pente et la courbure de terrain pour la détermination de la toposéquence.

Une étude sur la culture dans la région Alaotra-Mangoro a classé la toposéquence en trois :

- Les bas-fonds : ils sont caractérisés par une altitude faible par rapport à ses alentours et une faible pente. C'est un terrain concave vers le ciel.
- Les haut de sommet : ce sont des terrains convexes vers le ciel et se situant à une altitude plus élevée par rapport à ses alentours. Leurs pentes sont généralement faibles.
- Les versants : caractérisés par une pente relativement élevée. C'est une zone intermédiaire entre le bas-fond et le mi-versant.

En partant des définitions des types de terrains citées précédemment, nous avons pris les deux critères suivants pour déterminer la toposéquence dans l'aire de la mine :

#### *a) Elaboration de la carte des pentes*

La pente est une dérivée de l'élévation, elle s'obtient à partir de l'image MNT que nous disposons. Une étude de RANAIVOSON Laurent sur la potentialité agricole a classé les pentes en quatre :

- 0 à 3 % : très faible
- 3 à 12 % : faible

- 12 à 25 % .moyenne
- 25 % et plus : forte

b) *Elaboration de la carte des courbures*

La courbure est aussi une dérivée de l'élévation. Elle prend une valeur positive quand le terrain est convexe vers le ciel et négatif quand ce dernier est concave. Ainsi dans le cadre de notre étude, nous avons utilisé cette propriété de la courbure combinée à la pente pour déterminer la toposéquence dans la zone d'étude. Aussi, deux classes de valeurs des courbures ont été retenues pour réaliser la carte des pentes :

- La classe des courbures positives : convexe
- La classe des courbures négatives : concave

L'établissement de la carte des toposéquences se base sur le principe de superposition ou de croisement des deux cartes qui sont les cartes des pentes et la cartes de courbures. Le croisement de cartes par SIG consiste à superposer deux cartes thématiques différentes et à redécouper les surfaces cartographiées en zones homogènes plus petites selon leurs intersections. Nos deux cartes initiales possèdent chacune une légende comportant respectivement 4 et 2 types distincts (nous avons retenu 4 classes de valeurs des pentes et 2 classes des valeurs des courbures). Notre carte des toposéquences, issue de la carte des pentes et de la carte des courbures comportera alors 2 x 4 types de terrains.

Dans de nombreuses études sur l'agriculture, les valeurs des pentes sont généralement catégorisées en trois ; en effet, les pentes très faibles et faibles sont catégorisées dans une même classe. Nous avons ainsi 3 types de pentes soit 6 types de terrains. En constatant que dans le mi versant, c'est-à-dire dans sur les terrains à pentes fortes, l'influence de la courbure n'est pas observée sur le type de terrain ; en effet, dès que la pente est forte, on se trouve toujours dans un mi- versant que le terrain soit concave ou convexe vers le ciel, on a réuni les types de terrains « pentes forte-convexe » et « pente forte-concave » dans une même classe.

Finalement, cinq types de terrains ont été retenus pour la continuation de l'étude. Comparé au classement adopté la CIRAD, nous avons classé les versants en trois pour plus de précision. Ces cinq types de terrain sont les suivants :

*Tableau 2. Caractéristiques des types de terrain*

Type	Pente en %	Courbure
bas-fond	0 à 12	négative

bas-versant	12 à 25	négative
mi-versant	25 et plus	Positive et négative
Haut-versant	12 à 25	positive
somme	25 et plus	positive

### *III.3.1.1.1.2. Au niveau des échantillons*

#### *a) Insertion des parcelles-échantillons dans ArcMap*

Les données issues de la descente sur terrain ont été numérisées puis converties en fichier de forme pour être manipulable dans ArcMap. En effet, toutes les données correspondant à chaque parcelle ont également été importées dans ArcMap pour faciliter leur manipulation.

#### *b) Croisement de la carte des toposéquences avec la carte de végétation des échantillons*

En se basant toujours sur le croisement de deux cartes, on a pu déterminer la répartition des principales cultures suivant la toposéquence. En effet, les données attributaires des parcelles-échantillons nous ont permis de les catégoriser selon les types de végétation qui y sont plantées. Comme nous n'avons pris que trois type de végétations durant l'échantillonnage, au niveau des échantillons, la carte des végétations a été composée de trois classes : riz, haricot et manioc.

Vu que la carte des toposéquences comporte 5 types de terrains, la carte en sortie issu de la superposition des cartes de végétation et de toposéquence est ainsi composée de 15 classes.

Cependant, si le principe de base du croisement de carte semble simple, l'utilisation des résultats ainsi obtenus est souvent compliquée surtout si les deux cartes en entrée n'ont aucune liaison. En effet, ce type de traitement rend rapidement l'information cartographique totalement illisible, la légende de la carte d'intersection étant très volumineuse et les surfaces élémentaires très petites et de forme compliquée.

Durant ce type de traitement, l'information cartographique augmente de façon multiplicative, la carte devient ainsi très riche en information mais en contrepartie, elle est trop complexe et difficilement utilisable sous forme de carte. Il s'avère donc nécessaire d'extraire statistiquement de la base de données qui lui est associée l'information qu'elle contient. C'est-à-dire les données issues de la carte d'intersection ont été compilées sous forme de tableau.

La base de données informatique issue du croisement comporte en effet pour chaque surface élémentaire, un calcul de superficie, ainsi que les deux légendes correspondantes. On cumule alors les surfaces ayant les mêmes caractéristiques, pour toutes les 15 combinaisons possibles, afin d'obtenir un tableau des surfaces à double entrée, à 5 lignes et 3 colonnes.

#### *III.3.1.1.1.3. Justification statistique du choix de l'approche utilisée*

Le choix des deux paramètres (pente et courbure de terrain) déterminant la répartition des trois principales cultures ainsi que les valeurs définissant les classes que nous avons adoptées ont été justifiées par des tests statistiques. En effet, pour pouvoir continuer notre étude en utilisant les cinq types de terrain comme facteurs de variation spatiale des divers types de végétations (riz, haricot et manioc), un test statistique s'avère nécessaire. Comme nos variables sont des variables qualitatives, un test de khi 2 basé sur la détermination de corrélation entre les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence s'avère nécessaire. En effet, le tableau de contingence met en évidence les effectifs des trois principales cultures dans chaque type de terrain.

#### *III.3.1.1.1.4. Au niveau de la zone d'étude*

##### *III.3.1.1.1.4.1. Obtention des surfaces totale cultivables et cultivée*

Etant donné que nous avons la carte de l'occupation du sol, il nous a suffi de sélectionner les classes qui correspondent à notre étude pour l'obtention des surfaces cultivées et cultivables. Il est également à préciser que notre étude se base sur la comparaison des états des services crops entre deux dates, ainsi, chaque indicateur de vérification des hypothèses sera déterminé pour deux dates qui sont 2006 et 2011.

##### a) Les surfaces cultivées

Les surfaces cultivées étant toutes les zones effectivement occupées par l'agriculture. Elles ont été obtenues à partir de la carte d'occupation du sol établie par la GAF. Les classes retenues pour la détermination des surfaces effectives sont les suivantes :

- slash and burn: rassemble les classes ayant les mêmes réponses spectrales, notamment ceux qui sont de couleurs noires. En effet, les villageois font des brûlures de tanety dans le but de les cultiver
- Cultivated land : cette classe d'occupation du sol rassemble toutes les surfaces cultivées

En 2011, ces surfaces seront diminuées des zones de conservation et de l'empreinte minière.

b) Les surfaces cultivables

Les surfaces cultivables étant les surfaces que l'on peut cultiver. En effet, selon les itinéraires techniques de la Compagnie Ambatovy, les marais ainsi que les savanes autres que les savanes à Ericacées sont potentiellement cultivables. Ainsi, nous avons réuni ces deux dernières classes avec les surfaces cultivées pour obtenir les surfaces cultivables.

*III.3.1.1.1.4.2. Croisement de la carte des toposéquences avec les surfaces cultivables et cultivées*

Le croisement dans ce deuxième cas a pour objectif d'obtenir les surfaces cultivables et cultivées aux dates T0 et T1 selon la toposéquence. En effet, les superpositions ont été faites pour ne pas commettre d'erreur vu qu'il y a des surfaces faisant partie à la fois des surfaces cultivables et cultivées. Cependant, pour chaque croisement, les cartes en entrée (surfaces cultivables et cultivées respectivement aux dates T0 et T1) comportent chacune une seule classe. Les cartes issues de chaque superposition comportent alors chacune 5 classes. Le tableau en sortie issue de cette superposition évoque ainsi les surfaces effectivement utilisées et potentiellement cultivables aux dates T0 et T1 pour chaque série de toposéquences.

*III.3.1.1.1.5. Extrapolation des résultats issus des échantillons avec les surfaces totales cultivables et cultivées*

En utilisant les résultats obtenues issue du traitement des échantillons et de la zone d'étude entière, on peut tirer comment se répartissent les trois principales cultures dans l'espace en procédant à une extrapolation.

En effet, le tableau indiquant les surfaces de chaque principale culture selon la toposéquence a été converti en un tableau de proportion.

La proportion de surface occupée par la culture c au niveau du type de terrain t est :

$$p_{c/t} = \frac{S_{c/t}}{\sum_c S_{c/t}}$$

$S_{c/t}$  Indique la surface occupée par la culture c sur le type de terrain t

La proportion des surfaces occupée par chaque type de culture dans les échantillons a été multipliée par la surface de chaque type de terrain dans la zone d'étude.

$$S_{c/t} = p_{c/t} * S_t$$

### ***III.3.1.2. Confrontation des surfaces exploitées et exploitables***

La confrontation des surfaces effectives avec les surfaces potentielles sont fait en élaborant le diagramme des rapports des surfaces effectives par des surfaces potentielles. En effet, si ce rapport est inférieur à 1, la surface effective est à la surface potentielle.

### **III.3.2. Hypothèse 2 : « les quantités de principales cultures effectivement récoltées sont inférieures aux quantités potentielles que peut produire la nature »**

Cette section nous permet de mettre en exergue comment sont les usages des services crops, notamment les productions des trois principales cultures face aux potentialités que peut offrir la nature d'autres termes, nous essayerons de mettre en évidence, si elles existent, les différences entre les quantités de principales cultures réellement récoltées par la population riveraine et les quantités susceptibles d'être obtenues. Ainsi, les indicateurs permettant de vérifier cette hypothèse sont donc les productions effectives des trois principales cultures et les productions potentielles.

#### ***III.3.2.1. Obtention de des indicateurs : productions***

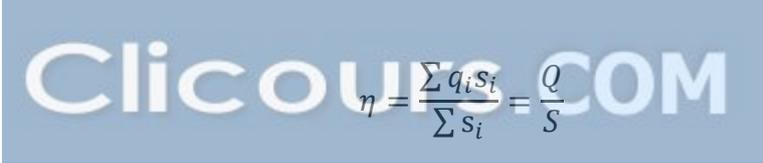
La production fait intervenir deux paramètres : la surface économique et la productivité du sol.

#### **La surfaces économique**

Compte tenu de la pratique culturale que l'on peut adapter dans l'aire de la mine ainsi que dans la zone de référence : possibilité de rotation de culture et possibilité de faire plusieurs saisons de culture en une année, la surface obtenue issu du traitement par SIG ne suffit pas pour la détermination de la production. La surface économique est définie comme la surface physique c'est-à-dire la surface issue du traitement par SIG multipliée par le nombre de saison de culture en une année.

#### **Le rendement**

Le rendement de production mesure le niveau de productivité du sol. Son évaluation s'est faite en utilisant la statistique descriptive. En effet, la statistique descriptive nous a permis de déterminer la productivité de chaque parcelle observée. Le rendement de production en une culture sur un champ est défini comme étant la quantité moyenne de récolte produite par unité de surface.


$$\eta = \frac{\sum q_i s_i}{\sum s_i} = \frac{Q}{S}$$

$s_i$  : une unité de surface constituant le champ i.e.  $s_1 = s_2 = s_3 = s_4 = \dots$

$q_i$ : la quantité produite par une  $s$

### **III.3.2.2. Confrontation des productions effectives et des productions potentielles**

Une fois les productions effectives et les productions potentielles obtenues, ces productions seront confrontées pour évaluer l'usage par rapport à la potentialité aux deux dates T0 et T1.

### **III.3.3. Hypothèse3 : « la consommation de riz dans l'aire de la mine est supérieure au seuil limite de pauvreté »**

Comme nous ne disposons pas de document fiable sur la norme de consommation de manioc et de haricot indiquant le seuil de pauvreté, nous avons étudié seulement la consommation de riz. Une comparaison de la consommation en riz dans chaque land-unit de l'aire de la mine avec la consommation minimale indiquant le seuil de pauvreté sera faite dans le but de tirer conclusion sur les land-units les plus démunis/vulnérables en terme de consommation de riz.

Cette section comprend ainsi un test de comparaison de moyenne des consommations de chaque land-units afin d'affirmer l'existence ou non de différence entre des quantités consommées dans les land-units.

#### ***Test de comparaison de moyenne***

Lors d'une comparaison de séries de données, une différence plus ou moins grande est toujours observée entre les paramètres étudiés. En effet, la différence observée peut être due seulement aux fluctuations d'échantillonnage. Elle peut également être réelle. C'est là qu'interviennent les tests statistiques. Ils ont pour but d'affirmer l'existence ou non de différence entre les populations considérées.

Les données collectées sur terrain n'étaient pas homogènes, en fait d'autres ménages ont donné leurs consommations journalières alors que d'autres ont donné leurs quantités de riz par cuisson avec leur fréquences de consommation journalière.

Durant la collecte de données sur terrain, on a pu obtenir pour chaque ménage la quantité de riz consommée par jour.

### **III.4. Contrainte et limite de l'étude**

- ✎ Cette contrainte temporelle a engendré un aspect limité du taux d'échantillonnage des villages ainsi que des ménages dans l'aire de la mine, objet d'enquête par questionnaire.
- ✎ La contrainte citée précédemment a également engendré une limite au niveau des surfaces observées.

### **III.5. Présentation des logiciels de traitement des données**

Tous les traitements des données sont assistés par ordinateurs. En effet, il y a des traitements très complexes voire impossibles pour être faits manuellement. Ainsi nous avons recours aux diverses applications déjà disponibles. Dans le cadre de notre étude, ci-après sont ces logiciels :

- Excel stat: est un logiciel destiné aux traitements statistiques des données. C'est une application complément d'Excel et développée par Microsoft. Dans cette étude, nous avons utilisé les versions 2008 d'Excel Stat.
- ArcGis : c'est un logiciel de traitement des informations géographiques. Il constitue le principal outil de la présente étude.
- Acces : c'est une application intégré dans le package de Microsoft office. Dans le cadre de notre étude, nous l'avons utilisé pour la gestion des bases de données, notamment, la mise en relation des tables générées par le logiciel ArcMap et les bases de données Excel obtenues sur terrain.

**CHAPITRE IV**  
**RESULTATS, INTERPRETATION ET**  
**RECOMMANDATION**

## **Chapitre IV      RESULTATS, INTERPRETATION, ET RECOMMANDATION**

Ce paragraphe met en exergue les résultats issus des traitements des données mentionnés dans le paragraphe précédent. Ainsi, les indicateurs de vérification de chaque hypothèse seront présentés dans ce paragraphe. En effet, pour la vérification de l'hypothèse1, les surfaces totales cultivées et cultivables en 2006 et en 2011 seront présentées pour affirmer comment était l'usage des services crops par rapport à la potentialité à ces deux dates. Pour plus de détail et de précision dans notre étude, ces surfaces seront subdivisées selon les principales cultures et les land-units. Quant à la vérification de l'hypothèse2, les productions effectivement récoltées et que l'on pourrait récolter en ces deux dates seront présentées une fois les rendements agricoles selon les types de terrain ainsi que les surfaces économiques soient obtenus. Enfin, pour la vérification de l'hypothèses3, les résultats des tests de comparaison de la moyenne des quantités de riz consommées seront présentés pour affirmer comment est la consommation en riz dans l'aire de la mine par rapport à la quantité indiquant le seuil limite de la pauvreté.

La présentation de chaque résultat sera suivi de leurs interprétations ainsi que des discussions y afférentes.

A la fin de ce chapitre seront apportées des recommandations issues de l'analyse des résultats.

### **IV.1.      Surfaces cultivables et surfaces cultivées**

Cette section se focalise sur la comparaison des surfaces cultivées et des surfaces cultivables dans l'aire de la mine. En effet, cette comparaison sera faite en considérant les types de terrain c'est-à-dire la toposéquence, et les principales cultures avant et durant l'implantation du projet. Ainsi, cette section sera subdivisée en trois : la comparaison des surfaces totales cultivables et cultivées sans considération de la toposéquence ni des principales cultures, la comparaison en tenant compte des types de terrain et la comparaison en tenant compte à la fois des types de terrain et des types de culture.

#### **IV.1.1. Surfaces totales cultivables et surfaces totales cultivées**

Dans cette section, nous présenterons les surfaces cultivables dans l'aire de la mine sans considérer les types de terrain et les principales cultures qui y sont plantées. En effet, ces indicateurs (surface cultivables et surface cultivées) seront déterminés dans chaque land-unit aux deux dates 2006 et 2011

#### ***IV.1.1.1. Avant l'existence du projet***

Avant l'implantation de la mine(2006) la surface effectivement utilisée par la population riveraine a été de l'ordre de 4 354 Ha soit 23.6 % de la superficie totale de la zone d'étude qui est 18 444 Ha.

Quant à la surface cultivable elle a été de 6 588 Ha, soit 37.7 % de l'aire de la mine. Une différence de 2 234 Ha, qui correspond aux surfaces de savanes et marais a été observée avant l'existence du projet.

Les surfaces effectivement utilisées représentaient en moyenne 65,99 % des surfaces cultivables avant l'implantation de la mine.

Les cartes suivantes illustrent les surfaces cultivables et les surfaces cultivées en 2006 et en 2011.

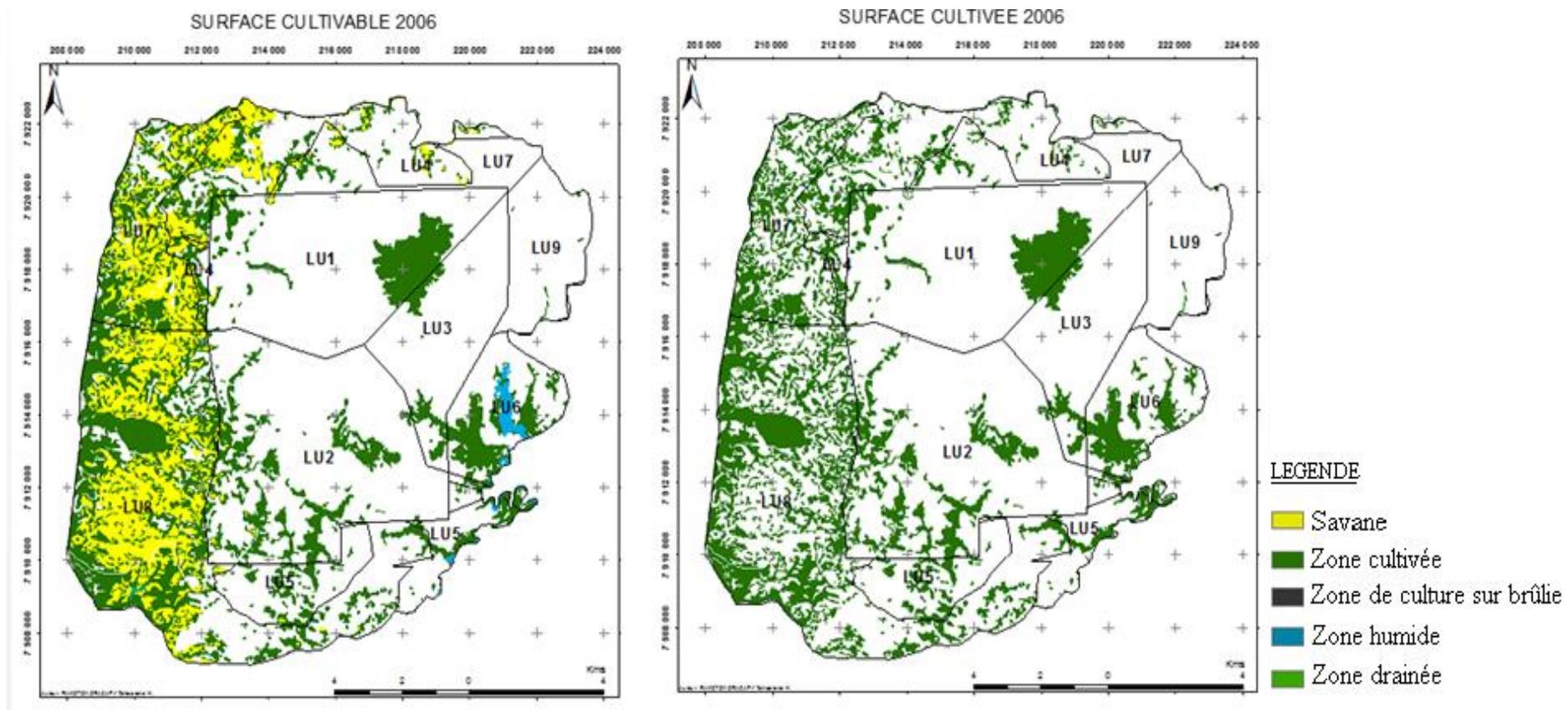


Figure 5: Comparaison des surfaces totales cultivables et cultivées 2006

La carte à gauche montre toutes les zones cultivables selon les itinéraires techniques du projet, celle à droite montre ceux qui ont été réellement utilisés par la population riveraine en 2006. Les zones colorées en jaunes sur la carte à gauche sont ceux qui sont considérées cultivables mais qui n'ont pas été cultivées. Ce sont en fait les savanes et marais. On peut affirmer que les zones cultivables sont composées des zones cultivées, des savanes et des marais.

Le tableau suivant illustre les surfaces cultivées et cultivables dans chaque land-unit.

*Tableau 3: Surfaces cultivables et cultivées dans les land-units en 2006*

	<b>Surface cultivée [Ha]</b>	<b>Surface cultivée par rapport aux surfaces des LU [%]</b>	<b>Surface cultivable [Ha]</b>	<b>Surface cultivable par rapport aux surfaces des LU [%]</b>	<b>Proportion de surface cultivée par surface cultivable [%]</b>
LU1	404	14,34	416	14,76	97,20
LU2	550	16,05	569	16,60	96,69
LU3	106	7,46	106	7,46	99,97
LU4	348	21,86	651	40,91	53,43
LU5	215	20,20	219	20,58	98,11
LU6	386	40,18	386	40,17	100,02
LU7	601	30,50	1156	58,67	51,99
LU8	1674	39,09	2993	69,88	55,93
LU9	6	0,71	6	0,71	99,93
<b>total</b>	<b>4291</b>	<b>23,26</b>	<b>6503</b>	<b>35,25</b>	<b>65,99</b>

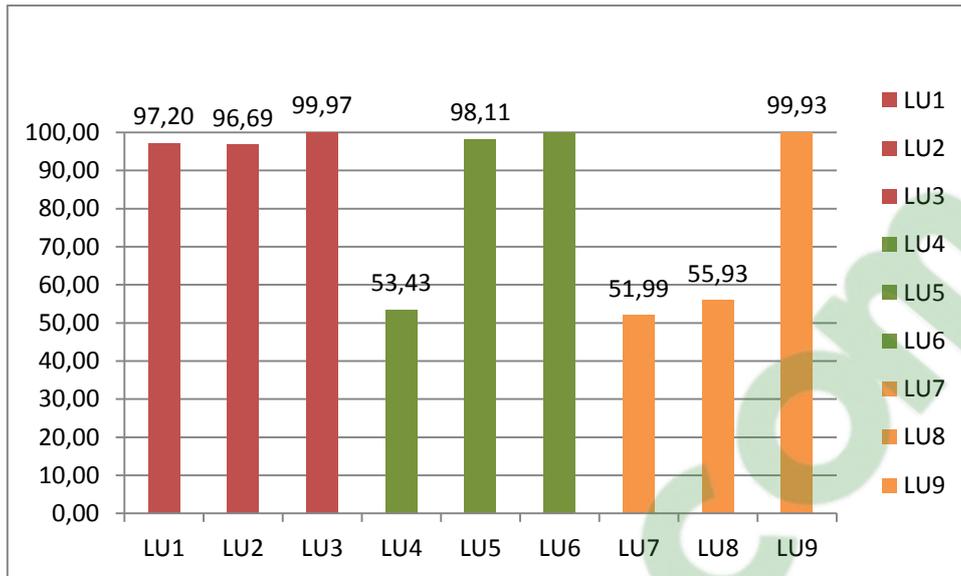


Figure : Pourcentage de surfaces cultivées par rapport aux surfaces cultivables en 2006

#### Dans la zone de bail

En 2006, la zone de bail a été marquée par des land-units peu cultivables mais fortement exploités. En effet, les surfaces cultivables dans ces zones représentaient seulement 14,23 % de la surface totale de la zone de bail tandis que les zones effectivement utilisées étaient 13,83 % de la surface de la zone de bail.

La zone de bail représentait 24,71 % des surfaces totales cultivables dans l'aire de la mine 16,77 % des surfaces totales cultivées dans l'aire de la mine.

La plus faible proportion de surface cultivable dans la zone de bail est observée dans le land-unit 3 qui n'est que de l'ordre de 7,46 % tandis que la plus élevée est celle de LU2 (16,60 %).

En moyenne, 97,20 % des surfaces cultivables ont déjà été exploitées avant l'existence du projet c'est-à-dire presque la totalité des zones exploitables a été utilisée.

Le rapport surface cultivable sur surface cultivée tourne autour de 96,69 % et 99,97 %.

#### Dans les zones de transfert de gestion

En 2006, les land-units dans les zones de transfert de gestion ont été plus cultivables que ceux dans la zone de bail. Les surfaces cultivables représentaient 34,72 % des zones de transfert de gestion. Etant connue que l'étendue totale des zones de transfert de gestion est de 3 618 Ha, 949 Ha ont été cultivées soit 26,23 %.

En termes de surfaces cultivables, l'étendus totales des surfaces cultivables dans les zones de transfert de gestion représentaient 19,32 % des surfaces totales cultivables de l'aire de la mine. Dans LU4 et LU6, les proportions de surface cultivable par rapport à leurs superficies

totales varient autour de 40 % alors que dans LU5, la surface cultivable ne représente que 20,58 % de la superficie totale.

Quant aux surfaces effectivement utilisées dans les zones de transfert de gestion, elles représentent 22,12 % des surfaces cultivées dans l'aire de la mine.

Les zones de transfert de gestions sont également marquées par des zones moins cultivées que la zone de bail. En effet, 75,55 % des zones cultivables sont utilisées par la population riveraine. Parmi les trois land-units des zones de transfert de gestion, LU4 est le moins cultivés ; sa superficie cultivée ne représente que 53,43 % de sa surface cultivable contre 98,11 % dans LU5 voire 100 % dans LU6.

#### *Dans les zones hors des transferts de gestion*

Les zones hors des transferts de gestion sont les zones les plus cultivables de l'aire de la mine. En effet, la proportion moyenne de terre cultivable par rapport à la surface totale des zones hors des transferts de gestion est de 58,01 %. Malgré cette forte proportion, il y a une mauvaise distribution des proportions de terres cultivables dans les zones hors des transferts de gestion. En effet, dans la partie Est de l'aire de la mine c'est-à-dire dans LU9, seulement 6 Ha qui représente 0,71 % de sa superficie est cultivable. Alors que dans LU8, cette proportion est de l'ordre de 69,88 %.

En 2006, les surfaces potentielles dans les zones de transfert de gestion représentaient plus de la moitié des surfaces totales cultivables dans l'aire de la mine (58,01 %). LU8 détient la plus grande étendue de terres cultivables dans l'aire de la mine 2993 Ha, puis vient LU7 avec une superficie de 1156 Ha.

Bien que les zones hors des transferts de gestion sont très cultivables, elles sont moins cultivées par aux autres land-units. En effet, seulement 54,90 % des surfaces cultivables sont cultivées. Dans LU9, totalité des surfaces cultivables est déjà utilisée. LU7 est le land-unit le moins cultivé de la zone d'étude, sa surface cultivée ne représente que 51,99 % de sa surface cultivable.

Même si les zones hors des transferts de gestion soient moins cultivées, la majorité de surfaces cultivées dans l'aire de la mine s'y trouve. En fait, parmi les 4 291 Ha de surface cultivées dans l'aire de la mine, 2 282 Ha sont incluses dans les zones de transfert de gestion soit 53,17 %.

#### IV.1.1.2. *Durant l'implantation de la mine*

Les données de l'occupation du sol ne nous ont pas permis de faire une évaluation de l'état des services crops à la date actuelle. La plus récente données d'occupation du sol couvrant notre zone d'étude est celle de 2011. Ainsi, nous avons pris cette date comme date  $t_1$ . En 2011, les surfaces totales cultivables ont été de 5636 Ha soit 30,55 % de la superficie totale de l'aire de la mine. Quant à la surface effectivement utilisée, elle représentait 18,32 % de l'aire de la mine soit 3379 Ha.

En moyenne les surfaces utilisées représentent 59,96 % des surfaces cultivables en 2011.

Les deux cartes qui suivent nous montrent cette la répartition des surfaces utilisées et utilisables dans chaque land-units en 2011 et sont récapitulées par le tableau ci-après.

Comme en 2006, la figure à gauche montre les zones susceptible d'être cultivées selon les itinéraires techniques du projet Ambatovy et celle à droite ceux qui sont réellement utilisées. Tout comme on a procédé pour le traitement du paragraphe précédent, les classes des terres de culture et zones de culture sur brûlis sont les classes prises comme zones cultivées et ceux cultivables sont ajoutées des classes des savanes et marais.

Tableau 4: *tableau récapitulatif des surfaces cultivables et cultivées en 2011*

	<b>Surface cultivée [Ha]</b>	<b>Surface cultivée par rapport aux surfaces des LU [%]</b>	<b>Surface cultivable [Ha]</b>	<b>Surface cultivable par rapport aux surfaces des LU [%]</b>	<b>Proportion de surface cultivée par surface cultivable [%]</b>
LU1	61	2,15 %	68	2,40 %	89,80
LU2	277	8,09 %	294	8,59 %	94,21
LU3	34	2,42 %	34	2,42 %	100,00
LU4	256	16,09 %	525	33,01 %	48,74
LU5	124	11,65 %	128	11,98 %	97,25
LU6	253	26,29 %	278	28,90 %	90,97
LU7	639	32,44 %	1198	60,80 %	53,35
LU8	1728	40,34 %	3104	72,48 %	55,66
LU9	7	0,76 %	7	0,76 %	100,00
<b>total</b>	<b>3379</b>	<b>18,32 %</b>	<b>5636</b>	<b>30,55 %</b>	<b>59,96</b>

Clicours.COM

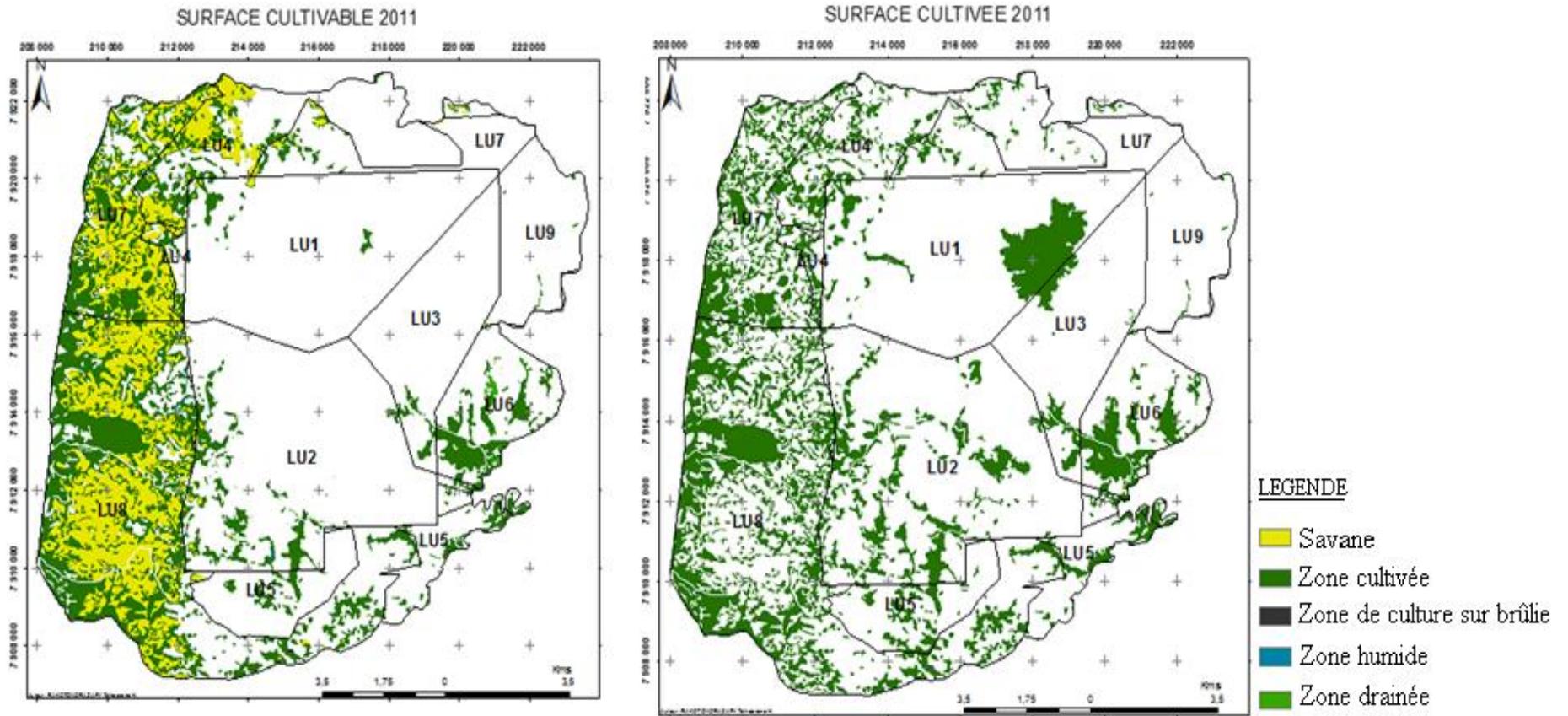


Figure 6: Comparaison des surfaces totales cultivables et cultivées 2011

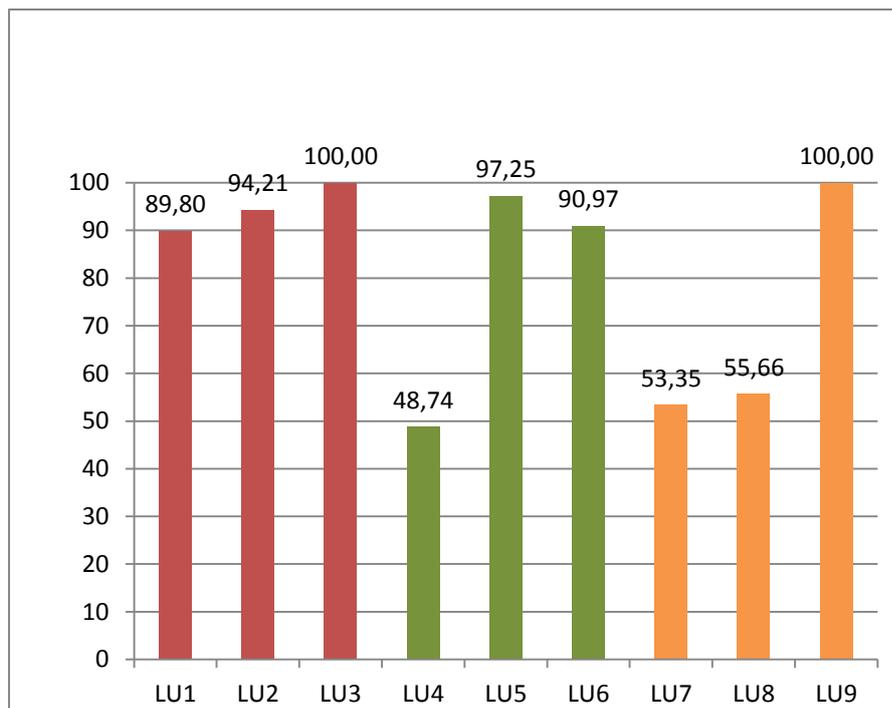


Figure 7. Pourcentage de surfaces cultivées par rapport aux surfaces cultivables en 2011

### Dans zone du bail

Tout comme en avant l'existence d projet, les land-units dans la zone du bail sont peu exploitables. Les surfaces cultivables dans la zone de bail représentent 7,03 % de la surface totale cultivable quant aux surfaces cultivée elles représentent 11,03 % de la surface totale cultivée dans l'aire de la mine. En effet, LU1, LU2 et LU3 sont marqués par des faibles superficies cultivables et cultivées. Les surfaces exploitables dans le LU3 par exemple ne représentent que 2.42 % de la surface totale de ce land-unit.

Ils sont également marqués par des surfaces exploitables en totalité cultivées. En moyenne, 93,95 % des surfaces cultivables dans la zone de bail ont été cultivées dans la zone de bail.

Parmi les land-units dans la zone du bail, c'est dans LU2 qu'on aperçoit le plus grand rapport de superficie cultivable par superficie totale, ce rapport est de l'ordre de 8,59 %. La proportion de surface cultivée par rapport aux surfaces cultivables dans ce même land-unit est de l'ordre de 94,21 %.

Quant à LU1, si sa surface totale est de 2 819 Ha, seulement 68 Ha est cultivable soit 2,40 % de sa superficie totale. Parmi ces 68 Ha de terre cultivable, 61 Ha est déjà exploitée soit 89,8 % de la superficie exploitable.

En moyenne, les surfaces effectivement cultivées dans la zone de bail représentent 93,94 % des surfaces cultivables.

### Dans les zones de transfert de gestion

Dans les zones de transfert de gestion, les surfaces cultivables représentent 16,51 % des surfaces totales cultivables dans l'aire de la mine. Ceux cultivées représentent 18,71 % des surfaces exploitées dans l'aire de la mine.

En moyenne, 68 % des surfaces cultivables dans ces land-units sont cultivées. Dans les land-units 5 et 6, plus de 90 % des surfaces cultivables sont cultivées alors que dans le LU4, l'étendue de zones cultivées ne dépasse pas la moitié de ceux cultivables : 48,74 %.

Comparés aux land-units dans la zone de bail, les trois land-units des zones de transfert de gestion sont plus cultivés. En effet, les surfaces cultivées dans ces land-units représentent 17,50 % de leur surface totale contre 4,85 % seulement pour les land-units dans la zone de bail. La proportion de surfaces cultivées dans ces land-units varie entre 11,65 et 28,29 %. Parmi ces trois land-unit de la zone de transfert de gestion, c'est LU6 qui est le plus cultivé. Les zones de transfert de gestion sont également plus cultivables que la zone de bail. En effet, l'étendu de terre cultivable représente 25,73 % de la surface totale des zones de transfert de gestion alors que dans la zone de bail, les surfaces cultivables dans la zone de bail représentent seulement 5,17 % de la surface totale de cette dernière.

### Dans les zones hors des transferts de gestion

Les zones hors des transferts de gestion sont marquées par deux séries de land-units bien distincts, les land-units 7 et 8 marqués par des vastes étendus cultivables moins exploitées et le land-unit 9, marqué par une très faible étendu cultivable presque totalement exploitée. Les surfaces cultivables et cultivées dans les zones de transfert de gestion représentent la majorité des terres cultivables et cultivées dans l'aire de la mine. En effet, 76,45 % des zones cultivables dans l'aire de la mine appartiennent aux zones hors des transferts de gestion et parmi les 3 379 Ha de terre cultivée dans l'aire de la mine, 2 374 Ha se trouvent dans les zones hors des transferts de gestion soit 70,26 %.

En moyenne 60,16 % de la surface des zones hors des transferts de gestion est cultivable dont 33,75 % seulement cultivée. En d'autres termes, 55,09 % des zones cultivables sont effectivement utilisée.

Les zones cultivées et cultivables se concentrent dans la première série de land-unit (LU7 et LU8). Ces deux land-units présentent 70,05 % des surfaces utilisées et 76,45 % des surfaces utilisables dans l'aire de la mine. Malgré cette grandeur en termes de superficie, les surfaces

sont moins utilisées. En effet, dans LU8, la surface cultivée ne représente que 55,66 % de la surface exploitable tandis que dans le LU7, cette proportion est de l'ordre de 53,35 %.

Quant à LU9, il est marqué par une très faible proportion de terre cultivable, en fait, ce land-unit ne possède que 7 Ha surface cultivable soit 0,76 % de sa superficie totale. Dans ce land-unit, les zones cultivables sont entièrement utilisées.

Les land-units dans les zones de transfert de gestion sont marqués par des fortes superficies cultivables.

#### **IV.1.2. Surfaces cultivables et surfaces cultivées selon la toposéquence**

Dans cette section, nous déterminerons les surfaces cultivables ainsi que les surfaces cultivées tout en tenant compte des types de terrain. Ainsi, pour une bonne appréhension de l'ouvrage, les résultats issus du traitement par SIG de la classification de l'aire de la mine selon les types de terrain seront présentés. Nous présenterons ensuite les résultats des tests statistiques qui nous ont permis de continuer l'étude en considérant que la répartition des trois principales cultures varie selon les types de terrain. Seront enfin présentées les surfaces cultivables et les surfaces cultivées en 2006 et en 2011 tout tenant compte des types de terrain.

##### ***IV.1.2.1. Toposéquence***

Comme mentionné dans la partie méthodologie, le principal obstacle pour l'évaluation des états des trois principales cultures dans l'aire de la mine a été la détermination de leurs répartitions spatiales. Nous avons eu recours la topographie du terrain. En effet, la carte des toposéquences a été élaborée à partir de la carte des pentes et la carte des courbures. Ces deux dernières sont des dérivées de l'élévation du terrain. On peut donc dire que la carte des toposéquence est une dérivée seconde de la carte de l'élévation..

Pour vérifier la véracité de la carte des toposéquences que nous avons élaborée, le réseau hydrographique a été posé sur ce dernier. En fait, les lignes d'écoulement des eaux doivent coïncider avec les bas-fonds et ne doivent, en aucun cas, couper les lignes de crête. Les réseaux hydrographiques ne doivent pas non plus concorder avec ces derniers.

La carte de toposéquence que nous avons élaborée est présentée ci-après.

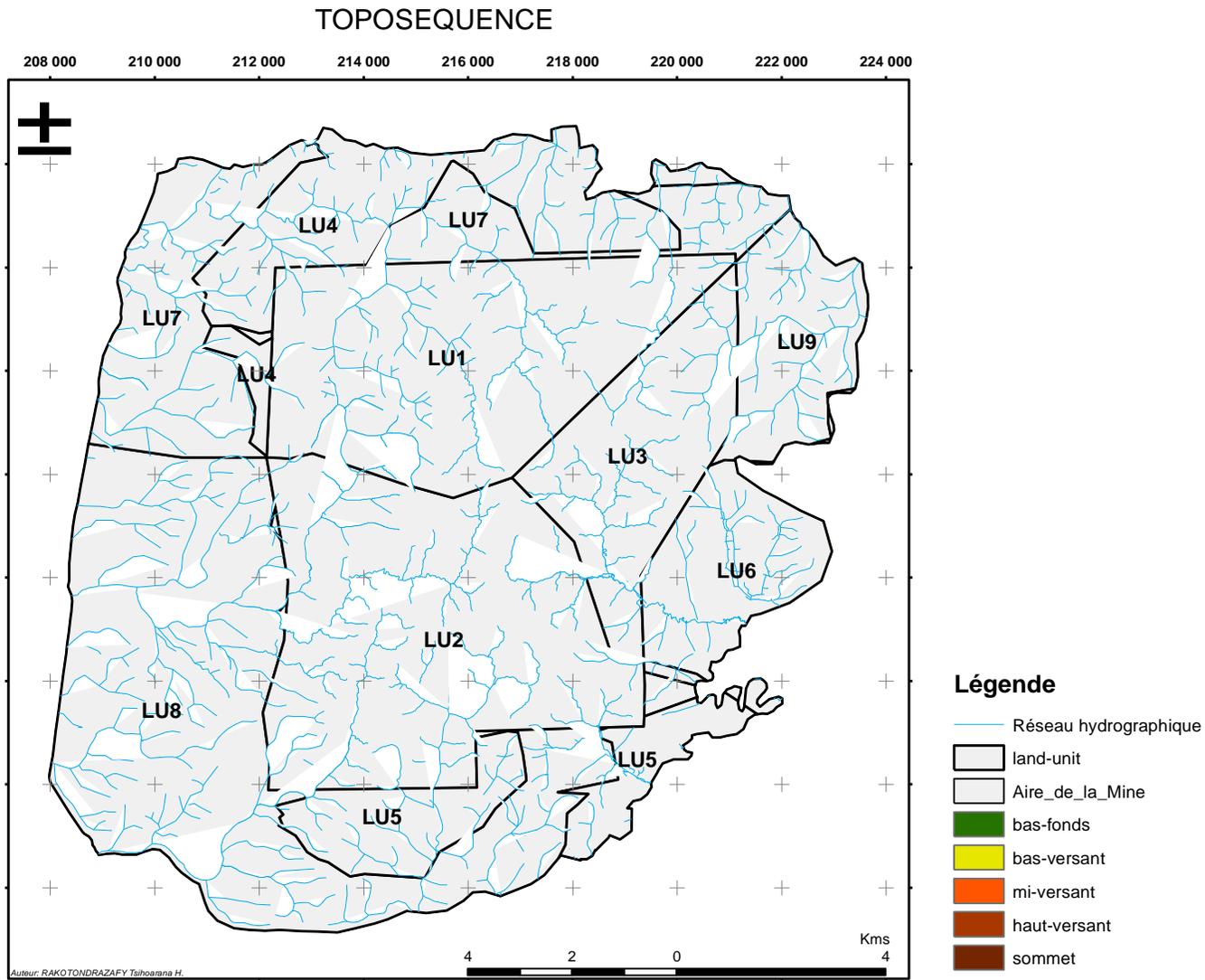


Figure 8: Carte des toposéquences de l'aire de la mine

Les réseaux hydrographiques coïncident bien avec les bas-fonds que nous avons déterminés.

Cette carte indique que le relief de l'aire de la mine est fortement accidenté. En effet, les zones de bas-versant, mi-versant et haut-versant qui correspondent aux couleurs jaunes, orange et marron clair sont dominants. Les zones à bas-fond dominant sont observées seulement dans les parties Est des land-units 7 et 8 et dans le land-unit 6.

Dans les land-units 1, 2, 3, et 9, le mi-versant domine. Dans LU6, il y a une quasi-égalité entre les surfaces occupées par les bas-fonds et les bas-versant.

Les répartitions des sommets ainsi que des Haut-versants sont à peu près les mêmes dans tous les Land-units.

Les zones à pente raide (orange) sont moins observées dans les Land-units 6, 7 et 9.

Le diagramme suivant montre le pourcentage de surface de chaque type de terrain par rapport aux surfaces totales de chaque land-unit.

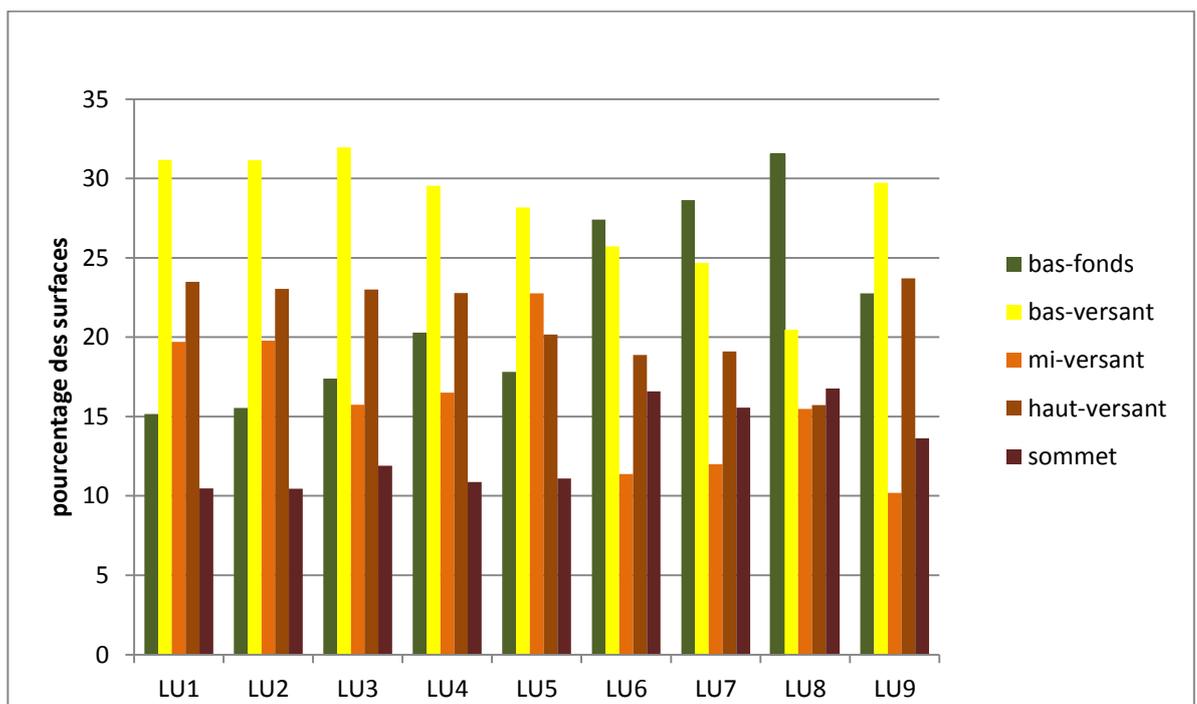


Figure 9: Diagramme de répartition des types de terrains dans l'aire de la mine

#### IV.1.2.2. Au niveau des échantillons

La superposition de la carte des toposéquences avec les échantillons de parcelles prises durant la descente nous a permis d'obtenir le tableau suivant :

Tableau 5. Tableau des coefficients de pondération des surfaces physiques

	<b>bas-fond</b>	<b>bas-versant</b>	<b>mi-versant</b>	<b>Haut-versant</b>	<b>sommet</b>	<b>somme</b>
manioc	1,67	6,73	53,08	64,84	62,81	18,66
Haricot	4,99	22,23	46,92	6,43	5,08	8,76
riz	93,35	71,04	0,00	28,73	32,11	72,58

### Bas-fonds

Les bas-fonds sont marqués par des rizicultures irriguées dominantes. En effet, 93,35 % des bas-fonds cultivés sont des terrains rizicoles. Les bas-fonds sont appréciés pour la riziculture du fait de la forte teneur en eau dans les types de sol qui y sont associés et par conséquent d'une bonne irrigation.

La culture de manioc dans ces types de terrain est presque inexistante 1,67 %. Quant à la culture de haricot, elle occupe une place très faible devant la riziculture.

### Bas de pentes ou bas-versant

Les bas-versant sont également marqués par des dominances de rizicultures irriguées 71,04 %. Dans ce type de terrain, on commence à apercevoir une légère augmentation de la part de surface occupée par la culture de haricot 22,23 %.

Quant à la culture de manioc, elle occupe à peu près la même place que celle dans les bas-fonds, soit 5,41 %.

### Mi-versant

Les mi-versants sont des terrains marqués par des pentes raides. Dans ce troisième type de terrain, ce sont les cultures de maniocs et de haricots qui occupent la totalité de la superficie. En effet, la culture de manioc se pratique sur 53,08 % des mi-versants tandis que la culture de haricots en occupe 46,92 %. Durant la descente sur terrain, aucune riziculture n'a été observée dans ces types de terrain.

### Haut de pente ou Haut-versant

Les haut-versants sont marqués par des différences bien observables des répartitions des principales cultures. En effet, plus de la moitié de la surface des haut-versants est occupée par la culture de manioc (64,84 %) contre 6,43 % pour la culture de haricot. Le reste de la surface étant occupé par la riziculture pluviale.

### Les sommets

Les sommets sont des terrains à pente douce et des sols généralement dépourvus d'humidité. La répartition des principales cultures dans ces zones est à peu près semblable à celles dans les Haut-versant du fait de leur ressemblance au niveau des propriétés des sols et de terrain. En effet, si la proportion de surface occupée par la culture de manioc est de 64,84 % dans les haut-versant, elle est de 62,81 % dans les sommets. De même, si la proportion de surface occupée par la culture de haricot est de 6,43 % dans les haut-versants, elle est de 5,08 % dans les sommets. C'est au niveau de la surface rizicole qu'on observe une légère différence : elle est de 32,11 % dans les sommets alors que dans les haut-versants elle est de 28,73 %.

#### **IV.1.2.3. Choix de la méthode**

Pour pouvoir confirmer la véracité du choix des deux critères qui sont la pente et la courbure du terrain pour l'analyse de la répartition spatiale des trois principales cultures, une analyse statistique des corrélations entre ces variables a été faite en particulier le test de khi2 :  
Sous l'hypothèse nulle : Les types de végétation (riz, haricot, manioc) sont indépendantes des types de terrain (bas-fond, bas-versant, ...)

Et l'hypothèse alternative : les types de végétation dépendent des types de terrain

Le résultat du test est le suivant :

Khi <sup>2</sup> (Valeur observée)	132,307
Khi <sup>2</sup> (Valeur critique)	15,507
DDL	8
p-value	< 0,0001
alp Ha	0,05

Etant donné que p-value est inférieure à alpha, on rejette l'hypothèse nul et on retient l'hypothèse alternative ; le types de végétation dépendent bien des types de culture.

#### **IV.1.2.4. Avant l'implantation de la mine**

Après avoir coupé la carte des toposéquence avec la limite de la surface totale effectivement cultivées en 2006, la carte des surfaces cultivées avant l'implantation de la mine, selon les types de terrain, est présentée ci-après.

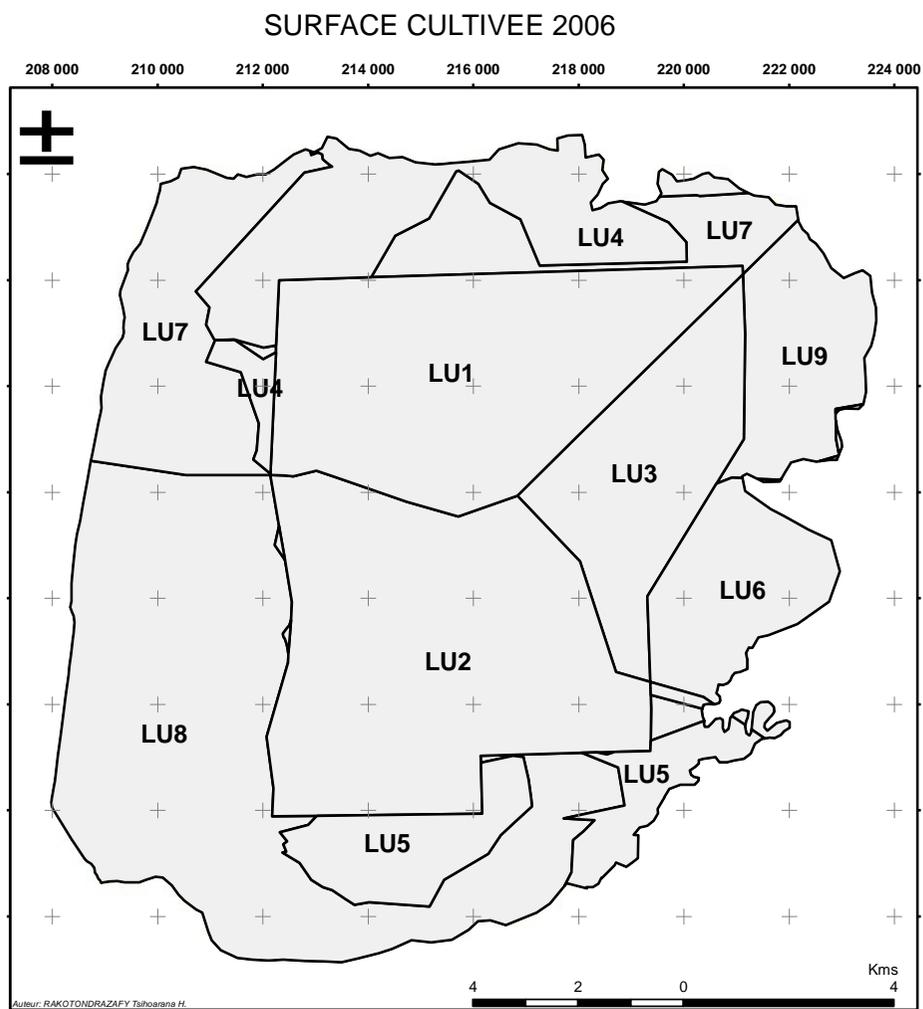


Figure 10.a

Figure 10: Surface cultivée 2006 et surface cultivables 2006 selon la toposéquence

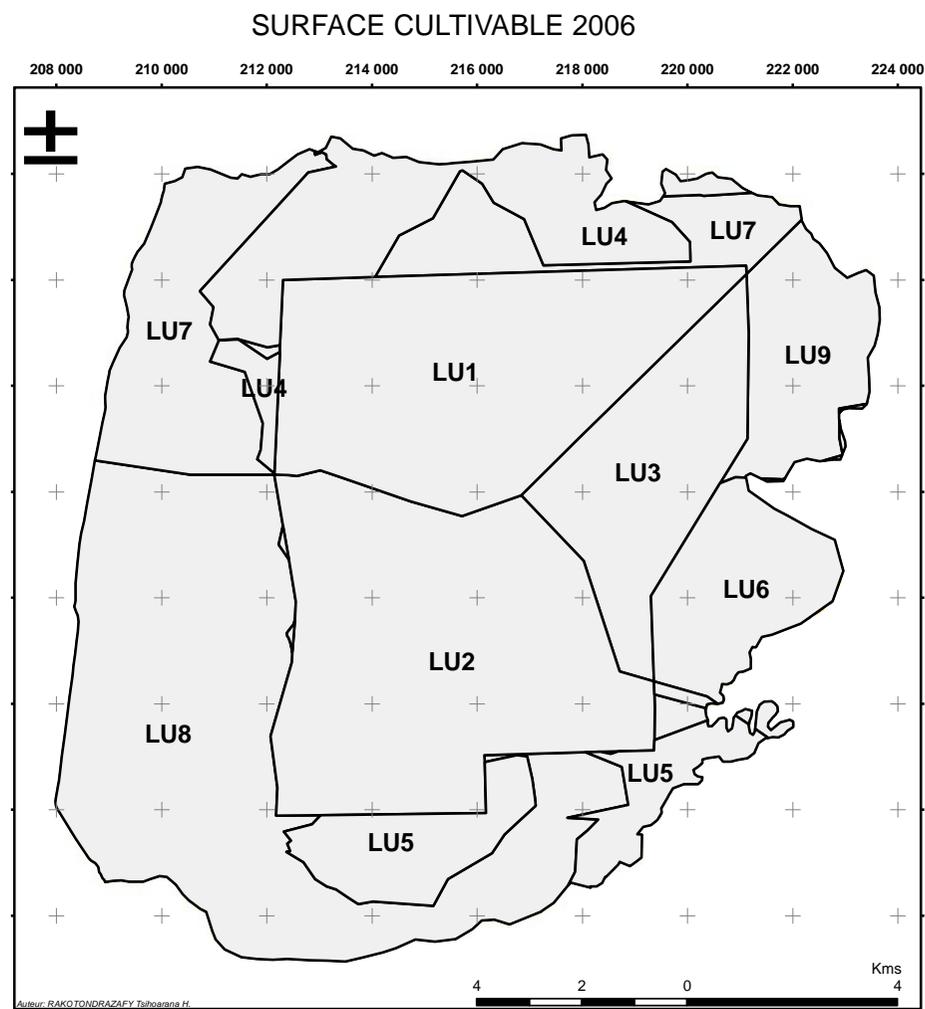


Figure 10.b

**Légende**

- land-unit
- Aire\_de\_la\_Mine
- bas-fonds
- bas-versant
- mi-versant
- haut-versant
- sommet

La *figure 10.a* montre les surfaces cultivées selon la toposéquence. On remarque qu'avant l'implantation de la mine, les land-units 1, 2 et 3 qui correspondent à la zone da bail ont été moins cultivés par rapport aux autres land-units. En effet, ces zones correspondent aux zones à pente forte dominante. Au total 23.28 % de l'aire de la mine a été cultivée avant l'implantation de la mine.

Comparée aux surfaces totales dans l'aire de la mine, ce sont surtout les bas-fonds qui sont les plus cultivées viennent ensuite les sommets. Les terrains en pentes sont moins cultivés. Parmi les terrains en pentes, ceux qui sont près des bas-fonds sont plus appréciés pour l'agriculture que ceux dans les haut-versants. En effet, la proportion de surface de haut-versants cultivés par rapport à la surface totale des haut-versant dans l'aire de la mine est de 14.98 % face à 18.73 % pour les bas-versants.

Les terrains à pentes trop raide, notamment les terrains à pente supérieures à 25 % c'est-à-dire ceux classés comme mi-versant d'après notre classification, sont rarement exploités en tant que terrain de culture. Seulement 11.73 % des mi-versants sont cultivés alors que la proportion de surface de bas-fond cultivé par rapport aux surfaces totales des bas-fonds de l'aire de la mine est de 40.4 %.

Les sommets, terrain à pente douce sont plus cultivés que les versants. En effet, 31.26 % des sommets sont cultivés.

En tenant compte des land-units, ce sont les LU6, LU8 et LU7 qui sont les plus cultivés.

La *figure 10.b* montre les surfaces cultivables dans l'aire de la mine. Comme l'observation que nous avons eue dans la section surface cultivée, les surfaces cultivables dans les LU1, LU2 et LU3 sont très minoritaires toujours du fait que le relief dans ces zones est caractérisé par des pentes fortes.

Dans le LU9, on remarque également très peu de surface cultivable. Seulement 0.71 % de la surface totale de cette zone est cultivable.

Les parties Est des LU8 et LU7 sont les plus vastes en termes de surfaces cultivable. En effet, ces zones sont marquées par des reliefs à pente douce d'où cette forte potentialité agricole.

Dans tous les cas, les surfaces cultivées restent inférieures ou du moins égales aux surfaces cultivables. Cette différence entre surfaces utilisées et surfaces cultivables est très accentuée dans les land-units 4, 7 et 8. Dans les land-units 9 et 3, les surfaces cultivables sont totalement utilisées. Dans tous les land-units où on observe des différences entre surfaces cultivées et surfaces cultivables, c'est généralement au niveau des mi-versants qu'on observe le plus de

différence mais LU6 fait fat exception. Les pourcentages généraux des surfaces cultivées par rapport aux surfaces cultivables dans les bas-fonds, bas-versant, mi-versant, Haut-versant et sommet sont respectivement 70 %, 64 %, 53 %, 56 %, 67 % et 64.

#### IV.1.2.5. *Durant l'implantation de la mine 2011*

En 2011, 30.56 % de l'aire de la mine a été cultivable. Quant aux surfaces effectivement utilisées, elles occupaient 18.32 % de la surface totale de l'aire de la mine.

Comme en 2006, les land-units dans la zone de bail sont moins cultivées par rapport aux autres land-units. Ces faibles proportions de surface cultivées et cultivables dans ces trois land-units sont expliquées par la morphologie de terrain : ces zones sont marquées par des reliefs à pentes raide dominantes. Les land-units les plus cultivables restent LU7 et LU8 : les surfaces cultivables peuvent atteindre jusqu'à 72 % de la surface totale de ces zones ; quant aux surfaces cultivées, elles représentent 32 % de la surface totale dans LU7 et 40 % dans LU8.

LU9 est très faiblement cultivé et cultivable. En effet, les surfaces cultivables ne représentent que 0.4 % de la superficie totale de cette zone, quant à la surface cultivée, elle représente 0.7 % de cette zone.

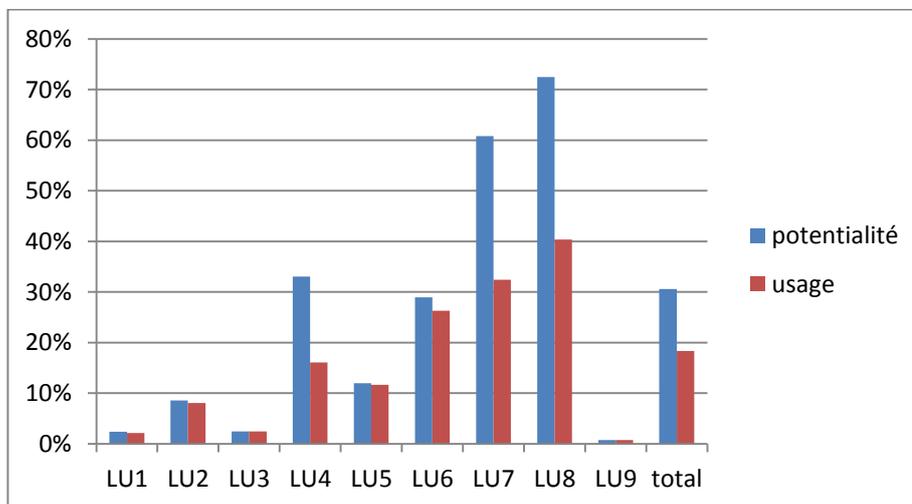


Figure 11: Proportion de surface cultivable et cultivée par rapport aux surfaces totales de l'aire de la mine

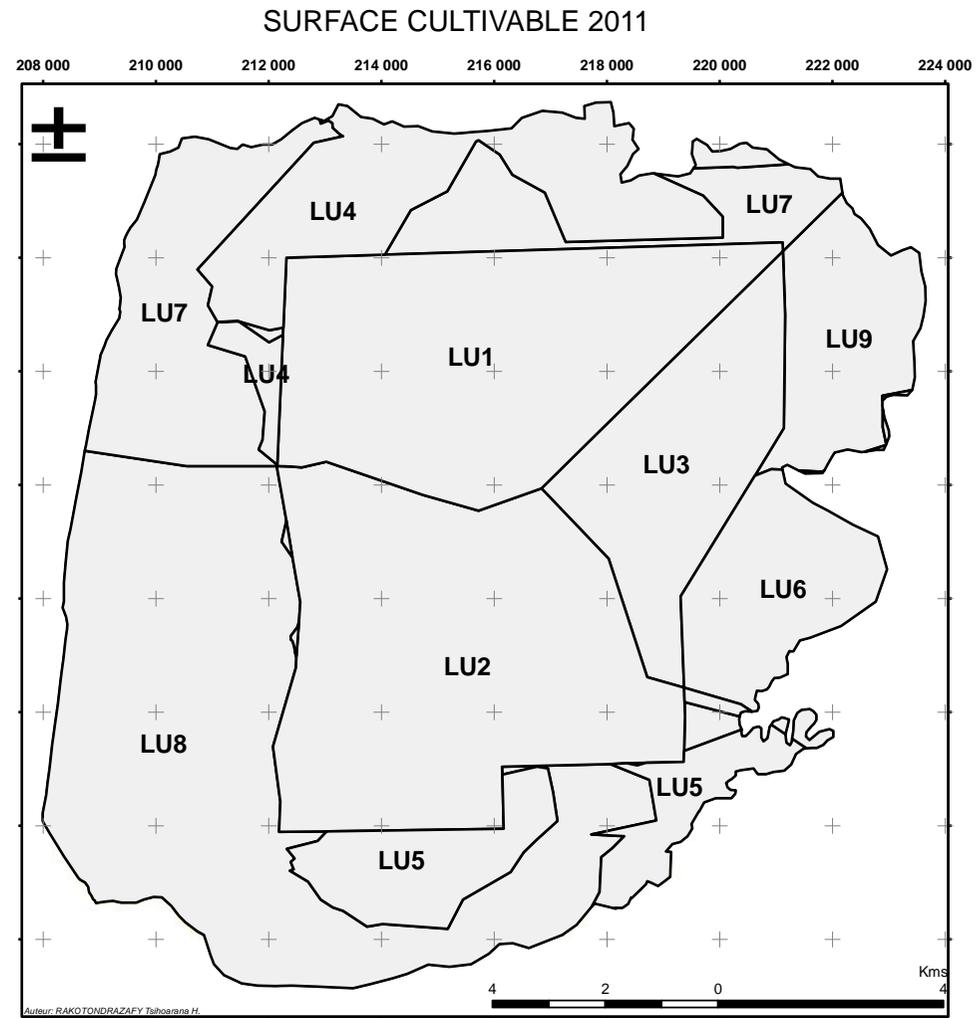
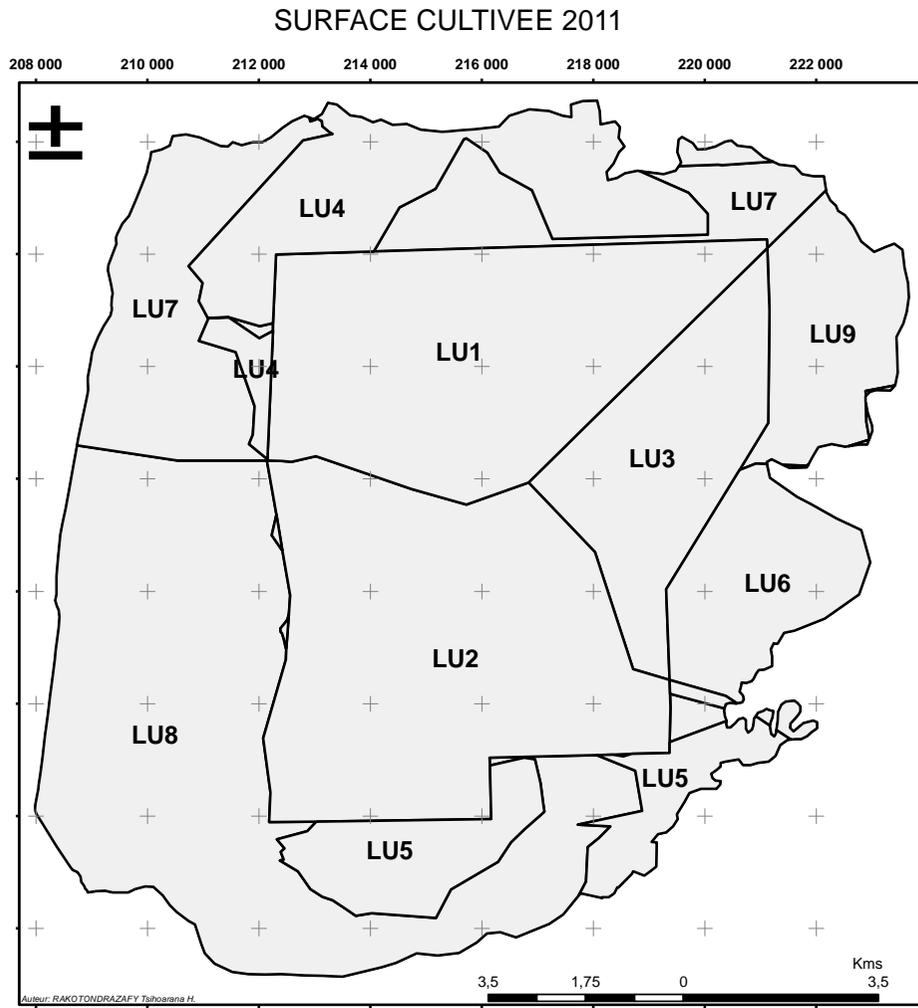
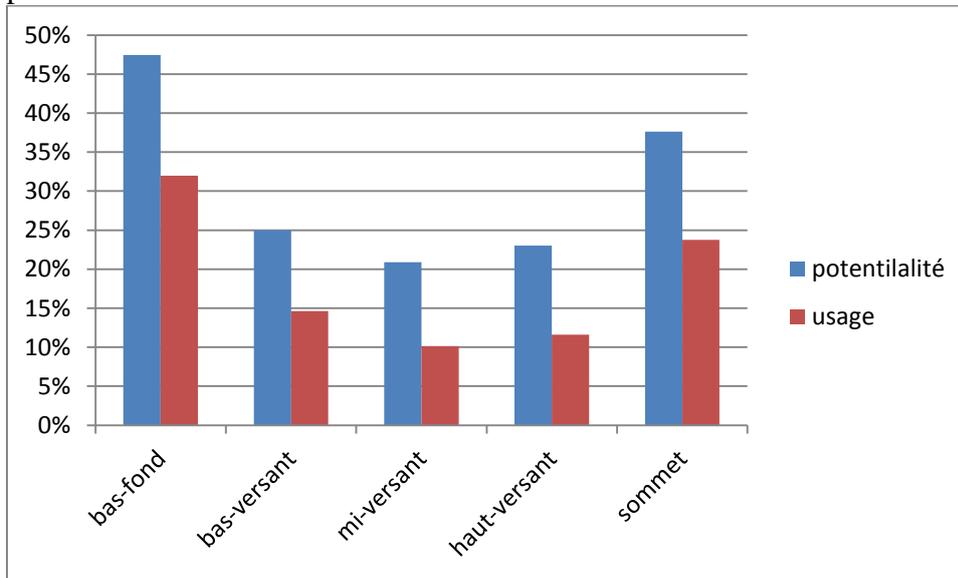


Figure 12: Surface cultivée 2011 et surface cultivables 2011 selon la toposéquence

D'une manière générale, ce sont surtout les zones à pente faible qui sont préférées pour l'agriculture. Dans tous les cas, les surfaces cultivées restent inférieures aux surfaces potentiellement cultivables.



#### IV.1.3. Surfaces cultivables et surfaces cultivées des principales cultures

Dans cette section, nous tiendrons compte des répartitions spatiales des trois principales cultures pour obtenir leurs surfaces physiques c'est-à-dire les surfaces cultivées et les surfaces cultivables selon les principales cultures.

##### IV.1.3.1. Répartition spatiale des principales cultures

###### Riz

La riziculture occupe une place prépondérante dans l'agriculture des populations aux alentours de l'aire de la mine. En effet, les surfaces rizicoles représentent 72,58 % des surfaces totales cultivées dans l'aire de la mine. Selon les types de terrain, ce sont les bas-fonds et les bas-versants qui sont majoritairement occupés par la riziculture irriguée. Durant la descente sur terrain, on a pu observer que les rizicultures irriguées sur les bas-versant se font en terrasse.

Elle est également pratiquée sur les sommets et les hauts de versants mais à faible proportion. Les rizicultures sur les haut-versant et les sommets sont les rizicultures pluviales.

Le riz se pratique, en majorité dans les bas-fonds. En effet, 74,92 % des surfaces rizicoles sont dans les bas-fonds, 14,68 % dans les bas de pente contre 10,40 % dans les restes.

Le diagramme suivant illustre la répartition des surfaces rizicoles selon les types de terrain.

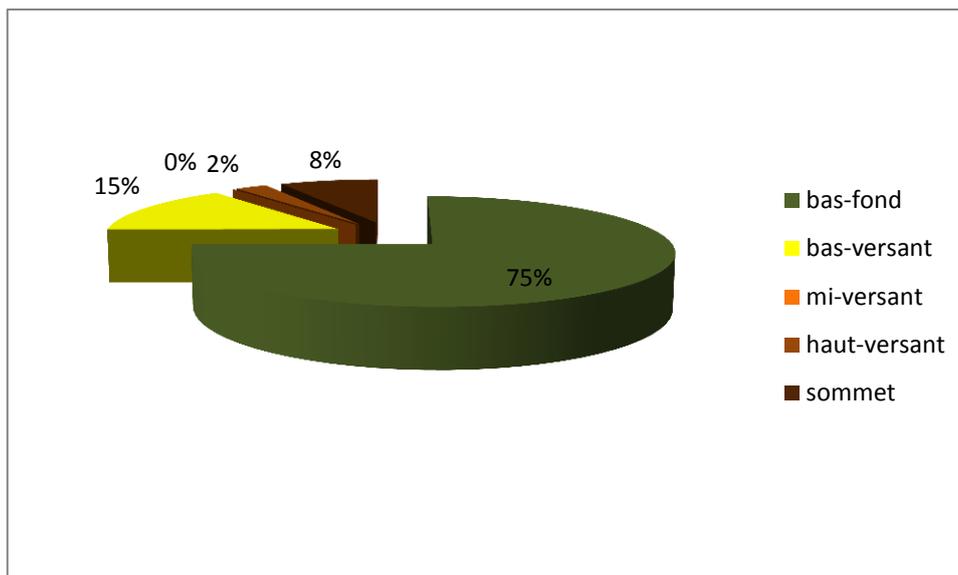


Figure 13. Répartition des surfaces rizicoles selon les types de terrain

Une conclusion tirée du diagramme précédente est que les terrains à proximité des réseaux hydrographiques sont plus prioritaires pour la riziculture.

### Haricot

La culture de haricot se pratique un peu sur tout type de terrain, il est à noter que sa culture se fait en rotation avec le riz ou en association avec le maïs. La proportion présentée sur le tableau est celle que nous avons observée sur terrain.

Selon les types de terrain, la culture de haricot occupe moins les bas-fonds et les sommets c'est-à-dire les terrains à pente douce que les terrains à pente raide. Elle occupe également moins de place dans les haut-versants.

La culture de haricot se pratique plus dans les bas-fonds et les bas-versants que dans les sommets et les haut-versants. Malgré cette préférence de la culture de haricot selon les types de terrain, il n'y a pas de type de terrain détenant plus de la moitié de surface occupée par la culture de haricot. En effet, la plus grande proportion de surface de haricot est de l'ordre de 38,06 %, observée dans les bas-versants, suivie de 33,17 % observée dans les bas-fonds, puis 13,75 %, observée dans les mi- versants. Les haut-versants étant moins mois préférés par la culture de haricot, ils ne présentent que 4,76 % des surfaces occupées par la culture de haricot dans l'aire de la mine. Les restes des surfaces de culture de haricot étant dans les sommets.

Le diagramme suivant illustre la répartition des cultures de Haricot selon les types de terrain.

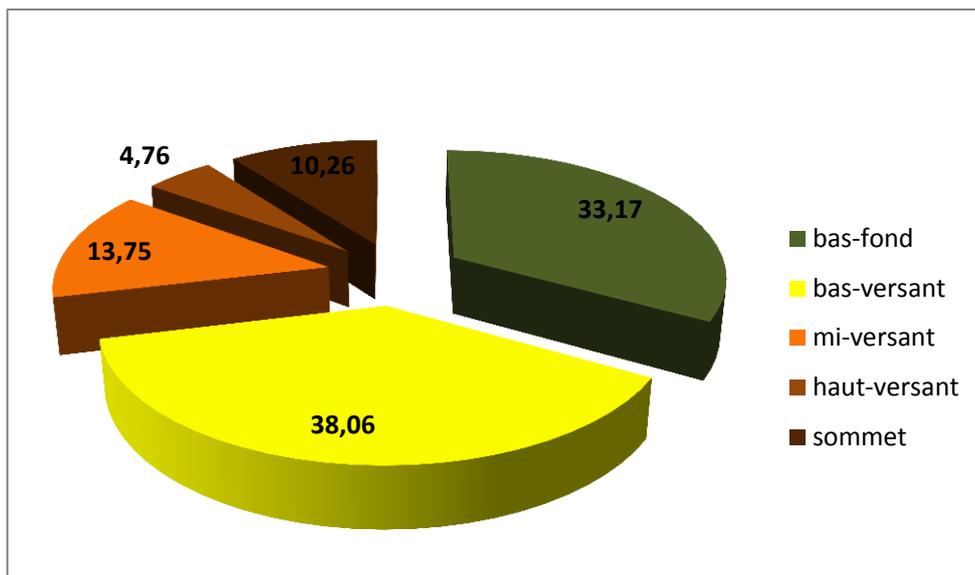


Figure 14. Diagramme des répartitions des cultures de Haricot selon le type de terrain

### Manioc

Le manioc est préférentiellement cultivé sur des terrains déshydratés, notamment sur les sommets et les haut-versant. Il est moins cultivé dans les zones humides notamment le bas-versants et les bas-fonds. En effet, seulement 5,20 % des surfaces occupées par la culture de manioc se trouvent dans les bas-fonds et 5,41 % dans les bas-versants. 59,57 % des surfaces occupées par la culture de manioc se trouvent dans les sommets.

Le diagramme suivant montre la répartition des surfaces occupées par la culture de manioc selon les types de terrain.

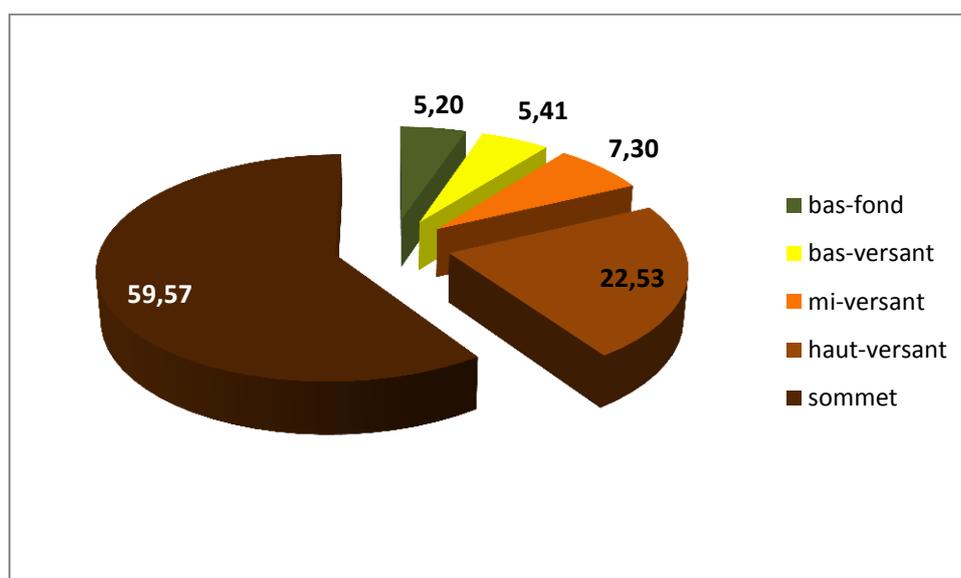


Figure 15. Diagramme de répartition des cultures de manioc selon les types de terrain

### IV.1.3.2. Surface cultivable et surface cultivée selon les principales cultures

Une extrapolation des surfaces totales cultivables et cultivées avec le tableau des coefficients obtenu à partir de l'analyse des échantillons donne les résultats suivants :

#### IV.1.3.2.1. Riz

##### IV.1.3.2.1.1. Avant l'implantation de la mine

###### Surface cultivée

Au total, 2 562 Ha de l'aire de la mine ont été occupés par la riziculture. Cette surface représente 60 % de la surface cultivée en 2006 soit 13,8 % l'aire de la mine. La plus grande portion de cette surface est observée dans le LU8.

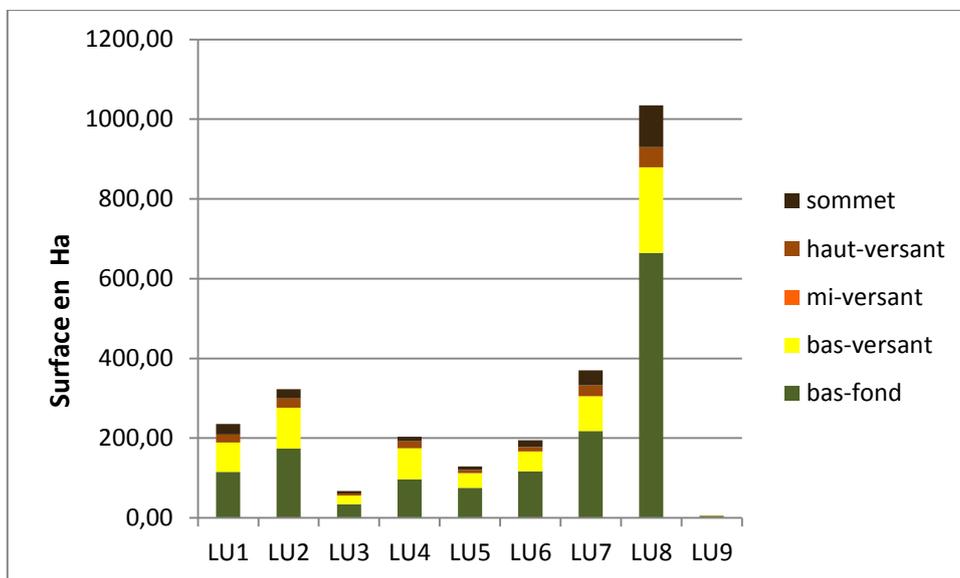
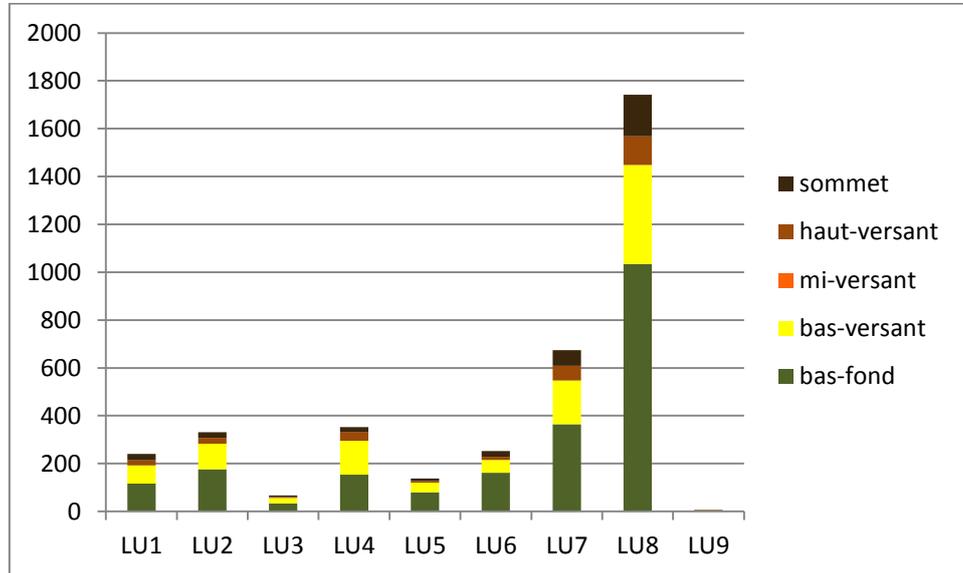


Figure 16: Surface rizicole effective 2006

Les land-units dans la zone de bail détenaient 24,4 % des surfaces rizicoles de l'aire de la mine en 2006. Ceux dans les zones de transfert de gestion n'en détiennent que 20,58 %. Les land-units hors des transferts de gestion détiennent la plus grande étendue de surface rizicole car ce sont les plus vastes zones de l'aire de la mine. En effet, la surface rizicole dans les zones hors des transferts de gestion représente 55,01 % de la surface rizicole de l'aire de la mine. La riziculture domine les bas-fonds et n'apparaît presque pas dans les terrains fortement inclinés.

### *Surface cultivable*

Quant aux zones susceptibles d'être exploitées en termes de rizicultures, elles mesurent 3 801 Ha et se trouvent majoritairement dans les land-units hors des transferts de gestion.



*Figure 17: Surface rizicole potentielle 2011*

La majorité des surfaces rizicoles se trouvent dans les land-units hors des transferts de gestion notamment dans les LU8 et dans LU7. LU9 est très faiblement cultivable, il ne présente que 1,97 % des surfaces rizicoles de l'aire de la mine. Les land-units dans la zone de bail et dans les transferts de gestion présentent à peu près la même proportion de surface rizicole susceptible d'être exploitée. En effet, la surface rizicole potentielle dans la zone de bail est de 16,79 Ha et celle dans les transferts de gestion est de 19,53 Ha.

### *Comparaison surface cultivable par cultivée*

Une différence de 1238 Ha a été observée entre les superficies cultivées et cultivables en 2006. En effet, cette étendue a encore été disponible pour la culture de riz avant l'existence du projet. Le niveau d'exploitabilité a donc été de 67,48 %.

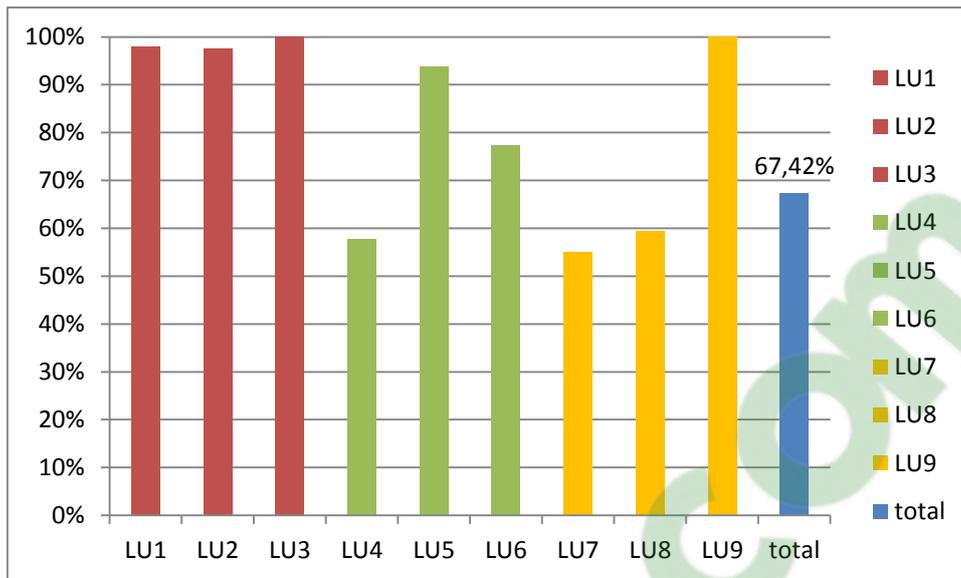


Diagramme 1. Comparaison de la surface rizicole effective et de la surface rizicole potentielle 2006

Malgré leur faibles part de surfaces cultivées et cultivables, les land-units dans la zone de bail ainsi que LU9 sont les plus cultivés de tous les land-units de la zone d'étude. Par contre, les LU7 et LU8 qui présentent le maximum de surfaces cultivables et cultivées, sont moins cultivés. En effet, les pourcentages de zone cultivée dans ces derniers sont de 54 % et 55 % contre des pourcentages variant de 97 % à 100 % dans les land-units dans de la zone de bail et celui de LU9. Au total, 1 238 Ha de terre sont non cultivés alors qu'elles peuvent être occupées par la riziculture. Cette superficie se répartie principalement dans trois land-units qui sont LU4, LU7 et LU8.

#### IV.1.3.2.1.2. Durant l'implantation de la mine

##### *Surface cultivée*

En 2011, la surface rizicole effective a été de 2 061 Ha. Une diminution de 19 % a ainsi été observée entre 2006 et 2011. Les diminutions sont observées au niveau de la zone de bail et de la zone de transfert de gestion mais les diminutions majeures sont aperçues dans les LU1 et LU2. Quant aux land-units hors des transferts de gestion, on a noté des augmentations des surfaces rizicoles.

La répartition de cette surface utilisée n'a pas connu de grands changements entre 2006 et 2011. En effet, la majorité des surfaces rizicoles effectives est toujours observée dans LU8, LU1, LU3 et LU9 présentent toujours les plus petites étendues en terme de surface rizicole.

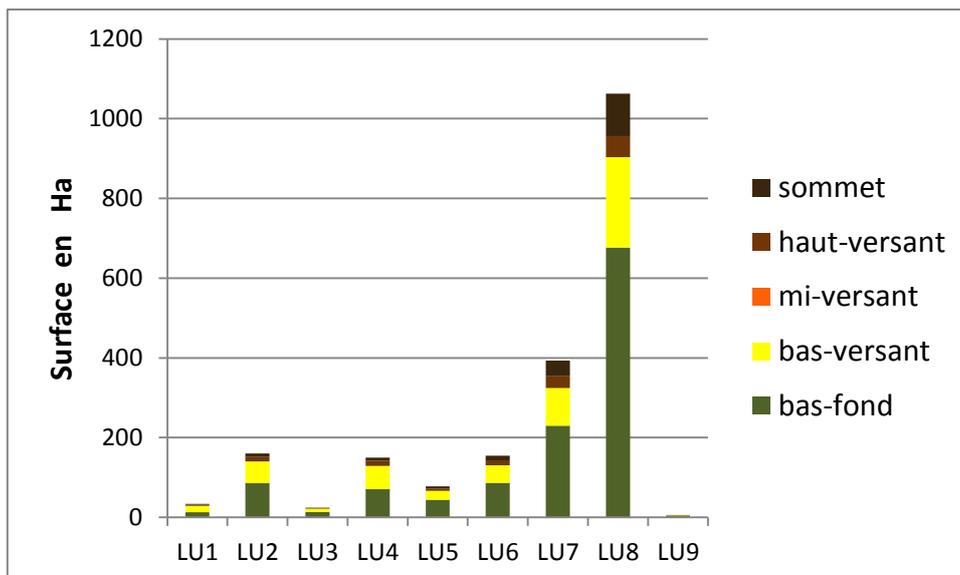


Figure 18. Surface rizicole effective 2011

### Surface cultivable

La surface cultivable a également connu une diminution et comme les surfaces rizicoles effectives, ce sont aux niveaux des land-units dans la zone de bail et dans les zones de transfert de gestion que ces diminutions sont rencontrées. En effet, la surface potentielle en 2011 est de 3257 Ha, la diminution entre  $t_0$  et  $t_1$  est donc l'ordre de 14,3 %.

Les diminutions que ce soient au niveau des surfaces cultivables ou au niveau des surfaces cultivées sont expliquées par l'adoption des mesures de restriction notamment, l'instauration des zones de conservations.

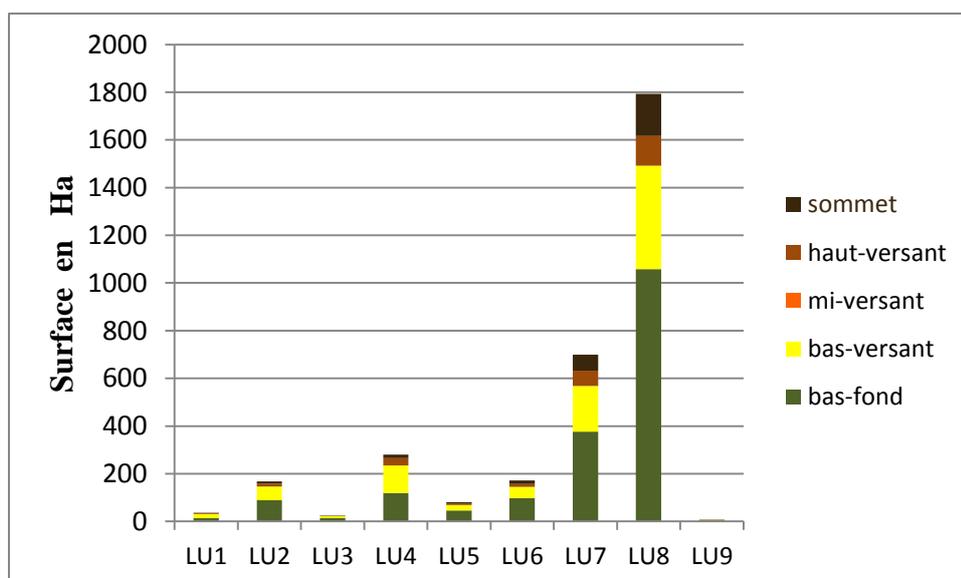


Figure 19. Diagramme des surfaces rizicoles potentielles 2011

### *Comparaison surface cultivable et surface cultivée*

L'utilisation moyenne des surfaces rizicoles en 2011 a été de 67,42 %. Une différence de 1196 Ha a été observée entre les surfaces cultivables et cultivées. Comme en 2006, la majorité de cette surface disponible non exploitée est observée dans LU8, LU7 et L4. Dans LU3 et LU9, les surfaces rizicoles potentielles sont complètement exploitées. Les surfaces les moins exploitées sont observées dans LU4, 6 et 7. Les land-units dans la zone de bail sont tous presque complètement exploités en termes de surface rizicole.

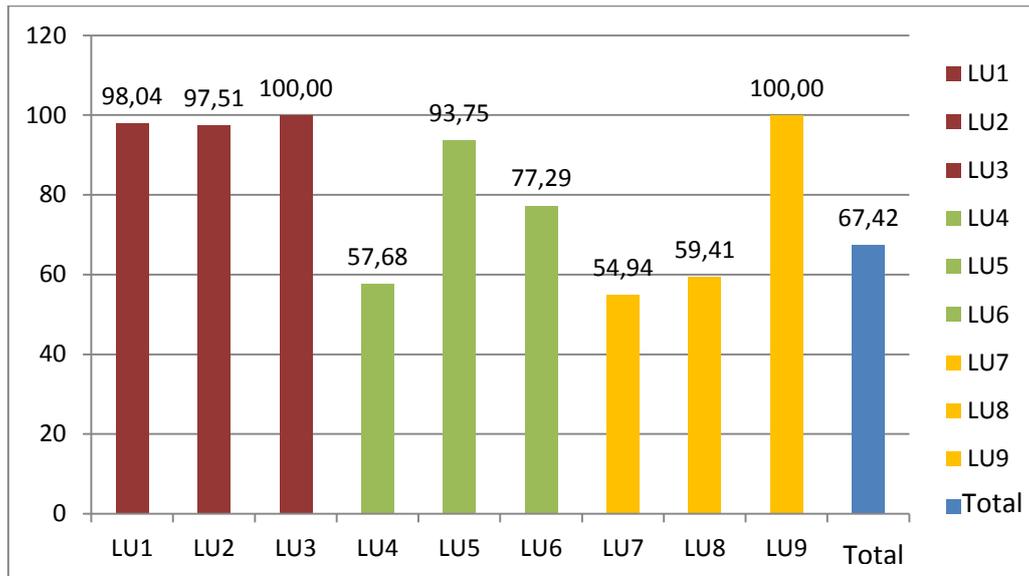


Figure 20. Proportion de surface rizicole effective par rapport aux surfaces rizicoles potentielles 2011

### **IV.1.3.2.2. Haricot**

#### *IV.1.3.2.2.1. Avant l'implantation de la mine*

##### *Surface effectivement utilisée pour la culture de haricot*

Avant l'implantation, une surface de 530 Ha a été effectivement occupée par la culture de haricot. La plus grande étendue a été observée dans LU8. La culture de haricot est très marquée dans les mi-versants et les bas-versants.



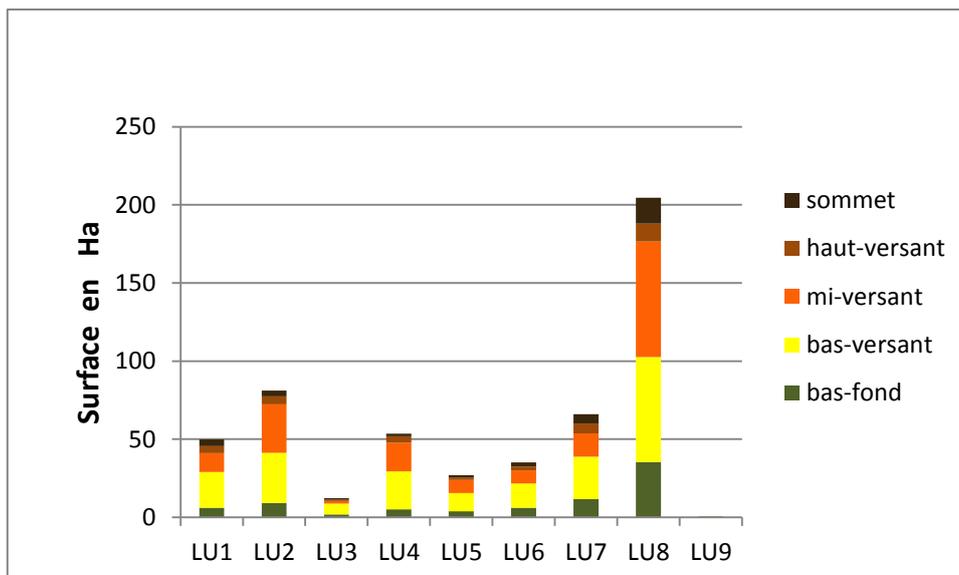


Figure 21. Diagramme des surfaces effectives de haricot 2006

### Surface potentiellement utilisable pour la culture de haricot

Quant à la surface potentiellement utilisable pour la culture de haricot, elle a été de 874 Ha en 2006, ce qui représentait 13,44 % des surfaces totales cultivables dans l'aire de la mine entière. Comme les surfaces effectivement cultivées, c'est dans LU8 qu'on observe que la surface cultivable en haricot est optimale.

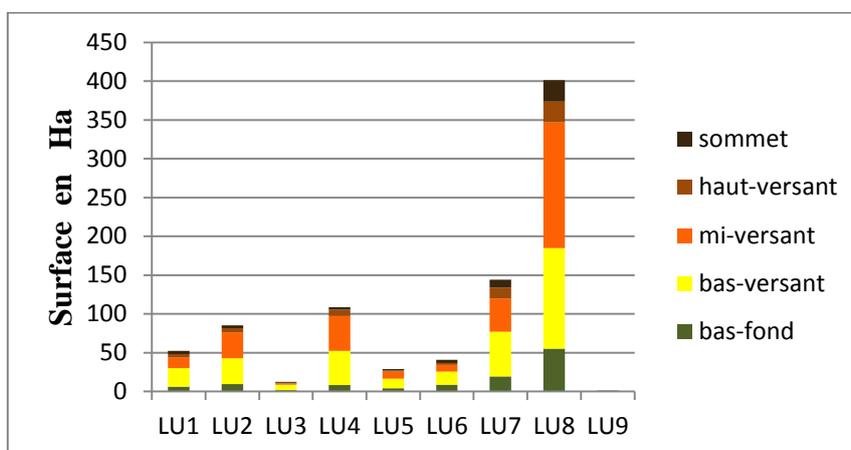


Figure 22. Diagramme des surfaces potentielles de haricot 2011

### Comparaison des surfaces cultivables et surface cultivée en haricot

Une étendue de 343 Ha n'a pas été utilisée alors qu'elle est utilisable en termes de culture de haricot. En moyenne l'utilisation de surface pour cette culture est de l'ordre de 60,66 %. Comme pour le riz, c'est dans la zone de bail et dans la zone de bail et dans LU9 qu'on observe les plus grandes proportions de surface cultivée par rapport à la surface cultivable. LU8, LU7, et LU4 sont toujours les moins cultivés en se référant à la surface cultivable.

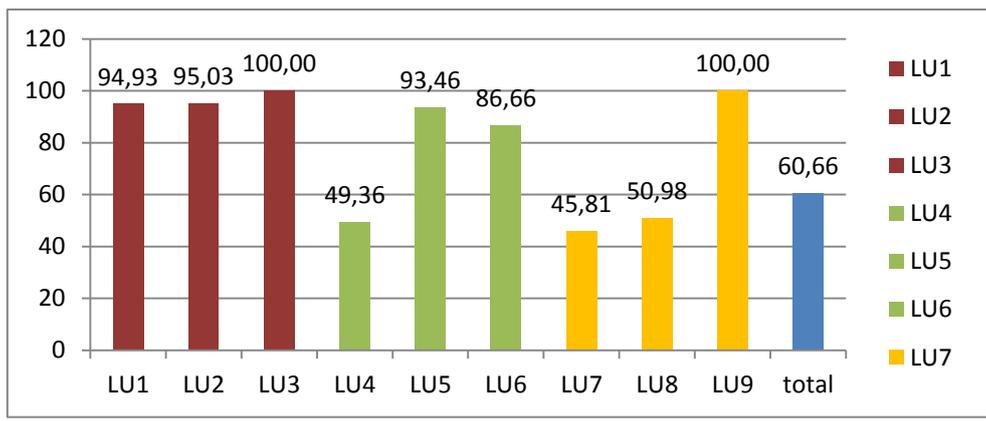


Figure 23. Proportion de surface potentielle de haricots par rapport à la surface effective 2006

#### IV.1.3.2.2.2. Durant l'implantation de la mine

##### Surface effective

La surface effectivement utilisée en termes de culture de haricot en 2011 a été de 433 Ha. Une diminution de 97 Ha a ainsi été observée entre 2006 et 2011, soit une baisse de 18,33 % de la surface cultivée. La baisse est très remarquable dans les LU1 et LU2. Quant aux land-units hors des transferts de gestion, des légères augmentations ont été observées.

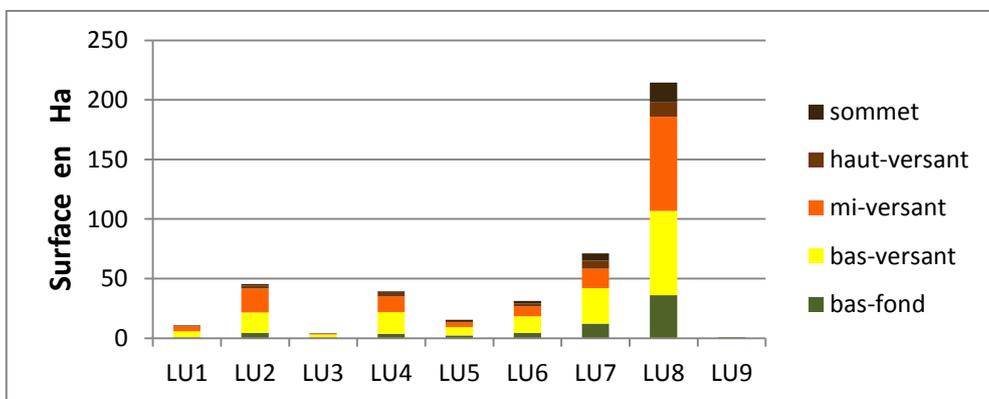


Figure 24. Diagramme des surfaces effectives de haricot 2011

##### Surface potentielle

La surface potentielle en termes de culture de haricot a été de 780 Ha, soit 13,85 % de la surface totale cultivable. Comme dans tous les cas précédents, c'est dans le land-unit 8 qu'on observe la majorité de cette surface. Une diminution de 93 Ha a également été constatée et c'est dans LU1 et LU2 que cette diminution est accentuée.

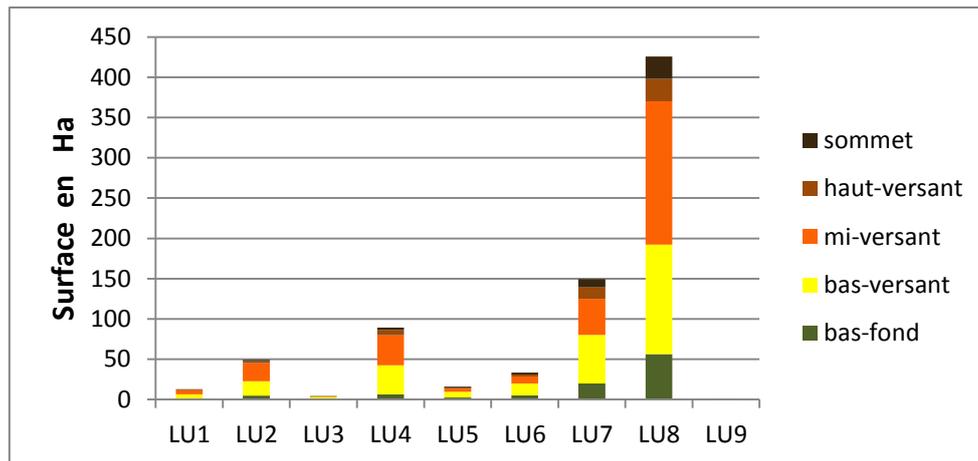


Figure 25 : Diagramme des surfaces effectives de haricot 2011

#### *Comparaison des surfaces cultivables et cultivées*

Le niveau d'exploitabilité moyen de la surface pour la culture de haricot est de 55,49 %. Ce sont les land-units 4, 7 et 8 qui sont les moins cultivés. Dans LU3 et LU9, toutes les surfaces exploitables sont déjà utilisées. Les autres land-units sont déjà largement utilisés : les pourcentages de surface utilisée par rapport aux surfaces utilisables tournent autour de 90 %. Comparé à la date T0, l'utilisation des surfaces pour la culture de haricot a diminué de 60,66 % à 55,49 %. Cette diminution a été remarquée dans LU1, LU2 et LU4 malgré les légères augmentations perçues dans LU5, LU6 et LU7.

On peut ainsi affirmer que la restriction des surfaces dans les zones de transfert de gestion a poussé la population à utiliser les terres. Quant aux land-units dans la zone de bail, malgré la restriction des surfaces dues à l'implantation de la mine, l'utilisation des surfaces a encore diminué. Cette diminution de l'utilisation des surfaces malgré la restriction peut-elle être expliquée par le souci, la peur ou les contraintes de la population avoisinantes. Cette diminution de l'utilisation de la surface agricole peut également être expliquée par d'autres facteurs (indéterminés) qui démotivent la population riveraine à exploiter leurs terres.

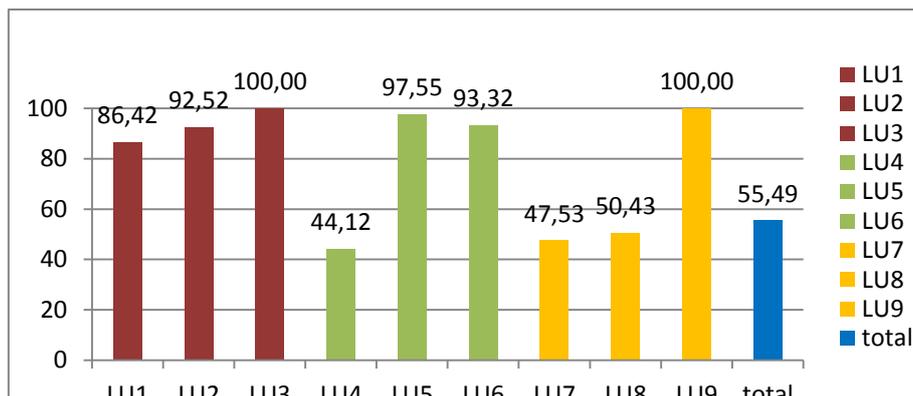


Figure 26. Proportion de surface potentielle de haricots par rapport à la surface effective 2011

#### IV.1.3.2.3. Manioc

Les maniocs se cultivent généralement sur des terrains dépourvus d'humidité.

##### IV.1.3.2.3.1. Avant l'implantation de la mine

###### Surface effective

Avant l'implantation de la mine, les surfaces effectivement utilisées pour la culture de manioc a été de 1107 Ha, soit 18 % des surfaces cultivées. Comme dans tous les cas que nous avons déjà mentionné auparavant, c'est dans LU8 que la majorité de ces surfaces est observée : elle occupe presque la moitié de la surface occupée par la culture de manioc dans la zone de zone d'étude (435 Ha). En effet, on observe également que les land-units dans la zone de bail notamment LU1 et LU2 présentent plus de surfaces occupées par la culture de manioc que les autres land-units. Cela s'explique par la topographie de cette zone qui est marquée par des pentes raides.

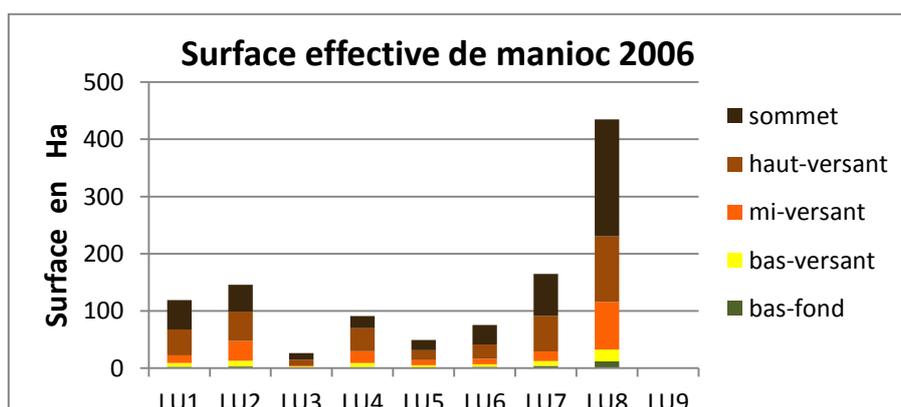


Figure 27: Diagramme des surfaces effectives de manioc 2006

###### Surface potentielle

La surface potentielle en termes de culture de manioc a été de 1107 Ha avant l'implantation de la mine. Si les land-units dans les zones hors des transferts de gestion représentaient 65 % des surfaces occupées par la culture de manioc en 2006, ceux dans la

zone de bail ne représentaient que 16,5 % de surfaces potentiellement cultivables. Quant aux land-units dans les zones de transfert de gestion, ils représentaient 18,3 % des surfaces potentielles.

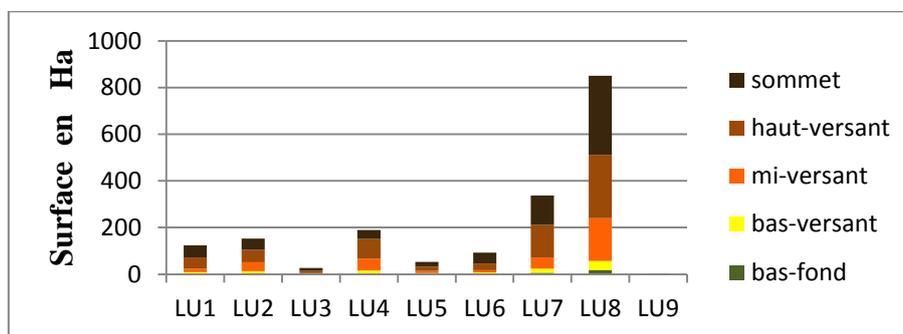


Figure 28. Diagramme des surfaces potentielles de manioc en 2006

#### Comparaison surface effective par surface potentielle

En termes de culture de manioc, en moyenne 60,63 % des surfaces cultivables sont exploitées. Dans les land-units dans la zone de bail, ce pourcentage varie de 95 % à 100 %. Ce qui explique que la zone de bail a été fortement exploitée en 2006. Dans les land-units hors de la zone de bail, ce pourcentage est relativement inférieur à ceux dans la zone de bail : dans LU4 par exemple, il est de l'ordre de 47,89 % seulement. Quant aux zones hors des transferts de gestion, on rencontre un pourcentage élevé du rapport surface cultivée sur surface cultivable dans LU9 tandis que dans LU7 et LU8, ce taux ne dépasse pas 48,73 %.

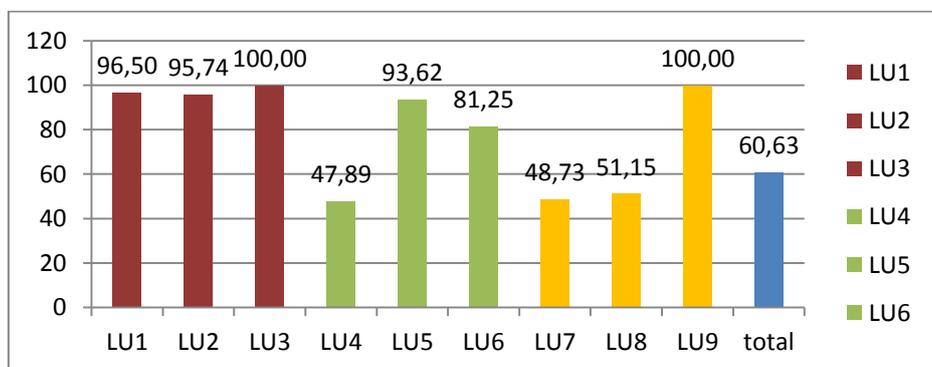


Figure 29. Comparaison des surfaces cultivables et des surfaces cultivées de manioc 2006

#### IV.1.3.2.3.2. Après l'implantation de la mine

##### Surface effective

La surface effectivement occupée par la culture de manioc en 2011 a été de 884 Ha. On constate une diminution de 223 Ha de superficie effectivement utilisée. La plus importante diminution est observée dans LU1 et LU2. Parmi les 9 land-units, 6 d'entre eux ont connu des diminutions ; ce sont en effet les land-units de la zone de bail et ceux des zones de transfert de gestion. Les land-units hors des transferts de gestion par contre ont connu une augmentation

de superficie cultivée. Si en 2006, la zone de bail représentait 26,29 % des surfaces occupées par la culture de manioc dans l'aire de la mine, en 2011, elle ne représentait plus que 16,53 %. De même, le pourcentage de surfaces occupées par la culture de manioc dans la zone de transfert de gestion a varié de 19,47 % à 18,36 %.

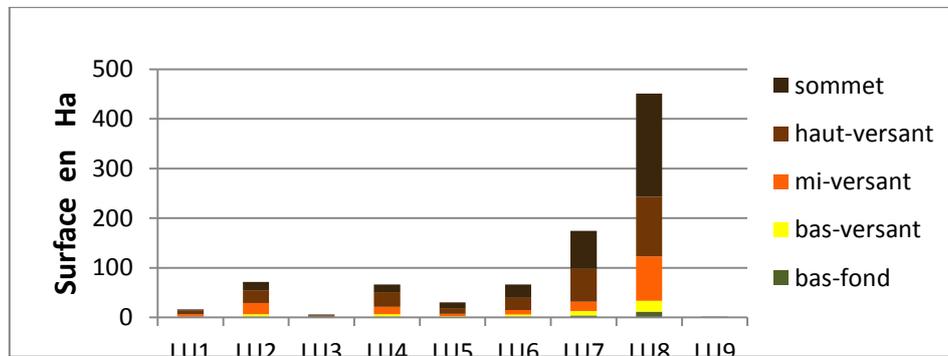


Figure 30. Diagramme des surfaces effectives de manioc 2011

### Surface potentielle

Quant à la surface potentiellement cultivable en termes de culture de manioc, elle représentait 28,34 % de la surface cultivable dans l'aire de la mine en 2011. C'est une étendue de 1597 Ha. La surface potentielle en manioc a connu une restriction entre 2006 et 2011. En effet cette restriction a été de l'ordre de 12,57 % et c'est au niveau de la zone la zone de bail que la restriction est la plus élevée vient ensuite la restriction dans les land-units dans les zones de transfert de gestion. En effet, la zone de bail a connu une diminution de 66,14 %, soit une superficie de 199 Ha et dans les zones de transfert de gestion, cette diminution a été de 22,86 %, soit 76 Ha. Quant aux land-units hors des transferts de gestion, on a plutôt constaté une légère augmentation de la zone potentielle.

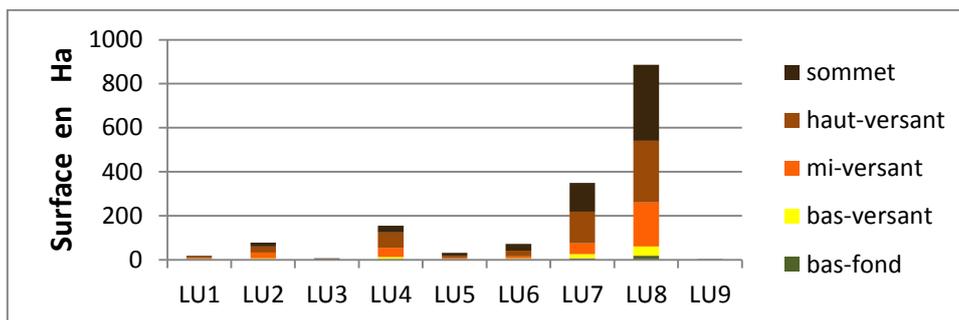


Figure 31. Diagramme des surfaces potentielles de manioc 2011

### Comparaison surface effective surface potentielle

En 2011, la surface cultivable est supérieure à la surface cultivée. En moyenne, 55,36 % de la surface cultivable est déjà exploitée ; ce pourcentage est légèrement inférieur à celui de 2006. En effet, il existe encore 712 Ha de terre susceptible à la culture de manioc mais qui

n'est pas exploitée. L'usage des surfaces par rapport à la potentialité a diminué malgré les restrictions de surface.

Comme en 2006, c'est au niveau de la zone de bail qu'on aperçoit les plus grandes proportions de surfaces cultivables utilisées et LU7, LU8 et LU4 restent les moins exploités.

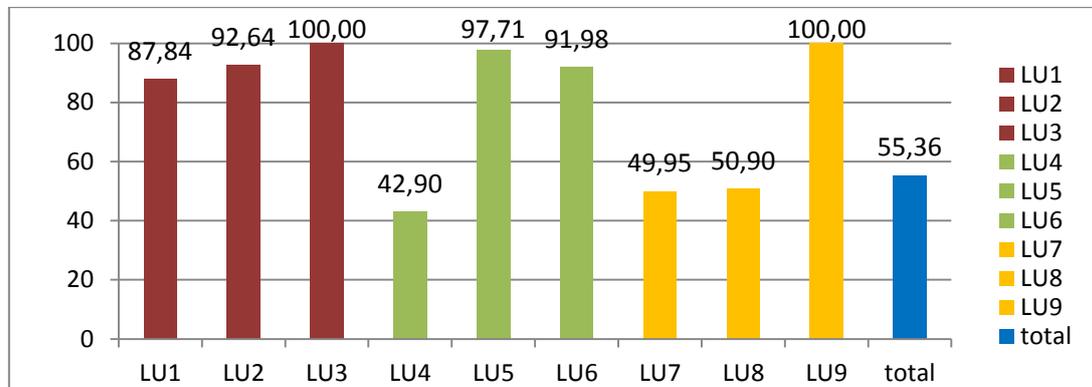


Figure 32. *Proportion de surface potentielle de manioc par rapport à la surface effective 2011*

#### IV.1.3.3. *Comparaison temporelle du rapport surface cultivables par surface cultivée*

En comparant les surfaces utilisées en 2006 à celles utilisées en 2011, on constate des diminutions au niveau des land-units dans la zone de bail. En effet, il y a des parcelles dans les villages Apangadiatrandraka et à Ankazotokana qui ont été relocalisées à Ambolomaro. Ces parcelles relocalisées ont été encore prises dans notre calcul, pourtant leurs rechanges (les parcelles à Ambolomaro) n'ont pas été prises en compte. D'où la constatation de cette diminution au niveau des land-units de la zone de bail.

Dans les land-units compris dans les zones de transfert de gestion (LU4, LU5 et LU6), des diminutions ont également été perçues. Ces diminutions sont dues à l'instauration des zones de conservation dans les VOI.

Contrairement aux deux premières séries de land-units, des augmentations des surfaces cultivables et cultivées sont aperçues dans les land-units hors des transferts de gestion. L'augmentation des surfaces cultivables dans ces zones peuvent être expliquées par l'existence des zones mises en couverture, (déforestation pratiquées par la population avoisinante de la mine) entre ces deux dates. Quant à l'augmentation des surfaces cultivées, elle peut être expliquée par l'accroissement démographique.

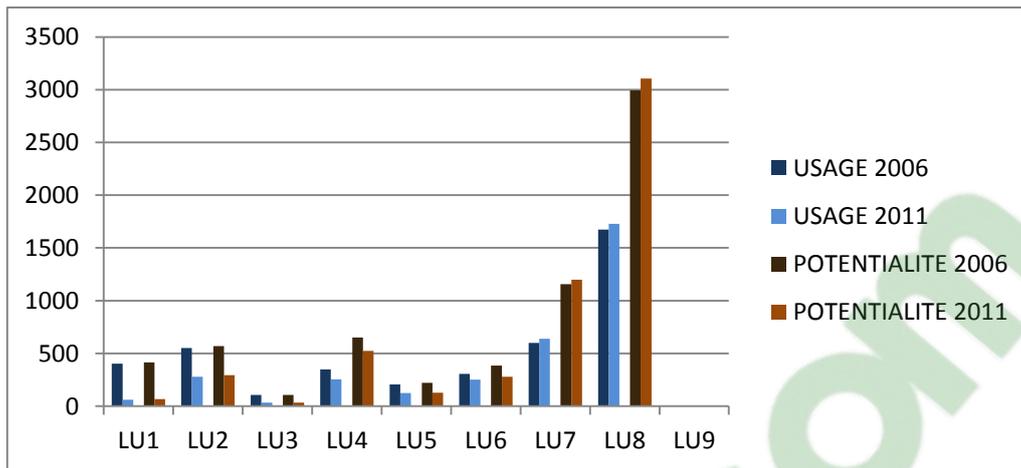


Figure 33: Comparaison temporelle des surfaces cultivées et des surfaces cultivables

Dans la zone de bail notamment dans LU1 et LU2, l'usage de la surface potentielle a connu une diminution au niveau des trois principales cultures. Ces diminutions peuvent être expliquées par le fait que la population dans les villages Ampangaditrandraka et Ankazotokana se concentrent plus à leur agriculture dans les parcelles nouvellement relocalisées (leurs parcelles à Ambolomaro). Dans LU3, on n'a observé ni de diminution ni d'augmentation de l'usage des surfaces potentielles car en 2006, toutes les surfaces potentielles ont déjà été toute exploitées.

Dans les land-units compris dans les zones de transfert de gestion, des augmentations de l'usage des surfaces exploitables sont observées. Ces augmentations peuvent être expliquées par la restriction des surfaces exploitables dans les zones de conservation des VOI.

Quant aux land-units hors des transferts de gestion, ils sont caractérisés par des variations temporelles de l'usage par rapport à la potentialité moins marquées et très diversifiées selon les land-units : dans LU7, une légère augmentation de l'usage par rapport à la potentialité a été perçue, dans LU8 de très faible diminution de l'usage a été perçue et dans LU9, aucune variation n'a été perçue.

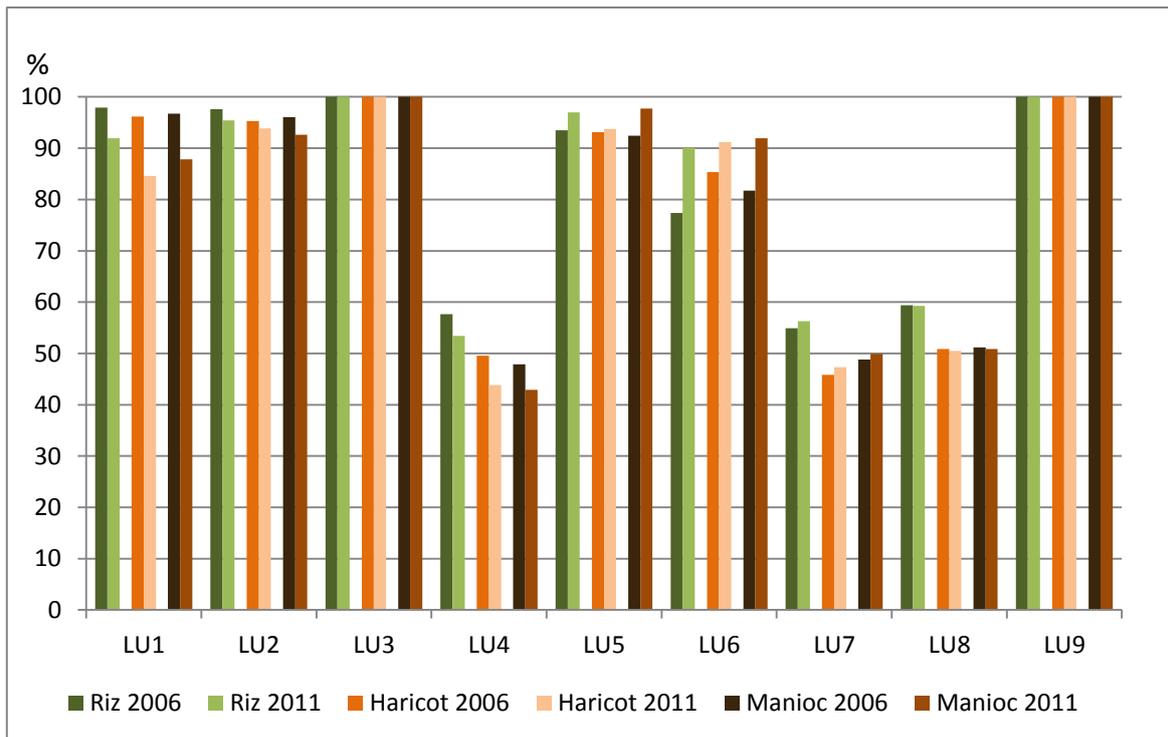


Figure 34: Pourcentage de surfaces cultivées par rapport aux surfaces cultivables

## IV.2. Productions effectives et productions potentielles

Cette section se focalise sur la comparaison des productions réellement récoltées et des productions potentielles des trois principales cultures dans l’aire de la mine. En d’autres termes après avoir comparé les surfaces physiques effectives et potentielles, nous présenterons dans cette section les productions tout en tenant compte de la productivité du sol et des techniques culturales adoptées. Ainsi, nous présenterons en premier les rendements des principales cultures qui seront subdivisés en rendements effectifs (ceux obtenus lors de l’enquête) et les rendements potentiels obtenus après consultations auprès des divers organismes ayant déjà travaillé dans le district de Moramanga. Seront ensuite présentées les surfaces économiques qui sont liées à la pratique culturale notamment le nombre annuel de saison de culture. Les productions effectives et potentielles des trois principales cultures seront présentées à la fin de cette section.

### IV.2.1. Rendements

La détermination des rendements surfaciques de chaque principale culture est nécessaire pour l’obtention des productions. Comme nous cherchons à déterminer à la fois les productions effectives et les productions potentielles, les rendements effectifs et les rendements potentiels seront présentés dans cette section. En effet, lors de la descente sur terrain, on a constaté que la plupart des agriculteurs pratiquent des techniques culturales

rudimentaires. Les rendements qu'on a obtenus lors de l'enquête nous serviront de rendement effectif. Quant au rendement potentiel, c'est la productivité optimale du type de sol caractérisant notre zone d'étude en utilisant les types de semences adéquats. Ils ont été obtenus lors de la consultation des organismes de recherches agronomique, notamment la FOFIFA.

#### *IV.2.1.1. Rendements effectifs*

##### **Riz**

Le rendement rizicole que nous avons obtenu lors de l'enquête varie entre 0,29t/ Ha et 6,33t/ Ha. Le test statistique ne nous a pas permis d'évoquer la relation entre le type de terrain et le type de culture sûrement à cause de notre taux d'échantillonnage. Il est quand même important de considérer que le rendement varie selon les pratiques culturales (riz irrigué ou riz pluvial).

La productivité moyenne de riz lors de l'enquête a été de 2,29t/ Ha. Dans les bas-fonds, ce rendement va de 0,29 à 6,33 t/ Ha avec une moyenne de 2,33t/ Ha. Dans les bas-versant le rendement rizicole moyen est de 2,43t/ Ha.

Quant à la riziculture pluviale, la productivité moyenne est de 0,49t/ Ha dans les haut-versant et 0,58t/ Ha dans les sommets de colline.

##### **Haricot**

Le test statistique n'a pas évoqué de relation entre les types de terrain et la productivité de Haricot. On se contente alors d'utiliser les résultats issus de la statistique descriptive pour l'évaluation des rendements.

La productivité agricole de haricot, selon l'enquête, varie de 0,09 à 2,15t/ Ha avec une moyenne de 0,32 t/ Ha. Les productivités moyennes de haricot dans les bas-fonds, bas-versant, mi-versant, haut des versants et les sommets sont respectivement 0,36 t/ Ha, 0,06 t/ Ha, 0,20 t/ Ha, 0,33 t/ Ha et 0,21t/ Ha.

##### **Manioc**

Comme dans le cas du riz et du manioc, le test statistique n'a pas montré de dépendance entre le rendement de manioc et le type de terrain. Dans l'ensemble, le rendement varie de 0,17 à 8,60 t/Ha avec une moyenne de 3,37t/ Ha.

Clicours.COM

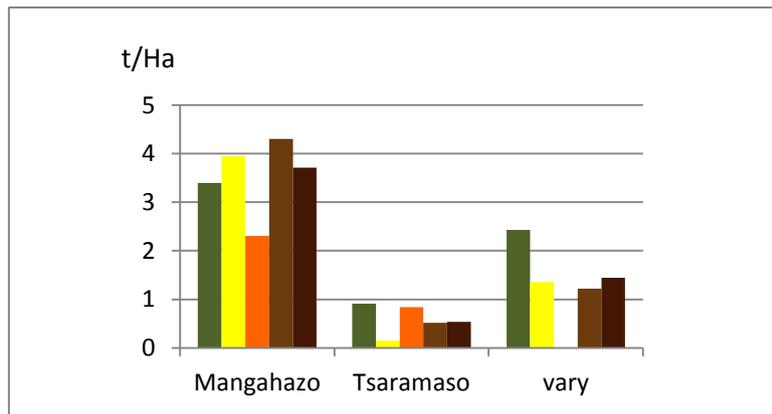


Figure 35. Variation du rendement en fonction du type de terrain

#### IV.2.1.2. Rendements potentiels

##### Riz

En tenant compte des caractères pédologiques, les types de riz appropriés à notre zone d'étude sont : le Malailaka X265, Bemaka, Madikatra pour la riziculture irriguée. Ces types de semences peuvent produire jusqu'à 4,5t/ Ha si on pratique la technique de riziculture améliorée. Quant à la riziculture pluviale, les types de riz qui sont appropriés à l'aire de la mine sont Fotsiambo, IRAT 112 et NERICA 3 et 4. En suivant les techniques culturales appropriés, ces variétés de riz peuvent produire jusqu'à 4,5t/ Ha.

##### Haricot

Nous n'avons pas pu avoir de donnée précise sur le rendement potentiel en Haricot dans notre zone d'étude, ainsi nous avons pris un type de semence dans une fiche culturale. Le rendement potentiel de Haricot peut varier de 1,5 à 2 t/ Ha. Pour ne pas surestimer la production potentielle, on a adopté un rendement potentiel de 1,5t/ Ha.

##### Manioc

Nous n'avons pas pu avoir de données précises sur le rendement potentiel de manioc. Une consultation du TBE donne la productivité de manioc en trois dates, nous avons ainsi pris le rendement maximal en ces trois dates comme rendement potentiel. En effet, la production maximale qu'on a observée est de 8t/Ha.

#### IV.2.2.Surface économique

Pour l'obtention des productions de chaque type de culture, la détermination des surfaces économiques s'avère nécessaire. Ainsi, dans cette section, nous présenterons les surfaces économiques de chaque principale culture tout en tenant compte des nombres moyens de saison selon chaque type de terrain.

### **Riz**

Le nombre annuel de saison pour la culture de riz varie de 1 à deux. Parmi le parcelle-échantillons que nous avons observés, quel que soit le type de terrain, le nombre de saison annuelle et majoritairement 1. La population pratique la riziculture deux fois en une année seulement dans 1,72 % des bas-fonds, dans les restes des terrains, les gens pratiquent la riziculture une fois en une année.

Avant l'implantation de la mine, la surface économique rizicole effectivement utilisée a été de 2588 Ha alors que la surface économique potentielle a été de 3838 Ha.

Après l'implantation de la mine, la surface économique rizicole effectivement utilisée a été de 2082 Ha contre une potentialité de 3289 Ha.

Dans tous les cas, comme dans les surfaces physiques, c'est au niveau des land-units 7 et 8 qu'on observe la majorité de ces surfaces rizicoles.

Tableau 6. Surface rizicole économique 2006 et 2011

	<b>usage 2006 [Ha]</b>	<b>potentielle 2006 [Ha]</b>	<b>usage 2011 [Ha]</b>	<b>potentielle 2011 [Ha]</b>
LU1	237	242	34	37
LU2	326	334	162	169
LU3	68	68	24	24
LU4	205	355	151	283
LU5	131	139	79	81
LU6	197	255	157	174
LU7	374	680	397	705
LU8	1046	1759	1074	1811
LU9	5	5	5	5
total	<b>2589</b>	<b>3838</b>	<b>2083</b>	<b>3289</b>

Comme les rendements nous avons considéré les rendements selon les types de terrain, ces surfaces ont été classées selon les types de terrains pour avoir les productions rizicoles dans l'aire de la mine (cf annexe).

### **Haricot**

Les répondants, lors de l'enquête ont affirmé que le nombre de saison de culture varie de 1 à trois fois en une année. Contrairement au cas de la riziculture, le nombre de saison de culture de manioc est très variable. Malgré cette instabilité du nombre de saison de culture de Haricot, le test de khi 2 montre qu'il n'existe pas de relation entre le nombre de saison de culture de manioc et le type de terrain (cf annexe). En d'autres termes, les gens ne choisissent

pas la technique de culture de haricot, notamment le nombre de saison de culture en fonction du type de terrain. On remarque quand même que le nombre de saison de culture de haricot est très variable dans les bas-fonds que dans les autres types de terrain.

Avant l'implantation de la mine, la surface économique effectivement occupée par la culture de haricot a été de 5123 Ha, celle cultivable a été de 7790 Ha.

En 2011, des diminutions ont été observées au niveau des surfaces économiques effectives et des surfaces économiques potentielles. En effet, la surface économique effectivement occupée par la culture de Haricot a été de 4169 Ha et celle potentiellement cultivable a été de 6785 Ha.

Tableau 7. Surface économique de haricots 2006 et 2011

	<b>Usage 2006 [Ha]</b>	<b>Potentielle 2006 [Ha]</b>	<b>Usage 2011 [Ha]</b>	<b>Potentielle 2011 [Ha]</b>
LU1	446	459	74	83
LU2	681	704	358	379
LU3	123	123	45	45
LU4	425	774	312	622
LU5	261	278	153	157
LU6	376	480	303	334
LU7	703	1326	749	1375
LU8	2099	3635	2166	3781
LU9	10	10	10	10
total	<b>5123</b>	<b>7790</b>	<b>4169</b>	<b>6785</b>

### *Manioc*

Le nombre de saison de culture de manioc, selon l'enquête, varie d'une fois tous les trois ans, une fois tous les deux ans une fois par an, deux fois tous les trois ans et trois deux fois par an. Le test de khi 2 montre que malgré ces différentes valeurs du nombre de saison de culture de manioc, qu'il n'y a pas de relation entre le type de terrain et le nombre de saison de culture.

Tableau 8. Surface économique de manioc 2006 et 2011

	<b>usage 2006 [Ha]</b>	<b>potentielle 2006 [Ha]</b>	<b>usage 2011 [Ha]</b>	<b>potentielle 2011 [Ha]</b>
LU1	109	36	7	8

LU2	124	55	29	31
LU3	25	9	3	3
LU4	78	68	25	56
LU5	43	19	11	11
LU6	69	29	21	23
LU7	153	99	50	102
LU8	384	265	145	280
LU9	1	0	0	0
<b>total</b>	<b>986</b>	<b>581</b>	<b>291</b>	<b>514</b>

### IV.2.3. Production

En multipliant les surfaces économiques avec les productivités agricoles selon les types de terrain, nous obtenons les résultats ci-après.

#### IV.2.3.1. Riz

Tableau 9. Productions rizicoles 2006 et 2011

	<b>production effective 2006</b> [tonnes]	<b>production potentielle 2006</b> [tonne]	<b>production effective 2011</b> [tonnes]	<b>production potentielle 2011</b> [tonne]
LU1	448	1065	59	162
LU2	632	1481	312	751
LU3	129	299	48	108
LU4	383	1569	282	1249
LU5	259	618	155	360
LU6	396	1130	307	769
LU7	746	2997	791	3108
LU8	2148	7770	2200	8000
LU9	11	23	11	23
<b>TOTAL</b>	<b>5152</b>	<b>16953</b>	<b>4166</b>	<b>14530</b>

La production effective en 2006 a été de 5 152 tonnes, la majorité de la production est observée dans LU8. En effet, la vastitude de LU8 lui met à la place de premier land-unit producteur de riz dans la zone d'étude.

La production effective en 2011 a été de 4 166 tonnes. Comme en 2006, c'est au niveau de LU8 qu'on observe le maximum de production rizicole. Une baisse de 900 tonnes de riz est constatée entre 2006 et 2011. La baisse est observée au niveau de la zone de bail et des zones de transfert de gestion. Dans les zones hors de transfert de gestion, de très légères augmentations de la production, de l'ordre de 3 % ont été observées.

La diminution de la production effective dans la zone de bail ainsi que dans les zones de transfert de gestion peut être expliquée par la restriction de la surface rizicole due à l'implantation du projet à l'instauration des zones de conservation.

Dans la zone de bail, la diminution est plus élevée car il y a des surfaces cultivées qui ont été relocalisées. Ces zones n'ont pas été considérées dans la présente étude.

Quant à la production susceptible d'être récoltée dans la zone d'étude, elle a été de 16 953 tonnes en 2006, et 14 530 tonnes en 2011. La production potentielle avancée dans cette étude tient compte des techniques culturales et des semences améliorées.

Malgré les diminutions des productions effectivement récoltées, les productions effectives en 2006, comme en 2011 ont été inférieures aux productions potentielles. Cette différence est expliquée par la non maîtrise des techniques agricoles. En effet, lors de l'enquête, presque la totalité des agriculteurs avoue ne pas pratiquer les techniques de la riziculture améliorée. Ceux qui ont affirmé avoir suivi les formations apportées par la compagnie Ambatovy et d'autres ONG, ne les pratiquent que sur de très faibles portions de leur propriétés foncières voire ne les pratiquent pas.

#### **IV.2.3.2. Haricot**

*Tableau 10. Production de haricots 2006 et 2011*

	production effective 2006 [tonne]	production potentielle 2006 [tonne]	production effective 2011 [tonne]	production potentielle 2011 [tonne]
LU1	28	30	7	8
LU2	52	55	30	33
LU3	6	6	2	2
LU4	32	68	23	56
LU5	17	18	9	9
LU6	21	25	19	20
LU7	40	89	43	93

LU8	141	278	148	296
LU9	0,31	0,31	0,33	0,33
<b>TOTAL</b>	<b>338</b>	<b>570</b>	<b>282</b>	<b>518</b>

En 2006, la quantité de haricot effectivement récoltée par la population de l'aire de la mine a été de 338 tonnes. Les land-units hors des transferts de gestion détenaient plus de la moitié de cette production. Ceux des zones de transfert de gestion n'en détenaient que 20,63 %, le reste étant produit dans la zone de bail (25,64 %). En 2011, cette quantité de haricot récoltée dans la zone d'étude a été de 282 tonnes, soit une diminution de 57 tonnes de haricot entre 2006 et 2011. On constate que la diminution a été très remarquable dans la zone de bail (14 % contre 5,5 % dans les zones des transferts de gestion). Comme dans le cas de la riziculture, une très légère augmentation de la production effective de haricot a été observée dans les zones hors des transferts de gestion.

Quant aux productions potentielles que l'on peut récolter dans la zone d'étude, elles ont varié de 570 tonnes en 2006 à 518 tonnes en 2011.

Tout comme la production rizicole, les productions effectives de haricot restent inférieures aux productions potentielles en 2006 comme en 2011. Cette différence est expliquée par le fait que l'adoption des techniques de culture ancestrales domine encore dans les alentours de la mine Ambatovy, malgré les formations qui ont déjà été apportées. La restriction des surfaces est également un des facteurs de cette diminution.

#### IV.2.3.3. *Manioc*

Tableau 11. Production de manioc 2006 et 2011

	<b>production effective 2006 [tonne]</b>	<b>production potentielle 2006 [tonne]</b>	<b>production effective 2011 [tonne]</b>	<b>production potentielle 2011 [tonne]</b>
LU1	424	436	50	55
LU2	467	485	215	231
LU3	96	96	23	23
LU4	297	607	219	494
LU5	163	174	106	108
LU6	264	329	230	251
LU7	592	1185	625	1224
LU8	1435	2786	1481	2874
LU9	3,18	3,18	4,14	4,14

<b>TOTAL</b>	<b>3743</b>	<b>6100</b>	<b>2952</b>	<b>5265</b>
--------------	-------------	-------------	-------------	-------------

La production effective de manioc en 2006 a été de 3743 tonnes. En 2011, elle a été de 2952 tonnes. Si 19,37 % de la quantité de manioc produite dans l'aire de la mine venait des zones de transfert de gestion en 2006, cette proportion n'était plus que de 18,77 % en 2011. Cette diminution était plus remarquée dans la zone de bail ; le pourcentage cité précédemment variait de 26,38 % à 9,70 % entre 2006 et 2011 dans la zone de bail. Comme dans les cas du riz et du Haricot, les zones hors des transferts de gestion ont connu une légère augmentation de la production de manioc, de l'ordre de 2 %. Ainsi, si en 2006, les zones hors des transferts de gestion produisaient 54 % de totale de manioc dans l'aire de la mine, en 2011, elles produisaient plus de 70 % de cette dernière.

Si telles sont quantités de manioc effectivement récoltées dans l'aire de la mine en 2006 et en 2011, les quantités susceptibles d'être récoltées tout en tenant compte des technique culturales, des types de terrains ainsi que des surfaces, ont varié de 6100 tonnes à 5265 tonnes entre ces deux dates. En effet, on a pu récolter un surplus de 2358 tonnes de manioc en 2006 et 2313 tonnes en 2011 si les agriculteurs ont adopté une technique de culture améliorée et s'ils ont exploité les surfaces la totalité des surfaces cultivables.

### **IV.3. Quantité de riz consommée dans l'aire de la mine**

L'EIE 2006 affirme que la quantité individuelle annuelle de riz consommée est un indice sur l'évaluation du niveau de vie. Il a affirmé que la quantité de 135kg/pers/ans indique le seuil de pauvreté. Cette section met ainsi en exergue le niveau de vie de la population de l'aire de la mine si on ne considère que cet indice : consommation individuelle annuelle de riz. En d'autres termes, elle met en relief la place des services crops dans l'évaluation du niveau de vie de la population de l'aire de la mine. Face à cette hypothèse, deux points sont à considérer : la diversification de la consommation individuelle annuelle de riz, le niveau de consommation de riz par rapport au seuil de la pauvreté.

#### **IV.3.1. Comparaison des consommations par land-unit**

Pour une bonne utilisation de notre étude, il s'avère nécessaire de savoir si les consommations varient suivant l'appartenance sociale de la population c'est-à-dire si elles diffèrent selon les land-units. Le variable étudié est ainsi la consommation annuelle de riz par individu.

Un test de Kruskal Walis a été fait car il y a des land-units dont leurs variables ne suivent pas la loi normale.

Sous l'hypothèse nulle : « La consommation en riz n'est pas différente selon les land-units »

Et l'hypothèse alternative : « la consommation en riz diffère selon les land-units », le test de Kruskal Wallis a donné les résultats suivants.

K (Valeur observée)	18,592
K (Valeur critique)	14,067
DDL	7
p-value (bilatérale)	0,010
alp Ha	0,05

p-value est inférieur à alpha, l'hypothèse nulle est rejetée et on retient l'hypothèse alternative : la quantité de riz consommée n'est pas la même dans les land-units.

La consommation de riz dans l'aire de la mine est inférieure à la quantité indiquant le seuil limite de la pauvreté.

En effet, les moyennes des consommations annuelles individuelles dans chaque land-unit varient de 52,17 à 150,84 kg.

#### **IV.3.2. Consommation dans chaque land-unit**

Comme affirmé dans la précédente sous-hypothèse, les consommations de riz diffèrent selon les land-units. Ainsi, à chaque land-unit sera déterminé comment est la consommation individuel de riz face à la quantité indiquant le seuil limite de la pauvreté qui est de 135kg/pers/ans.

La consommation moyenne annuelle de riz dans l'aire de la mine est de 125,43kg/pers. Le test de comparaison de moyenne affirme qu'il n'y a pas de différence significative entre cette moyenne et la consommation indiquant le seuil limite de la pauvreté. Cette section se focalise sur le niveau de vie de la population face à la leur consommation en riz.

Les résultats des tests de normalité et des tests bilatéraux faits au niveau de chaque LU sont récapitulés par le tableau qui suit :

La variable étudiée est la consommation individuelle annuelle de riz dans chaque land-unit. Presque dans tous les land-units, les variables suivent la loi normale. LU1 fait exception car il n'y a que trois données constantes qui sont exploitables dan LU1.

Tableau 12. Résultats des tests de normalités et des tests de Kruskal walis

	lu1	lu2	lu3	lu4	lu5	lu6	lu7	lu8
Variable normale	Non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
W (valeur du test de wilk)		0,935	0,840	0,929	0,970	0,872	0,906	0,847
p-value		0,291	0,098	0,509	0,844	0,129	0,414	0,054
alp Ha		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
consommation moyenne [kg/pers/ans]	52,18	137,98	85,72	116,42	150,85	149,08	133,53	132,27
Différence		2,982	-49,278	-18,577	15,847	14,082	-1,470	-2,731
t (Valeur observée)		0,261	-3,765	-1,339	1,452	0,621	-0,067	-0,133
t (Valeur critique)		-2,131	-2,448	-2,366	-2,131	-2,306	-2,571	-2,262
DDL		15	6	7	15	8	5	9
p-value (bilatérale)		0,797	0,009	0,223	0,167	0,552	0,949	0,897
alp Ha		0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
conclusion sur la consommation	<135	135	<135	égale à 135				

Aucune observation n'a été faite dans LU9.

Parmi les huit land-units analysés, on n'a observé aucune consommation supérieure à 135kg/pers/ans que dans LU3. Deux des land-units sur les huit observés consomment au-dessous de 135. Les restes des land-units consomment juste au seuil de pauvreté.

#### **IV.4. Recommandations**

L'analyse des résultats présentés ci-dessus nous conduit aux recommandations suivantes:

##### **IV.4.1. Sur la méthodologie**

Un recensement de la population doit être fait pour déterminer le niveau d'autosuffisance en services crops dans l'aire de la mine.

Pour une bonne évaluation de la productivité du sol, des sondages à mailles serrées suivis d'analyses au laboratoire doit être fait pour déterminer les teneurs en éléments nutritifs (N, P et K) dans le but d'évaluer de manière précise les productivités potentielles.

Si on veut faire une bonne analyse temporelle de l'évaluation des services crops, on doit tenir compte de la détérioration ou de l'amélioration de la qualité du sol.

##### **IV.4.2. Sur les mesures de mitigation**

Dans la zone de bail, des formations sur les techniques agricoles doivent être apportées pour améliorer la productivité car les surfaces disponibles sont déjà presque exploitées.

Quant aux zones hors de transferts de gestion, des sensibilisations de la population sur l'utilisation du sol doivent être apportées. Il faut également faciliter l'acquisition foncière.

Clicours.COM

## CONCLUSION

L'exploitation de minière d'Ambatovy est une des plus grandes extractions minières de Madagascar. En parallèle avec cette ampleur du projet, une énorme étendue géographique est concernée par son activité. En effet, une zone de 7 664 Ha est sujette d'un bail amphithéotique qui dure 99 ans dont 2 154 Ha touchée par l'empreinte minière. Les activités de la compagnie peuvent contribuer en un déséquilibre de l'écosystème. Les services crops sont des services écosystémiques susceptibles d'être impactés par le projet. Pour pouvoir affirmer l'existence ou non de conséquences du projet sur ces derniers, la connaissance de l'état de ces services avant et durant l'implantation de la mine s'avère nécessaire. Dans le cadre de la présente étude, les hypothèses avancées supposent que les surfaces agricoles effectivement utilisées par la population aux alentours de la mine étaient inférieures aux surfaces susceptibles d'être cultivées avant et durant l'implantation de la mine. Il a également été supposé que les productions agricoles effectivement récoltées étaient inférieures aux quantités que l'on pourrait obtenir du sol en 2006 comme en 2011. Cette deuxième hypothèse tient compte de la productivité agricole qui est fortement liée aux techniques agricoles et au type de sol aux environs de la mine. La troisième hypothèse suppose que la consommation des produits agricoles par les populations de l'aire de mine soit encore supérieure au seuil limite de la pauvreté.

La première hypothèse a été vérifiée. En effet, les résultats ont montré que les usages des surfaces agricoles dans la majorité des land-units de l'aire de la mine étaient inférieurs aux potentialités en 2006 comme en 2011. On a constaté un usage égal à la potentialité seulement dans le land-unit9 et aucun résultat n'a évoqué un usage supérieur à la potentialité. Le niveau d'utilisation de la terre a été de 67,41 % en 2006 et 63,27 % en 2011, soit une diminution de 6,13 % du taux d'utilisation de la terre. Les résultats ont mis en exergue que l'usage des surfaces agricoles par rapport aux surfaces potentielles sont plus accentuées dans les land-units de la zone de bail et les land-units dans les zones de transfert de gestion que dans les land-units hors des transferts de gestion.

L'étude a également mis en relief que la capacité de production agricole des populations de l'aire de la mine est très faible. En considérant les facteurs : types de terrain et techniques agricoles, l'étude a évoqué que seulement 30,38 % des quantités de riz susceptibles d'être produites a été réellement récoltée en 2006. Quant aux productions de

Haricotset de manioc, les ratios de production en 2006 ont été respectivement 59,29 % et 61,36 %. En 2011, les niveaux de production agricole ont été respectivement de 28,61 %, 54,44 % et 56,07 % pour le riz le Haricot et le manioc. Ainsi des diminutions au niveau des rapports quantité agricole réellement produites par quantité susceptible d'être produite ont été constatées entre 2006 et 2011. Ces diminutions sont de l'ordre de 5,6 % pour le riz, 8,1 % pour le Haricot et 8,6 % pour le manioc.

Quant à l'hypothèse concernant la consommation des produits de l'agriculture, les résultats ont montré que les consommations de riz dans l'aire de la mine varient selon les land-units. Il a ainsi été montré que dans la plupart des land-units de l'aire de la mine, cette consommation annuelle de riz est supérieure à la quantité indiquant le seuil limite de la pauvreté qui est de 135 kg/personne. La consommation moyenne annuelle de riz selon l'enquête a été de 125,43 kg/personne qui, d'un premier point de vue est légèrement inférieure à 135 mais le test de comparaison n'a affirmé aucune différence entre ces deux moyennes.

Faces aux résultats obtenus ainsi qu'aux conclusions tirés de cette étude, des discussions suivantes sont ouvertes : les diminutions aux niveaux des taux de production agricole et d'usage des terres sont-elles dues à l'implantation de la mine ? À quel point les productions agricoles dans l'aire de la mine couvrent-elles l'autoconsommation de la population avoisinante.

L'approfondissement de ces discussions suppose la considération d'une zone qui sert de référence et d'un recensement démographique dans l'aire de la mine.

## **Bibliographies**

- [1] DYNATECH CORPORATION (2006) : "Etude d'impact environnemental", Vol K 630 pages.
- [2] BBOP
- [3] MEA
- [4] FAO ; PAM : "Evaluation de la sécurité alimentaire à Madagascar", Rapport de fin de mission, Octobre 2013, 6 pages
- [8] RANAIVOSON Laurent : "Mise en œuvre du SIG dans l'évaluation des potentialités agricoles Faratsiho", Mémoire d'ingénieur, option : Génie civil, ESPA, Université d'Antananarivo, 191 pages.
- [9] Entreprise HANITRINIALA: "Plan de Gestion Forestière", Novembre 2010, 85 pages.
- [10] RASOARANTOMANANA; (2009) "Potential evaluation of different types of images and their combination for the classification of GIS objects cropland and grassland. The Internet Archives of the Photogramm, Remote Sensing and Spatial Info. Sc., Vol VIII-4/W19, 6pp.
- [11] ANDRIANASOLO M.J. (2012) "Potentialité grainière de la zone de conservation d'Ambatovy en vue de la restauration de l'empreinte minière", Mémoire d'ingénieur. ESSA Forêt- Université d'Antananarivo 55 pages.
- [12] SAVAIVO : " Référentiel pour la zone mine et ses environs ", Rapport final, Juin 2012.
- [13] RAMA HAVALISOA et al: "Etude des pressions issues des utilisations des ressources naturelles dans l'aire de la mine", Rapport de mission, Juillet 2009, 26 pages.
- [14] QUIVY et VAN CAMPENHOUDT : "Manuel de recherche en science social", 1995.
- [15] RAMAMONJISOA Bruno S : "Méthode d'enquête", 1996 ESSA-forêts, manuel forestier, TPFLM Antananarivo, 30 pages.
- [16] RAZANAKOTO Andry M. : "Professionnalisation de l'approvisionnement de la ville de Mahajanga en énergie domestique", 2010, 110 pages.
- [17] DIBOST : "Les systèmes d'information environnemental", centre international pour l'environnement, Alpin, 1993.
- [18] V. AGOSSOU, G. BALTISSSEN "Le concept topo séquence dans le développement d'innovation avec les villageois", 1996
- [19] HUSSON O., SEGUY L., C HARPENTIER H., RAKOTONDRAMANANA, MICHELON R., RA HARISON T. "Manuel pratique du semis direct sur couverture

végétale permanente (SCV). Application à Madagascar. GSDM/CIRAD.", 2013.

[20] RANAIVOSON R. "Les tests statistiques".

[21] CARRERE R. (2004). *L'industrie minière: Impacts sur la société et l'environnement*.  
Edition: Hersilia Fonseca. 180 pages

## **Webographies**

[1] <http://www.fao.org/agriculture/crops/plan-thematique-du-site/theme/biodiversity0/fr/>,  
consulté le 19 Octobre 2016

[5] <http://www.fao.org/wairdocs/x5164f/X5164f0z.htm#a>, consulté le 18 Octobre 2016.

[6] <http://www.agriculture-rdc.net/agri/index.php/agriculture/cultures-vivrieres/109-fiche-technique-Haricot>, consulté le 15 Septembre 2016.

[7] <http://popups.ulg.ac.be/1780-4507/index.php?id=1044>, consulté le 18 Octobre 2016.

# ANNEXE

## ANNEXE I: LISTE DES VILLAGES DANS LES LAND-UNITS

			Fokontany	Villages
Zone de bail	Nord-Ouest	LU1		Fanombaza, Ankarahara, Marosiky, Andempobe, Ankosy, Antsatsaka, Ambohitraomby, Androanala
	Sud-Ouest	LU2		Ambohitsoa, Sahaevo, Taniditra, Mangarivotra, Antsangambaton-drafitiahana, Antranondambo, Ankazotokana (Relocalisation), Tananarivo, Ampasataolana, Antsingilondravoantsira, Ampasandrainonibe, Karabe, Ambatomainty, Ampangadiatrandraka, Saviara, Andranoverly, Amboasary kely, Arainanala (Behontsa ambony)
	Est	LU3		Marohonkona, Berano, Tanambaovao Berano
TG	Nord-Ouest	LU4	<b>Ambohibolakely</b>	<b>Telomira</b> : Ampitambe, Ambodirina, Ampihelemana, Andrenihanitra, Ambato, Ankofafa, Beangaka
			<b>Marovoay</b>	<b>Velonaina</b> : Sahaendrana, Akomy, Ampangalanana, Ankofibe, <b>AAM</b> : Anontsina,
	Sud-Ouest	LU5		<b>Ezaka sy Fandrosoana</b> : Antanimbaritsara <b>MTI</b> : Andalona <b>Taratra</b> : Antombana, Ankarongana, Sahavarina, Antsangambaton'i Marozafy, Behontsa (Ambany), Belatsifafana,
	Est	LU6		<b>Taratra</b> : Bekiritsika, Mangarivotra, Maroma Hatsinjo, Menalamba, Avondrona, Mokaranana, Antsamenarano, Ambohitrampanga, Ambondromasay, Antsahamenarano,

				Amberomanga, Andranofasika, Andasimbiavy, Mahatehonina, Marotehina, Antsangambaton'Iaba  (Fitama) Ambofampana, Ambodivoasary, Beala,
HTG	Nord-Ouest	LU7	Marovoay  Ampitambe	Mahavoky, Amparihy, Mahatana (Sakalava), Ambohibolakely,  : Marojiro, Antavibe, Antsandrarezona, Marovoay, Antanimboanjo, Andandemy, Antsa Haingitra, Ambavahadiala, Amboara,  : Ambatolampibe, Ambetoaka, Ampatolampy, Ambohimanarivo
	Sud-Ouest	LU8	Ampitambe  Befotsy	Ampihimbe, Antanambao, Antsimpina, Ambia, Andranomantsina, Ambaniala, Ambotavolo, Andriana, Analabe, Ambohinierenana, Amparisamy, Ambohitranivo, Ankazondandy, Ampitambe, Vodiriana,  : Antsahatsara, Antsakaviro, Mahajery, Ambatoboribory, Antavilava, Bemanditra, Amboaramena, Ankamainana, Ambolobe, Antavindrasira, Ambatolampy kely, Ambohimanjaka, Andragahibe, Antezakely, Ambatobe, Asahandrazana, Ambaraloha, Antalarava, Belambo, Andobokely, Asa Harefona, Marofangady, Beravina
	Est	LU9		Bevetraka, Ambofampana, Ambodivoasary, Beala, (Fkt, Falierana/ Commune Andasibe)

**ANNEXE II: LES VILLAGES ENQUETES DANS L'AIRES DE LA MINE**

<b>Villages</b>	<b>Nombre de parcelles</b>	<b>Nombre de ménages</b>
Berano	7	10
Avondrona	4	8
Antsamemarano	4	9
Marohonkona	7	3
Sa Havarina	9	15
Antsa Havola	1	3
Ambatomainty	3	8
Antsakarivo	2	7
Tananarivo	2	6
Andalona	3	10
Antaralava	6	26
Belambo	1	3
Ambolobe	2	4
Ambaniala	1	4
Beravina	2	6
Ampasandrainonibe	1	4
Behontsa ambany	3	9
Behontsa Ambony	4	7
Ampangadiatrandraka	4	0
Andranoverly	1	5
Ankazotokana	5	15
Ambohimananarivo	4	10
Ampielemana	2	7
Ma Hatakatra	2	7
Ankara Hara	2	8
Fanombaza	1	2
Ankomy	2	10
Antsandarezona	2	7

Antavibe	2	10
Sahendrana	2	8
Sa Haevo	1	4
Antanimbaritsara	3	8
Ambilona	1	5

### ANNEXE III. SURFACE RIZICOLE EFFECTIVEMENT UTILIEE EN 2006

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	116	73	0	20	26	<b>235</b>
LU2	174	103	0	23	24	<b>323</b>
LU3	34	22	0	4	6	<b>67</b>
LU4	97	78	0	18	11	<b>203</b>
LU5	75	37	0	7	9	<b>129</b>
LU6	117	49	0	11	17	<b>195</b>
LU7	218	87	0	28	37	<b>370</b>
LU8	664	215	0	51	104	<b>1035</b>
LU9	4	1	0	0	0	<b>5</b>
<b>TOTAL</b>						<b>2562</b>

### ANNEXE IV. SURFACE RIZICOLE POTENTIELLE 2006

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	117	76	0	21	26	240
LU2	177	107	0	24	24	331
LU3	34	22	0	4	6	67
LU4	154	141	0	37	20	352
LU5	80	40	0	8	10	138
LU6	162	54	0	12	24	252

LU7	364	184	0	61	65	674
LU8	1034	414	0	120	173	1742
LU9	4	1	0	0	0	5
<b>TOTAL</b>						<b>3801</b>

#### ANNEXE V. SURFACE RIZICOLE EFFECTIVE 2011

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	12,74	16,24	0,00	2,97	1,46	33,42
LU2	85,84	54,30	0,00	11,25	8,65	160,04
LU3	13,66	7,98	0,00	1,07	1,28	23,99
LU4	70,94	58,06	0,00	12,93	8,07	150,00
LU5	44,37	22,58	0,00	4,97	6,15	78,07
LU6	86,73	43,82	0,00	10,81	13,69	155,05
LU7	230,32	94,53	0,00	29,32	39,17	393,35
LU8	676,88	226,14	0,00	53,34	106,11	1062,47
LU9	3,72	1,06	0,00	0,25	0,17	5,20
<b>TOTAL</b>						<b>2061,58</b>

#### ANNEXE VI. SURFACE RIZICOLE POTENTIELLE 2011

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	13,84	17,69	0,00	3,30	1,50	36,34
LU2	89,14	57,40	0,00	12,15	9,02	167,71
LU3	13,66	7,98	0,00	1,07	1,28	23,99
LU4	118,91	115,28	0,00	30,72	15,74	280,65
LU5	45,60	23,45	0,00	5,00	6,42	80,48
LU6	98,28	46,87	0,00	11,54	15,42	172,11

LU7	376,16	192,17	0,00	63,37	66,93	698,63
LU8	1058,43	434,07	0,00	124,08	176,21	1792,80
LU9	3,72	1,06	0,00	0,25	0,17	5,20
<b>TOTAL</b>						<b>3257,91</b>

#### ANNEXE VII. SURFACE EFFECTIVE DE HARICOTS2006

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	6	23	12	4	4	50
LU2	9	32	31	5	4	81
LU3	2	7	2	1	1	12
LU4	5	24	18	4	2	54
LU5	4	12	8	2	1	27
LU6	6	15	8	3	3	35
LU7	12	27	15	6	6	66
LU8	35	67	74	11	17	204
LU9	0	0	-	0	0	1
<b>TOTAL</b>						<b>530</b>

#### ANNEXE VIII. SURFACE POTENTIELLE DE HARICOTS2006

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	6	24	14	5	4	52
LU2	9	33	33	5	4	85
LU3	2	7	2	1	1	12
LU4	8	44	45	8	3	109
LU5	4	12	9	2	2	29
LU6	9	17	9	3	4	41
LU7	19	57	43	14	10	144

LU8	55	130	162	27	27	401
LU9	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>						<b>874</b>

**ANNEXE IX. SURFACE EFFECTIVE DE HARICOTS2011**

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	1	5	4	1	0	11
LU2	5	17	20	3	1	46
LU3	1	2	0	0	0	4
LU4	4	18	13	3	1	39
LU5	2	7	4	1	1	15
LU6	5	14	8	2	2	31
LU7	12	30	17	7	6	71
LU8	36	71	79	12	17	215
LU9	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>						<b>433</b>

**ANNEXE X. SURFACE POTENTIELLE DE HARICOTS2011**

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	1	6	6	1	0	13
LU2	5	18	22	3	1	49
LU3	1	2	0	0	0	4
LU4	6	36	37	7	2	89
LU5	2	7	4	1	1	16
LU6	5	15	9	3	2	34
LU7	20	60	45	14	11	150
LU8	57	136	178	28	28	426
LU9	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>						<b>780</b>

**ANNEXE XI. SURFACE EFFECTIVE DE MANIOCS 2006**

	bas-fond en Ha	bas- versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut- versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	2	7	14	45	51	119
LU2	3	10	35	51	47	146
LU3	1	2	2	10	12	26
LU4	2	7	21	40	21	91
LU5	1	4	9	17	18	49
LU6	2	5	9	25	34	76
LU7	4	8	17	62	73	165
LU8	12	20	84	115	204	435
LU9	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>						<b>1108</b>

**ANNEXE XII : SURFACE POTENTIELLE DE MANIOCS 2006**

	bas-fond en Ha	bas-versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut-versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	2	7	15	47	52	123
LU2	3	10	38	54	48	152
LU3	1	2	2	10	12	26
LU4	3	13	51	84	39	190
LU5	1	4	10	17	20	53
LU6	3	5	10	28	47	93
LU7	6	17	49	139	127	338
LU8	18	39	183	270	339	850
LU9	0	0	-	0	0	1
<b>TOTAL</b>						<b>1 827</b>

**ANNEXE XIII : SURFACE EFFECTIVE DE MANIOCS 2011**

	bas-fond en Ha	bas-versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut-versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	0,23	1,54	4,93	6,71	2,86	16,28
LU2	1,53	5,14	22,76	25,39	16,91	71,73
LU3	0,24	0,76	0,40	2,41	2,50	6,31
LU4	1,27	5,50	14,92	29,19	15,78	66,66
LU5	0,79	2,14	4,48	11,21	12,03	30,65
LU6	1,55	4,15	9,44	24,39	26,77	66,30
LU7	4,11	8,95	18,68	66,16	76,62	174,52
LU8	12,07	21,42	89,42	120,38	207,54	450,83
LU9	0,07	0,10	-	0,56	0,34	1,07
<b>TOTAL</b>						<b>884</b>

**ANNEXE XIV : SURFACE POTENTIELLE DE MANIOCS 2011**

	bas-fond en Ha	bas-versant en Ha	mi-versant en Ha	Haut-versant en Ha	Sommet en Ha	Somme en Ha
LU1	0,25	1,68	6,22	7,44	2,94	18,53
LU2	1,59	5,44	25,34	27,41	17,65	77,43
LU3	0,24	0,76	0,40	2,41	2,50	6,31
LU4	2,12	10,92	42,23	69,33	30,79	155,39
LU5	0,81	2,22	4,48	11,29	12,56	31,37
LU6	1,75	4,44	9,70	26,04	30,16	72,09
LU7	6,71	18,20	50,56	143,03	130,90	349,41
LU8	18,88	41,12	201,07	280,03	344,65	885,74
LU9	0,07	0,10	-	0,56	0,34	1,07
<b>TOTAL</b>						<b>1 597,34</b>

**ANNEXE XV : QUANTITE DE RIZ EFFECTIVEMENT PRODUITE EN 2006**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	286	100	-	24	38	448
LU2	430	140	-	28	34	632
LU3	85	30	-	5	9	129
LU4	239	106	-	21	16	383
LU5	186	51	-	9	13	259
LU6	290	67	-	14	25	396
LU7	540	118	-	34	54	746
LU8	1 643	293	-	62	151	2 148
LU9	9	1	-	0	0	11
<b>TOTAL</b>						<b>5151</b>

**ANNEXE XVI : QUANTITE DE RIZ SUSCEPTIBLE D'ETRE PRODUITE EN  
2006**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	535	341	-	84	106	1 065
LU2	808	480	-	95	97	1 481
LU3	157	100	-	18	24	299
LU4	704	636	-	149	80	1 569
LU5	368	178	-	31	41	618
LU6	740	243	-	50	97	1 130
LU7	1 666	826	-	246	259	2 997
LU8	4 733	1 865	-	479	693	7 770
LU9	17	5	-	1	1	23
<b>TOTAL</b>						<b>16952</b>

**ANNEXE XVII : QUANTITE DE RIZ EFFECTIVEMENT PRODUITE EN  
2011**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	32	22	-	4	2	59
LU2	212	74	-	14	13	312
LU3	34	11	-	1	2	48
LU4	175	79	-	16	12	282
LU5	110	31	-	6	9	155
LU6	214	60	-	13	20	307
LU7	569	129	-	36	57	791
LU8	1 673	308	-	65	154	2 200
LU9	9	1	-	0	0	11
<b>TOTAL</b>						<b>4 166</b>

**ANNEXE XVIII : QUANTITE DE RIZ SUSCEPTIBLE D'ETRE PRODUITE  
EN 2011**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	63	80	-	13	6	162
LU2	408	258	-	49	36	751
LU3	63	36	-	4	5	108
LU4	544	519	-	123	63	1 249
LU5	209	106	-	20	26	360
LU6	450	211	-	46	62	769
LU7	1 722	865	-	253	268	3 108
LU8	4 845	1 953	-	496	705	8 000
LU9	17	5	-	1	1	23
<b>TOTAL</b>						<b>14 530</b>

**ANNEXE XIX : QUANTITE DE HARICOTSUSCEPTIBLE D'ETRE  
PRODUITE EN 2006**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	6,45	4,94	13,41	2,62	2,99	30,40
LU2	9,75	6,94	32,81	2,98	2,75	55,23
LU3	1,89	1,45	1,56	0,56	0,68	6,14
LU4	8,49	9,20	43,79	4,68	2,26	68,42
LU5	4,43	2,58	8,81	0,97	1,15	17,94
LU6	8,92	3,52	8,39	1,56	2,74	25,12
LU7	20,09	11,95	42,32	7,70	7,33	89,39
LU8	57,06	26,98	158,90	15,02	19,60	277,56
LU9	0,21	0,07	-	0,02	0,02	0,31
<b>TOTAL</b>						<b>570,50</b>

**ANNEXE XX: QUANTITE DE HARICOTSEFFECTIVEMENT PRODUITE  
EN 2006**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	63	80	-	13	6	162
LU2	408	258	-	49	36	751
LU3	63	36	-	4	5	108
LU4	544	519	-	123	63	1 249
LU5	209	106	-	20	26	360
LU6	450	211	-	46	62	769
LU7	1 722	865	-	253	268	3 108
LU8	4 845	1 953	-	496	705	8 000
LU9	17	5	-	1	1	23
<b>TOTAL</b>						<b>14 530</b>

**ANNEXE XXI : QUANTITE DE HARICOTSEFFECTIVEMENT PRODUITE  
EN 2011**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	1	1	4	0	0	7
LU2	5	4	20	1	1	30
LU3	1	1	0	0	0	2
LU4	4	4	13	2	1	23
LU5	2	1	4	1	1	9
LU6	5	3	8	1	2	19
LU7	13	6	16	4	4	43
LU8	37	15	78	7	12	148
LU9	0	0	-	0	0	0
<b>TOTAL</b>						<b>282</b>

**ANNEXE XXII : QUANTITE DE HARICOTSSUSCEPTIBLE D'ETRE  
PRODUITE EN 2011**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	1	1	5	0	0	8
LU2	5	4	22	2	1	33
LU3	1	1	0	0	0	2
LU4	7	8	37	4	2	56
LU5	3	2	4	1	1	9
LU6	5	3	8	1	2	20
LU7	21	13	44	8	8	93
LU8	58	28	174	16	20	296
LU9	0	0	-	0	0	0
<b>TOTAL</b>						<b>518</b>

**ANNEXE XXIII : QUANTITE DE MANIOCS EFFECTIVEMENT PRODUITE  
EN 2006**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	6	17	16	194	191	424
LU2	10	23	40	221	173	467
LU3	2	5	2	43	44	96
LU4	5	18	24	171	79	297
LU5	4	9	11	72	67	163
LU6	7	11	11	109	126	264
LU7	12	20	20	269	271	592
LU8	37	49	96	495	758	1 435
LU9	0	0	-	1	1	3
<b>TOTAL</b>						<b>3 743</b>

**ANNEXE XXIV : QUANTITE DE MANIOCS SUSCEPTIBLE D'ETRE  
PRODUITE EN 2006**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	7	17	18	203	192	436
LU2	10	24	44	231	176	485
LU3	2	5	2	43	44	96
LU4	9	32	58	362	145	607
LU5	4	9	12	75	73	174
LU6	9	12	11	121	176	329
LU7	20	42	56	596	470	1 185
LU8	58	95	211	1 164	1 258	2 786
LU9	0	0	-	1	1	3
<b>TOTAL</b>						<b>6 100</b>

**ANNEXE XXV : QUANTITE DE MANIOCS EFFECTIVEMENT PRODUITE  
EN 2011**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	1	4	6	29	11	50
LU2	5	12	26	109	63	215
LU3	1	2	0	10	9	23
LU4	4	13	17	126	59	219
LU5	2	5	5	48	45	106
LU6	5	10	11	105	99	230
LU7	13	22	22	285	284	625
LU8	38	52	103	518	770	1 481
LU9	0	0	-	2	1	4
<b>TOTAL</b>						<b>2 952</b>

**ANNEXE XXVI : QUANTITE DE MANIOCS SUSCEPTIBLE D'ETRE  
PRODUITE EN 2011**

	<b>bas-fond [tonnes]</b>	<b>bas-versant [tonnes]</b>	<b>mi-versant [tonnes]</b>	<b>Haut-versant [tonnes]</b>	<b>Sommet [tonnes]</b>	<b>Somme [tonnes]</b>
LU1	1	4	7	32	11	55
LU2	5	13	29	118	65	231
LU3	1	2	0	10	9	23
LU4	7	26	49	298	114	494
LU5	3	5	5	49	47	108
LU6	6	11	11	112	112	251
LU7	21	44	58	616	486	1 224
LU8	59	99	232	1 205	1 279	2 874
LU9	0	0	-	2	1	4
<b>TOTAL</b>						<b>5 265</b>

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	i
SOMMAIRE .....	ii
LISTE DES ACRONYMES .....	iii
LISTE DES FIGURES .....	iii
LISTE DES TABLEAUX .....	iv
LISTE DES ANNEXES .....	v
GLOSSAIRE DES MOTS CLES .....	viii
INTRODUCTION [21] .....	1
ChapitreI GENERALITES SUR L'ECOSYSTEME .....	3
I.1. Services écosystémiques [1] [2] [3] .....	3
I.2. Notion de transfert de gestion .....	3
I.3. Services crops .....	4
I.4. Agriculture [4] .....	4
I.4.1. Potentialité agricole .....	4
I.4.2. Les principales cultures de la zone d'étude [4] [5] [6] [7] [8] .....	5
I.4.3. Technique culturale .....	6
I.4.3.1. Rotation de culture .....	6
I.4.3.2. Association de culture .....	6
I.5. Autosuffisance en riz [1] .....	6
ChapitreII PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE .....	8
II.1. Contexte géographique et administrative [9] .....	8
II.2. Contexte géologique [10] .....	9
II.3. Contexte pédologique [11] .....	11
II.4. Contexte morphologique [10] .....	12
II.5. Contexte hydrologique [11] .....	12
II.6. Contexte climatique [1] [11] .....	12
II.7. Contexte socio-économique et sociodémographique [12] [13] .....	13
ChapitreIII APPROCHES METHODOLOGIQUE .....	14
III.1. Etape préliminaire .....	14
III.1.1. Ebauche du plan de recherche .....	14
III.1.2. Elaboration du plan d'échantillonnage [13] .....	14
III.1.2.1. Définitions des entités statistiques .....	15

Population.....	15
Individu .....	15
III.1.2.2. Méthode d'échantillonnage .....	15
III.1.2.2.1. Stratification de la population mère.....	15
III.1.2.2.2. Echantillonnage raisonnée des villages dans chaque strate :.....	17
a. Téléchargement, géoréférencement et mosaiquage de l'image google earth	
18	
b. Traçage ou digitalisation des parcelles cultivées et obtention des parcelles	
18	
III.1.2.2.3. Echantillonnage aléatoire des ménages : .....	18
III.1.3. Ebauche des questionnaires.....	21
III.2. Inventaire et collecte des données .....	21
III.2.1. Inventaire des données existantes .....	21
III.2.2. Collecte des données sur terrain .....	22
III.2.2.1. Enquête par questionnaire [14] [15] [16] .....	22
III.2.2.2. Mesure directe - Observation .....	22
III.3. Démarche de vérification des hypothèses .....	23
III.3.1. Hypothèse1. « Les surfaces effectivement utilisées sont inférieures aux	
surfaces cultivables » .....	23
III.3.1.1. Détermination des indicateurs .....	23
III.3.1.1.1. Utilisation du SIG dans l'analyse de la répartition des principales	
cultures [17] [18].....	23
III.3.1.1.1.1. Elaboration de la carte des toposéquences <b>[18] [19]</b> .....	24
a) Elaboration de la carte des pentes.....	24
b) Elaboration de la carte des courbures.....	25
III.3.1.1.1.2. Au niveau des échantillons .....	26
a) Insertion des parcelles-échantillons dans ArcMap .....	26
b) Croisement de la carte des toposéquences avec la carte de végétation des	
échantillons.....	26
III.3.1.1.1.3. Justification statistique du choix de l'approche utilisée .....	27
III.3.1.1.1.4. Au niveau de la zone d'étude .....	27
III.3.1.1.1.4.1. Obtention des surfaces totale cultivables et cultivée .....	27
a) Les surfaces cultivées .....	27
b) Les surfaces cultivables.....	28
III.3.1.1.1.4.2. Croisement de la carte des toposéquences avec les surfaces	
cultivables et cultivées .....	28

III.3.1.1.1.5. Extrapolation des résultats issus des échantillons avec les surfaces totales cultivables et cultivées .....	28
III.3.1.2. Confrontation des surfaces exploitées et exploitables .....	29
III.3.2. Hypothèse 2 : « les quantités de principales cultures effectivement récoltées sont inférieures aux quantités potentielles que peut produire la nature » .....	29
III.3.2.1. Obtention de des indicateurs : productions.....	29
La surfaces économique .....	29
Le rendement.....	29
III.3.2.2. Confrontation des productions effectives et des productions potentielles .	30
III.3.3. Hypothèse3 : « la consommation de riz dans l'aire de la mine est supérieure au seuil limite de pauvreté » .....	30
Test de comparaison de moyenne .....	30
III.4. Contrainte et limite de l'étude .....	31
III.5. Présentation des logiciels de traitement des données .....	31
ChapitreIV RESULTATS, INTERPRETATION, ET RECOMMANDATION .....	31
IV.1. Surfaces cultivables et surfaces cultivées.....	31
IV.1.1. Surfaces totales cultivables et surfaces totales cultivées.....	31
IV.1.1.1. Avant l'existence du projet.....	32
Dans la zone de bail .....	35
Dans les zones de transfert de gestion.....	35
Dans les zones hors des transferts de gestion.....	36
IV.1.1.2. Durant l'implantation de la mine.....	37
Dans zone du bail .....	39
Dans les zones de transfert de gestion.....	40
Dans les zones hors des transferts de gestion.....	40
IV.1.2. Surfaces cultivables et surfaces cultivées selon la toposéquence.....	41
IV.1.2.1. Toposéquence .....	41
IV.1.2.2. Au niveau des échantillons .....	43
Bas-fonds.....	44
Bas de pentes ou bas-versant.....	44
Mi- versant .....	44
Haut de pente ou Haut-versant .....	44
Les sommets .....	45
IV.1.2.3. Choix de la méthode .....	45

IV.1.2.4.	Avant l’implantation de la mine .....	45
IV.1.2.5.	Durant l’implantation de la mine 2011 .....	48
IV.1.3.	Surfaces cultivables et surfaces cultivées des principales cultures .....	50
IV.1.3.1.	Répartition spatiale des principales cultures .....	50
	Riz .....	50
	Haricot.....	51
	Manioc.....	52
IV.1.3.2.	Surface cultivable et surface cultivée selon les principales cultures .....	53
IV.1.3.2.1.	Riz .....	53
IV.1.3.2.1.1.	Avant l’implantation de la mine .....	53
	Surface cultivée .....	53
	Surface cultivable .....	54
	Comparaison surface cultivable / cultivée .....	54
IV.1.3.2.1.2.	Durant l’implantation de la mine.....	55
	Surface cultivée .....	55
	Surface cultivable .....	56
	Comparaison surface cultivable et surface cultivée .....	57
IV.1.3.2.2.	Haricot .....	57
IV.1.3.2.2.1.	Avant l’implantation de la mine .....	57
	Surface effectivement utilisée pour la culture de Haricot .....	57
	Surface potentiellement utilisable pour la culture de Haricot .....	58
	Comparaison des surfaces cultivables et surface cultivée en Haricot .....	58
IV.1.3.2.2.2.	Durant l’implantation de la mine.....	59
	Surface effective.....	59
	Surface potentielle.....	59
	Comparaison des surfaces cultivables et cultivées.....	60
IV.1.3.2.3.	Manioc .....	61
IV.1.3.2.3.1.	Avant l’implantation de la mine .....	61
	Surface effective.....	61
	Surface potentielle.....	61
	Comparaison surface effective par surface potentielle.....	62
IV.1.3.2.3.2.	Après l’implantation de la mine .....	62
	Surface effective.....	62

Surface potentielle.....	63
Comparaison surface effective surface potentielle.....	63
IV.1.3.3. Comparaison temporelle du rapport surface cultivables par surface cultivée	64
IV.2. Productions effectives et productions potentielles .....	66
IV.2.1. Rendements .....	66
IV.2.1.1. Rendements effectifs .....	67
Riz .....	67
Haricot.....	67
Manioc.....	67
IV.2.1.2. Rendements potentiels.....	68
Riz .....	68
Haricot.....	68
Manioc.....	68
IV.2.2. Surface économique .....	68
Riz .....	69
Haricot.....	69
Manioc.....	70
IV.2.3. Production .....	71
IV.2.3.1. Riz .....	71
IV.2.3.2. Haricot .....	72
IV.2.3.3. Manioc.....	73
IV.3. Quantité de riz consommée dans l'aire de la mine.....	74
IV.3.1. Comparaison des consommations par land-unit.....	74
IV.3.2. Consommation dans chaque land-unit .....	75
IV.4. Recommandations .....	77
IV.4.1. Sur la méthodologie .....	77
IV.4.2. Sur les mesures de mitigation.....	77
CONCLUSION.....	76
Bibliographies .....	I
Webographies.....	II
ANNEXE .....	III
TABLE DES MATIERES .....	XVIII

**Titre : « EVALUATION DES SERVICES CROPS AUTOUR D'UN SITE MINIER PAR  
SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE »**

Nombre de pages : 77

Nombre de figures : 32

Nombre de tableaux : 13

**RESUME**

Les activités des entreprises minières engendrent des impacts sur les services écosystémiques notamment les services agricoles. Ces derniers sont fortement liés aux activités économiques de la population avoisinante. Pour évaluer les impacts de l'implantation d'une industrie d'exploitation minière, on peut faire appel au système d'information géographique. Ainsi, dans le cadre de cette étude, l'utilisation d'un logiciel de système d'information géographique, combinée à une observation sur terrain et appuyée par des outils statistiques nous ont permis de faire l'évaluation des services crops autour de la mine Ambatovy. Les résultats de l'étude ont montré que les services crops potentiels sont supérieurs à l'usage de la communauté locale avant l'implantation de la mine comme pendant la phase d'exploitation. Il a également été évoqué dans le résultat que la consommation en riz dans l'aire de la mine est au-dessus de la quantité indiquant le seuil limite de la pauvreté.

**Mots clés** : services écosystémiques, SIG, agriculture, usage, potentialité, land-unit, comparaison.

**ABSTRACT**

The activities of mining companies have an impact on ecosystem services, particularly on agricultural services. These agricultural services are closely linked to the economic activities of the neighboring population. The geographic information system can be used to evaluate the impacts of the establishment of a mining industry. Thus, in this study, the use of geographic information system software, combined with field observation and supported by statistical tools enabled us to evaluate crops services Around the Ambatovy mine. The results of the study showed that potential cropping services are superior to the use of the local community both before the implementation of the mine and during the exploitation phase. It was also mentioned in the result that the rice consumption in the mine area is above the amount indicating the threshold limit of poverty.

**Key words**: ecosystemic services, SIG, agriculture, use, potentiality, land-unit, and comparison.

Auteur: RAKOTONDRAZAFY

Tsihoarana Herivola

Tel: (+261) 33 75 288 29

e-mail: [herivolatsiho@gmail.com](mailto:herivolatsiho@gmail.com)

Rapporteurs: RAZAFINDRAKOTO Boni

Gauthier

Tel: (+261 33 80 969 62)

E-mail: [boniraz2000@yahoo.fr](mailto:boniraz2000@yahoo.fr)