



Impacts des pratiques rizicoles en vigueur au Burundi sur l'environnement

H. Nusura, R. Sibomana, B. Habonimana, J. Bigirimana,

Université du Burundi, Faculté des Sciences Agronomiques
BP 2940 Bujumbura-Burundi; [hnusura@hotmail.com](mailto:h nusura@hotmail.com)

Reçu: le 11 Avril 2013

Accepté: le 20 Octobre 2013

Publié: le 4 Novembre 2013

RESUME

Mots-clés : Riziculture, pratiques culturelles

Afin de contribuer au développement durable des systèmes rizicoles au Burundi, nous avons procédé à une étude des effets des pratiques rizicoles sur l'environnement. Cette étude a été menée dans 6 périmètres rizicoles en zones de basse et moyenne altitude sur base de données collectées par des observations sur terrain, des réunions participatives et une enquête auprès de 180 ménages rizicoles. Les résultats obtenus ont permis de montrer que l'introduction et l'extension de la pratique de la riziculture s'est faite au détriment de certaines espèces végétales et animales sauvages. Et tout au long du cycle de la culture de riz, plusieurs risques et dégâts environnementaux peuvent être signalés. L'érosion est accrue après le labour, le risque d'attraper la malaria augmente à cause des pépinières de riz. Les dispositifs inadéquats de lutte antiérosive, d'irrigation et de drainage provoquent des dégâts à l'environnement. Ainsi, dans plus de 50 % des cas, l'eau d'irrigation est insuffisante ou en excès, avec des risques de lessivage des intrants et de transmission des maladies entre les parcelles, et le phénomène de salinisation. La manière dont les fertilisants et les pesticides sont utilisés constitue une menace à l'environnement et la santé humaine : un usage hasardeux, le non respect du moment d'application et de la dose adéquate. La pratique du gardiennage est effectuée sans aucune norme et perturbe l'équilibre des écosystèmes. Cependant, certaines pratiques culturelles qui ont été observées peuvent constituer un atout important : la jachère, la rotation et les précédents culturaux. Une bonne exécution de ces pratiques, un soutien aux riziculteurs et le renforcement de leurs capacités dans la gestion intégrée des intrants agricoles et de l'eau sont des conditions requises pour le développement durable de la riziculture au Burundi.

ABSTRACT

Key-words: Rice, farming practices

To contribute to the sustainable development of rice-based systems in Burundi, we conducted a study of the effects of rice production practices on the environment. This study had involved six rice growing perimeters in low and medium altitude. Data had been collected by field observations, participatory meetings and a survey based on 180 rice producer households. The results have shown that the introduction and expansion of rice production was done at the expense of some wild plant and animal species. And throughout the cycle of rice cultivation, several environmental risks and damages can be reported. Erosion is increased after land tillage and the risk of catching malaria is high due to rice nurseries. Inadequate methods of erosion control and irrigation/drainage destroy the environment. Thus, in 50% of cases, irrigation water is insufficient or excessive. That increases the risks of salinisation, inputs leaching, diseases transmission between rice plots. The way fertilizers and pesticides are used is a threat to the environment and human health: hazardous spreading, for any other species, at a not suitable time and with inappropriate doses. The practice of guarding is provided without standard and disturbs the ecosystems. However, some cultural practices that have been observed can be an important asset for the protection of the environment: fallow, rotation and taking into account previous cropping. Proper implementation of those practices, support for rice producers, capacity building in integrated inputs and water resources management, are prerequisites for sustainable development of rice production in Burundi.



1. INTRODUCTION

Dans un pays comme le Burundi qui vient de sortir de la guerre civile, l'amélioration du niveau de la sécurité alimentaire dans les ménages ruraux nécessite le développement du secteur agricole qui fait vivre 90% de la population. Le riz est l'une des cultures stratégiques pour le développement du secteur agricole pour plusieurs raisons. Cette culture joue un grand rôle dans l'équilibre alimentaire. En effet, parmi les céréales, le riz a le rendement alimentaire le plus élevé par hectare (Juliano, 1994). Dans les pays où la riziculture est pratiquée, elle constitue l'une des principales sources de revenu (Trébuil et Hossain, 2004). De par sa grande diversité (McCouch et al., 2012), le riz peut contribuer à l'adaptation aux changements climatiques. Il existerait en effet près de 500 000 variétés traditionnelles et entre 5 000 et 10000 variétés nouvellement créées (McNally, 2010). La zone de culture de ces différentes variétés de riz s'étend des régions tropicales jusqu'aux régions tempérées (les zones dont la période sans gèle dépasse 130 jours), de 53° de latitude Nord à 40° de latitude Sud (Brink et Belay, 2006). Elles sont rencontrées à des altitudes variées, depuis le niveau de la mer jusqu'à 1 700 m pour l'espèce d'origine africaine *O. Glaberrima* et jusqu'à 2 500 m pour l'espèce d'origine asiatique *Oryza Sativa* (Sie, 1989; Brink et Belay, 2006). La diversité du riz lui confère l'avantage d'être produit sous plusieurs systèmes de cultures. En considérant la technique d'alimentation en eau en l'occurrence, quatre systèmes distincts existent : la riziculture irriguée qui est caractérisée par une maîtrise de l'alimentation en eau, la riziculture inondée sans maîtrise d'eau, la riziculture flottante qui suit la crue des fleuves ainsi que la riziculture pluviale qui dépend uniquement de la pluviométrie (Courtois, 2007).

Les diverses qualités du riz expliquent son adoption rapide au Burundi, surtout après l'introduction de la riziculture dans les marais d'altitude dans les années 1980. Ainsi, les calculs que nous avons effectués à partir des statistiques du MINAGRIE (2006) montrent qu'entre 1990 et 2005, l'indice de production a progressé de 100 à 170 pour le riz alors qu'il s'est réduit de 100 à 73 pour le maïs et de 100 à 67 pour le haricot.

Actuellement au Burundi, la production du riz est réalisée en riziculture irriguée ou inondée dans les plaines et les marais d'altitude, et en riziculture pluviale sur les collines. Il importe cependant de s'interroger sur la durabilité de ces systèmes rizicoles. Il faut faire attention à certaines pratiques rizicoles qui peuvent, en cas de mauvaise application, nuire à l'environnement en général et à la santé humaine en particulier. L'objectif du présent article est d'apporter une contribution en la matière en analysant les effets des principales pratiques rizicoles en vigueur au Burundi sur l'environnement. Les objectifs spécifiques poursuivis sont les suivants :

- Analyser les défis, des dangers et les dégâts environnementaux liés aux pratiques rizicoles.
- Identifier les atouts des pratiques rizicoles pour l'environnement et proposer des voies d'amélioration.

2. METHODOLOGIE

La méthode utilisée a consisté en la récolte des données bibliographiques et statistiques suivie par une descente sur terrain. Celle-ci a concerné 6 périmètres rizicoles (Mugerero, Gatakwa, Akagoma I, Akagoma II, Munywero aménagé, Munywero non aménagé) répartis dans trois régions naturelles: Imbo, Buyenzi et Kumoso (Tableau 1). L'usage de plusieurs techniques a été nécessaire: des observations sur terrain, des réunions participatives et une enquête individuelle détaillée, menée auprès de 180 ménages rizicoles tirés au hasard avec l'appui des agents de terrain. L'encodage et l'analyse des données ont été réalisées à l'aide des logiciels Excel et Minitab.

La récolte des données spécifiques à l'état de l'environnement autour des périmètres rizicoles a avait pour but de constater si les bassins versants attenants aux périmètres sont protégés contre l'érosion, source d'envasement et de destructions des champs rizicoles. Le Ministère burundais en charge de l'Environnement préconise en effet que pour un hectare de marais aménagé, il faudrait aussi aménager 5 ha sur les collines surplombant le marais.

Tableau 1: Périmètres rizicoles ciblés par le projet

Nom du périmètre/marais	Région naturelle	Commune/Province	Aménagé ou non
Gatakwa	Imbo	Rumonge / Bururi	Non
Mugerero	Imbo	Gihanga / Bubanza	Oui
Akagoma I	Buyenzi	Ngozi / Ngozi	Non
Akagoma II	Buyenzi	Ngozi / Ngozi	Oui
Munywero non aménagé	Kumoso	Gisuru / Ruyigi	Non
Munywero aménagé	Kumoso	Gisuru / Ruyigi	Oui

3. PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

La production rizicole exige une série d'activités qui doivent être mises en place. La méthode d'exploitation rizicole en vigueur dans les périmètres d'études est de type traditionnel. Elle comprend la préparation du terrain (défrichage, labour, émiettement, nivellement), pépinière qui dure 30 à 34 jours, irrigation/drainage, fertilisation, plantation à raison de 1 à 5 plantules par poquet, application des pesticides, gardiennage, récolte, etc. Comme les pratiques visant l'amélioration des productions rizicoles sont variées, leurs effets sur l'environnement le sont aussi.

3.1. Problèmes environnementaux liés à l'exploitation des terres

3.1.1. Exploitation des terres pour la riziculture et ses conséquences sur l'environnement

Les périmètres rizicoles qui ont fait objet de cette étude sont divers du point de vue de leur statut juridique et de leur mode d'aménagement. Toutes les terres de la zone d'études comme d'ailleurs tous marais du Burundi appartiennent à l'Etat ou aux individus qui les exploitent depuis longtemps conformément au code foncier. Dans tous les cas, les terres des marais ne peuvent pas être enregistrées par les exploitants, elles sont uniquement régies par le droit coutumier (alinéa 2 de l'article 444). Face à ce statut particulier, les riziculteurs ne peuvent consentir que des investissements à court terme dans les périmètres rizicoles. Il est difficile de les impliquer dans des investissements à long terme de protection de ces périmètres comme la terre qu'ils exploitent ne leur appartient pas. Il importe d'ajouter aussi que le régime foncier peut également constituer un frein à la protection des bassins versant car l'article 444 du code foncier stipule que : « Les marais exploités appartiennent à celui qui les a mis en valeur et non à celui à qui appartient la terre du bassin versant ou du bas-fond dont ils constituent le prolongement ».

Les deux zones de basses altitudes (Kigwena et Mugerero) sont sous le contrôle des institutions étatiques. Les sols du marais de Gatakwa en zone Kigwena de la commune Rumonge sont répartis en deux périmètres ; un sous la gestion de l'Office de l'Huile de palme du Burundi (OHP en sigle) et un autre sous la gestion du Projet d'intensification Agricole en communes Rumonge, Burambi et Buyengero (PIA RUBUBU en sigle). Son exploitation a débuté en 1960 et a été étendue en 1978 par la Société Régionale de Développement de Rumonge ou SRD Rumonge en sigle (devenue OHP). Les terres ont été subdivisées en blocs nommés *paddocks* qui ont été attribués par après aux agriculteurs en vue d'en jouir en qualité d'emphytéotes. Les bananerais et les palmerais ont été arrachés (OAG, 2004) et remplacés par la culture de riz.

Les terres de Mugerero en commune Gihanga sont sous le contrôle de la Société Régionale de Développement de l'Imbo (SRDI en sigle). Leur aménagement a été fait de 1968 à 1973 dans le cadre du Projet FED-IMBO sur financement de l'Union Européenne. Au début des aménagements, le périmètre de Mugerero avait été subdivisé en trois zones selon les utilisations de la ressource terre à savoir la riziculture, la polyculture et les boisements. Les zones à bois étaient occupées par des espèces comme *Acacia* sp., *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., *Terminalia* sp., *Cupressus* sp., etc. Malheureusement, l'expansion de la culture du riz de part sa contribution au revenu a fait que ces espaces boisés soient toutes anarchiquement transformés en zones rizicoles après déboisement et dessouchage des plantes qui s'y trouvaient. Il n'y a actuellement aucune trace de ces arbres.

Les sols de moyennes altitudes (marais d'Akagoma I et Akagoma II de Ngozi et Munywero de Gisuru) ne sont pas gérés par aucune société étatique ; elles sont par contre occupées par des riziculteurs qui les ont drainées de leur propre initiative. Les marais de Ngozi (Akagoma I et Akagoma II) ont été drainés et mise en valeur autour des années 1960 sous les encouragements des autorités locales ; chacun s'appropriait et exploitait la superficie qu'il pouvait drainer. Le marais d'Akagoma II d'une superficie de 72 ha a été aménagé sous le financement de PRASAB et est actuellement exploité par 2600 ménages. Le marais de Munywero anciennement occupé par *Cyperus papyrus* (urufünzo) a commencé à être drainé en 1990. Une partie de ce marais d'une superficie de plus ou moins 30 ha a été aménagée par l'ONG Action Contre la Faim (ACF en sigle). Dans tous les cas, le drainage et la mise en valeur des marais ont modifié fortement l'écologie en provoquant la disparition des espèces sauvages qui y trouvaient l'abri et la nourriture. Il est aussi à rappeler qu'un drainage mal fait peut conduire à l'assèchement des marais.

3.1.2. Exploitation des terres autour des périmètres rizicoles

L'exploitation des bassins versants a des conséquences environnementales qui se répercutent sur les périmètres rizicoles adjacentes. La protection de l'environnement autour des périmètres rizicoles a été appréciée par observations et enquêtes. L'existence de l'érosion a été signalée par 41 % des enquêtés (tableau 2). Cette érosion se manifeste sous différentes formes : rigoles, ravines et ravins. Comme on pouvait s'y attendre, aucune forme d'érosion n'a été signalée ni observée à Gihanga, site situé dans la plaine de l'Imbo.

Selon la même enquête, les causes de cette érosion sont le déboisement (déforestation) et des pratiques culturelles non appropriées.

Dans certains sites comme à Rumonge, les coupes illicites liées à la mauvaise gouvernance environnementale ont été à l'origine du déboisement pendant la crise socio-politique de 1993.

Dans les périmètres rizicoles, une des principales conséquences de l'érosion sur les collines est l'envasement des marais qui se produit en saison pluvieuse, avant la récolte et conduit ainsi à une diminution des productions. Cet envasement est signalé par 41 % des enquêtés et comme pour l'érosion, si on exclut Gihanga, ce chiffre monte à 50 %.

Les résultats montrent également que quelle que soit la forme de l'érosion (rigoles ou ravines) et la

gravité de la pente, les méthodes de lutte les plus utilisées sont les fossés aveugles et les haies vives herbacées. Ce dernier type de dispositif anti-érosif devrait être limité à des sols perméables et à des pentes faibles inférieures à 20% (Roose, 1990). Bien plus, la plupart des riziculteurs proposent des méthodes qui n'attaquent pas le problème en amont (bassins versants attenants aux périmètres rizicoles). Ils veulent agir à l'échelle de la parcelle. Cette solution n'est pas durable. L'intégration des arbres est absolument indispensable. Cela peut se faire soit sous forme d'agroforesterie en renforçant les structures de haies anti-érosives déjà existantes, soit par le reboisement (micro-boisement familiaux ou boisement collectifs sur sommets dénudés).

Tableau 2: Fréquence du constat de l'érosion autour des périmètres rizicoles et de l'envasement des marais

Sites	Erosion		Envasement des marais		
	Nombre de cas	Proportion	Nombre de cas	Proportion	
Gihanga (aménagé)	0	0%	0	0%	
Rumonge (non aménagé)	15	50%	15	50%	
Ngozi aménagé	15	50%	16	53%	
Ngozi non aménagé	23	77%	18	60%	
Gisuru aménagé	11	37%	10	33%	
Gisuru non aménagé	11	37%	15	50%	
Les périmètres aménagés	Fréquence/90	26	29%	26	29%
	IC 95%	-	[20;39]%	-	[20;39]%
Les périmètres non aménagés	Fréquence/90	49	54%	48	53%
	IC 95%	-	[44;65]%	-	[43;64]%
Tous les périmètres	Fréquence/180	75	42%	74	41%
	IC 95%	-	[34;39]%	-	[34;39]%

3.2. Problèmes environnementaux constatés aux différents stades du calendrier cultural du riz

3.2.1. Risques et menaces environnementaux liés à la préparation du terrain et l'installation des pépinières

Dans tous les sites visités, la préparation du terrain rizicole consiste, en un défrichage, un labour profond, un émiettement et un nivellement se faisant à l'aide des houes. Le calendrier cultural de ces activités varie d'un site à un autre : de septembre à décembre pour Mugerero, de septembre à janvier pour Munywero, de octobre à février pour Akagoma et de août à novembre pour Gatakwa. Le danger de ces activités est qu'elles mettent le terrain à nu durant la période pluvieuse, l'exposant ainsi à l'érosion. La FAO (2001) nous renseigne sur l'existence de techniques de labour zéro pour les cultures de riz et de blé, contribuant à la lutte contre la perte en terre et la dégradation des sols :

- au lieu de labourer, protéger le sol contre les mauvaises herbe et le soleil par un tapis d'herbe et de feuilles mortes;
- semer sans labour avant la récolte de la culture précédente (en système de rotation culturale);
- planter entre des sillons ou sur des billons établis pour une période de moyen terme.

Au niveau des pépinières, le semis se fait à la volée dans des plates-bandes préalablement préparées avec les houes. Chez certains agriculteurs, le labour et le repiquage se font successivement dans un même mois, ce qui nécessite, par conséquent de préparer la pépinière un peu avant le labour. Les pépinières sont préférentiellement établies dans les marais où on obtient des plantules vigoureuses, mais quelquefois on les installe tout près des ménages. Dans ce dernier cas, la pépinière doit être protégée pour empêcher les animaux de brouter les jeunes plantules. Le problème à signaler ici est que les moustiquaires sont couramment utilisées pour clôturer ces pépinières au lieu d'être utilisées dans la protection des membres des ménages contre les moustiques, vecteurs du paludisme.

3.2.2. Problèmes environnementaux liés aux pratiques d'irrigation et de drainage

Comparativement aux autres cultures, la culture de riz exige d'énormes quantités d'eau (de Marsily, 2008). Pour combler ces besoins, l'irrigation est généralement indispensable. Cette dernière est une opération qui consiste à apporter artificiellement de l'eau aux cultures pour permettre un développement normal en cas de déficit d'eau de pluies ou d'une baisse du niveau de la nappe phréatique.

On distingue plusieurs techniques d'irrigation (Rieul et Ruelle, 2003 ; FAO, 2005), mais celle qui est utilisée dans les sites étudiés est l'irrigation gravitaire. Ce type d'irrigation est le plus ancien et aurait débuté 5000 ans avant Jésus Christ (Rieul, 1996). Elle consiste à barrer l'eau du cours naturel et la conduire jusqu'aux périmètres rizicoles sous le simple effet de la gravité aux moyens des canaux et rigoles. L'un des inconvénients de cette méthode est que la déviation de l'eau de son cours habituel s'accompagne de la perte de vie des espèces aquatiques en aval du barrage.

Les observations faites sur terrain ont montré que les aménagements effectués sont déficients. La partie aménagée du marais de Munywero n'a pas de drains, l'eau de drainage se déverse directement dans le cours d'eau. Il n'y a pas non plus de digues ni diguettes. Le site d'Akagoma II est aménagé en quatre périmètres. Cet aménagement consiste en une série de déversoirs qui ont été placés en travers du cours d'eau. Toute l'eau est dirigée vers un périmètre amont en vue de l'irrigation. L'eau de drainage qui en sort est par la suite barrée pour servir d'irrigation au périmètre suivant et ainsi de suite. Cela est dû au fait que l'aménagement de ce marais ne s'est pas accompagné de son remembrement. Chaque exploitant a gardé sa parcelle, compliquant ainsi les travaux de canalisation. C'est ainsi qu'il y a une totale absence de diguettes dans le marais. Les parcelles sont séparées par de petits morceaux de bois qui servent de limites. Ainsi donc, lorsque l'eau est envoyée dans une parcelle, elle suit son chemin vers les autres parcelles jusqu'à retrouver le lit principal du cours d'eau. Pour le cas des périmètres rizicoles de Mugerero, les problèmes de drainage ont été observés. La non maîtrise de l'eau d'irrigation dans les périmètres irrigués possède plusieurs répercussions.

Il s'agit avant tout du problème de disponibilité de l'eau qui a été signalé dans tous les périmètres. Pour plus de 50% des riziculteurs, la quantité d'eau d'irrigation est insuffisante ou excédentaire (tableau 3).

Signalons qu'il y a un gaspillage de cette ressource qui fait que, dans certains cas, les parcelles en aval n'ont pas assez d'eau alors qu'elle est en excès dans les parcelles en amont.

A l'intérieur de chaque parcelle, l'irrigation non contrôlée entraîne la destruction des cultures à cause des inondations, le lessivage des engrais (les nitrates plus solubles) et pesticides entraînant une pollution des eaux souterraines, des rivières et des lacs par ruissellement et/ou par infiltration. Une bonne gestion de l'eau d'irrigation permet de limiter les problèmes liés à l'érosion dans les parcelles.

Dans les sites d'étude, même dans les zones dites aménagées, la non maîtrise de la gestion de l'eau en général et des techniques appropriées de drainage en particulier fait que l'eau passe d'une parcelle à une autre, aggravant le risque de transmission des maladies des parcelles en amont aux parcelles en aval.

Dans le périmètre de Mugerero, le climat sec et l'insuffisance de l'eau d'irrigation accentuent le problème de salinité. Pour pallier à l'insuffisance de l'eau d'irrigation, certains riziculteurs se servent de l'eau de drainage en provenance de l'exploitation directement en amont, et même en provenance des zones abandonnées suite à la salinité. Dans les périmètres rizicoles sous l'irrigation, la percolation des eaux nettoie le sol de surface riche en sels, alors qu'en période d'absence d'irrigation des cas de remontées capillaires formant des couches blanchâtres (icūhiro) à la surface du sol après évaporation de l'eau sont courants dans cette région.

Du côté santé humaine, la stagnation de l'eau dans les casiers rizicoles et le développement des végétaux dans les canaux secondaires ou tertiaires font qu'il y ait prolifération des mollusques vecteurs de la bilharziose et des moustiques vecteurs du paludisme, première cause de mortalité au Burundi (République du Burundi, 2009).

Tableau 3: Répartition des ménages enquêtés selon le degré de disponibilité de l'eau dans les parcelles rizicoles

Périmètres		Insuffisante	Suffisante	En excès
Gihanga (aménagé)		60%	40%	0%
Rumonge (non aménagé)		30%	50%	20%
Ngozi (aménagé)		27%	60%	13%
Ngozi (non aménagé)		30%	60%	10%
Gisuru (aménagé)		30%	63%	7%
Gisuru (non aménagé)		77%	20%	3%
L'ensemble des périmètres aménagés	Proportion	29%	58%	13%
	IC 95%	[20;39]%	[47;68]%	[7;22]%
L'ensemble des périmètres non aménagés	Proportion	56%	40%	4%
	IC 95%	[45;66]%	[30;51]%	[1;11]%
Tous les sites	Proportion	42%	49%	9%
	IC 95%	[35;50]%	[41;56]%	[5;14]%

IC 95% = Intervalle de confiance au seuil de 95%

3.2.3. Risques environnementaux liés à la pratique de la fertilisation minérale

L'intensification de la riziculture implique l'augmentation des intrants agricoles nécessaires pour augmenter et stabiliser les rendements. Les cultures prélèvent dans le sol des substances nutritives dont elles ont besoin. En cas de non remplacement de ces éléments, les sols finissent par s'appauvrir, ce qui entraîne la baisse de la production. Le recours aux engrais minéraux est l'une des options envisagées pour apporter au sol un complément nécessaire pour restaurer la fertilité et augmenter les productions. Dans les sites d'études, la fréquence d'utilisation des fertilisants minéraux varie selon les sites et selon le type d'engrais (tableau 4). Par ordre d'importance d'utilisation, les engrais sont rangés comme suit : Urée (42% des riziculteurs), DAP (25,6% des riziculteurs), NPK (16,7% des riziculteurs) et KCl (5,6% des riziculteurs).

Les riziculteurs de Mugerero sont conscients que la riziculture sans engrais n'est pas rentable dans leur périmètre. Les engrais les plus utilisés dans ce site sont

l'urée (93,3% des riziculteurs) et le NPK (86,7% des riziculteurs) achetés chez les commerçants (96,4% des riziculteurs) ou donnés par l'ISABU (3,6% des riziculteurs). A Rumonge, les engrais sont absents dans les boutiques et aux marchés, et très peu d'agriculteurs utilisent ces fertilisants en riziculture. Seul le projet PIA RUBUBU assure la fourniture des engrais et produits phytosanitaires dans cette région. 30% de ménages ont déjà utilisé en riziculture l'urée achetée au kiosque de PIA RUBUBU. A Akagoma, en 2010, on a procédé à l'usage des engrais (DAP, KCl, Urée) sous la recommandation de la FAO qui en a assuré la fourniture. Dans la partie aménagée, c'est l'urée qui est le plus utilisé (53,3% des riziculteurs) tandis que dans la partie non aménagée vient en tête le DAP (60% des riziculteurs). Munywero reste un site où la fertilisation minérale en riziculture est moins connue. En effet, l'application des engrais est absente sur toute la partie non aménagée de ce site et chez 70% des ménages de la partie aménagée (les 30% restants utilisent l'urée et le DAP donnés par l'ACF). Partout où les engrais sont utilisés en pépinière, l'épandage à la main reste la seule méthode d'application.

Tableau 4: Fréquence-d'utilisation d'engrais minéraux en riziculture

Site	Urée		DAP		NPK		KCl	
	Effectif	Proportion	Effectif	Proportion	Effectif	Proportion	Effectif	Proportion
Gihanga	28	93.3%	2	6.7%	26	86.7%	0	0%
Rumonge	11	36.7%	3	10%	2	6.7%	1	3.3%
Ngozi aménagé	16	53.3%	14	46.7%	2	6.7%	8	26.7%
Ngozi non aménagé	11	36.7%	18	60%	0	0%	1	3.3%
Gisuru aménagé	9	30%	9	30%	0	0%	0	0%
Gisuru non aménagé	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
TOTAL	Effectif et Proportion (/180)	75 42%	46	26%	30	17%	10	6%
	IC 95%	-	[34;39]%	-	[19;33]%	-	[12;23]%	-

IC 95% = Intervalle de confiance au seuil de 95%

De façon globale, les engrais sont plus utilisés dans les périmètres aménagés qu'ailleurs et beaucoup plus dans les sites de la région d'Imbo que dans les autres sites (tableaux 5 et 6). Ainsi la quantité moyenne d'engrais utilisée par exploitant, est de 50 kg dans le périmètre de Mugerero, 18 kg dans le marais de Gatakwa, 2 kg dans les marais d'Akagoma, inférieure à 1 kg dans les marais de Munywero. L'urée est la source principale des nitrates solubles. Elle est facilement lessivable, l'azote étant alors très mobile dans le sol. Elle doit être apportée en quantité suffisante et au moment propice dans le cycle de la culture.

Vu le faible niveau de gestion de l'eau d'irrigation par les riziculteurs, il est clair qu'une partie des fertilisants est emportée par l'eau d'irrigation.

Ces substances chimiques constituent une menace pour l'environnement. En effet, les nitrates qui sont très solubles peuvent ruisseler dans les eaux de surface ou infiltrer pour atteindre la nappe phréatique. Une concentration excessive de ces substances chimiques (azote et phosphore) dans l'eau peuvent conduire à l'eutrophisation des ruisseaux et rivières à débits lent, des étangs piscicoles et des lacs. Ce phénomène fait que les algues vertes se multiplient à la surface de l'eau réduisant ainsi l'infiltration de la lumière et de l'oxygène dans l'eau et induisant la production des toxines dangereux aux êtres vivants aquatiques, au bétail et à l'homme. La pollution de la nappe phréatique par ces éléments représente un grand risque pour la santé humaine.

Tableau 5: Les quantités d'engrais utilisés par exploitation et la part du riz

Sites	Urée (kg)		DAP (kg)		NPK (kg)		KCL (kg)		Tous les engrais		
	Expl.	Riz	Expl.	Riz	Expl.	Riz	Expl.	Riz	Expl. (kg)	Riz (kg)	Part du riz
Gihanga (aménagé)	25,7	23,7	4,2	2,5	25,7	23,6	0,0	0,0	55,5	49,8	90%
Rumonge (non aménagé)	9,6	9,6	2,5	2,5	5,8	5,8	0,0	0,0	18,0	18,0	100%
Ngozi aménagé	1,1	0,9	1,9	0,4	1,2	0,4	0,3	0,2	4,5	1,9	42%
Ngozi non aménagé	2,0	1,7	4,0	1,8	0,2	0,0	0,1	0,0	6,3	3,5	56%
Gisuru aménagé	0,4	0,4	1,0	0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	1,7	1,0	62%
Gisuru non aménagé	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-
Périmètres aménagés	9,1	8,3	2,4	1,2	9,0	8,0	0,1	0,1	20,5	17,6	86%
Périmètres non aménagés	3,9	3,8	2,2	1,4	2,0	1,9	0,0	0,0	8,1	7,2	89%
Tous les périmètres	6,5	6,1	2,3	1,3	5,5	5,0	0,1	0,0	14,3	12,4	86%
kg											
Part du riz	-	94%	-	57%	-	90%	-	57%	-	-	-

Exploit. = Exploitation

Tableau 6: Les quantités d'engrais utilisés par unité de surface

Sites		Urée	DAP	NPK	KCl	Total
Gihanga (aménagé)		81,3	5,5	74,2	0,0	161,0
Rumonge (non aménagé)		10,3	3,6	3,8	0,0	17,7
Ngozi aménagé		18,0	8,6	3,2	7,1	36,9
Ngozi non aménagé		38,3	33,6	0,0	0,0	71,9
Gisuru aménagé		19,8	14,8	0,0	0,0	34,6
Gisuru non aménagé		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Les périmètres aménagés	Moyenne	39,7	9,6	25,8	2,4	77,5
	Ecartype	88,7	47,6	55,9	12,5	143,1
Les périmètres non aménagés	Moyenne	16,2	12,4	1,3	0,0	29,9
	Ecartype	42,1	37,0	8,5	0,0	69,0
Tous les périmètres	Moyenne	28,0	11,0	13,5	1,2	53,7
	Ecartype	70,2	42,5	41,8	8,9	114,5

3.2.4. Conséquences de la pratique de la fertilisation organique sur l'environnement

Actuellement, l'utilisation du fumier en riziculture semble être une pratique non courante dans les sites qui ont fait objet de cette étude du fait qu'elle est absente dans plus de 70% des parcelles des périmètres rizicoles (tableau 7). Par ordre d'importance, les types de fumiers utilisés à travers tous les zones d'études sont rangés comme suit : fumier de chèvre (17,2% des

riziculteurs), fumier de vache (13,3% des riziculteurs), fumier de poule (2,2% des riziculteurs), fumier de lapin (2,2% des riziculteurs) et fumier de mouton (0,6% des riziculteurs). Les sites qui prennent le devant dans l'utilisation du fumier sont par ordre d'importance Akagoma II (28,4% des riziculteurs), Rumonge (26,9% des riziculteurs), Akagoma I (19,4% des riziculteurs) et Gihanga (16,4% des riziculteurs). Le fumier de chèvre a une part importante dans tous les sites excepté Ngozi qui utilise en premier lieu le fumier de vache.

Tableau 7: Fréquence d'utilisation de différents types de fumier en riziculture

Sites	Fumier de					
	lapin	vache	mouton	chèvre	porc	poule
Gihanga	0	2	0	9	0	0
Rumonge	1	4	1	8	1	3
Ngozi aménagé	0	12	0	6	1	0
Ngozi non aménagé	3	5	0	5	0	0
Gisuru aménagé	0	1	0	1	0	0
Gisuru non aménagé	0	0	0	2	1	1
Effectif total	4	24	1	31	3	4
Proportion/180	2%	13%	1%	17%	2%	2%
IC 95%	[1;6]%	[9;19]%	[0;3]%	[12;24]%	[0;5]%	[1;6]%

L'utilisation du compost en riziculture semble aussi être une pratique non courante. Le compost est plus appliqué à Ngozi qu'ailleurs (Tableau 8). En effet, sur 47 cas d'application du composte en riziculture, Ngozi seul (Akagoma I et Akagoma II) compte 29 cas soit 61,7%. Le compost utilisé est de quatre natures du point de vue composition: débris végétaux + épiluchure (17,2%), pseudotrunc + épiluchure (4%), pseudotrunc + débris végétaux+ épiluchure (2,8%) et fumier + pseudotrunc + épiluchure (1,7%).

La fertilisation organique est très importante du fait qu'elle permet une restitution progressive des éléments nutritifs exportés par les cultures. De plus, elle améliore les propriétés physiques (perméabilité du sol) et chimiques (rôle de tampon pour le PH, accroissement de

la capacité d'échange cationique) du sol et enfin elle stimule la vie microbienne du sol. Cependant, certains éléments (comme les nitrates, les phosphates et les éléments se présentant sous forme de traces) libérés par des amendements organiques sont, en cas de non utilisation par les plantes, sources de pollution des eaux souterraines et des eaux des cours d'eau. Dans tous les sites d'études, la fertilisation organique se fait par épandage à la main ou par simple enfouissement avec la houe. L'épandage surtout du fumier de ferme fait qu'une partie d'azote se volatilise dans l'air sous forme de divers composés à savoir l'ammoniac (NH₃), le méthane (CH₄) ou le protoxyde d'oxygène (N₂O). Ces composés sont parmi les principaux gaz à effet de serre, responsables des changements climatiques.

Tableau 8: Fréquence d'utilisation de différents types de compost en riziculture

Sites	Fumier+ Pseudotrunc+ Epluchures	Débris végétaux+ Epluchures	Pseudotrunc+ Epluchures	Pseudotrunc+ Débris végétaux+ Epluchures
Gihanga	0	3	0	0
Rumonge	0	3	0	0
Ngozi aménagé	0	8	7	3
Ngozi non aménagé	1	8	0	2
Gisuru aménagé	2	2	0	0
Gisuru non aménagé	0	7	1	0
Effectif total	3	31	8	5
Proportion/180	2%	17%	4%	3%
IC 95%	[0;5]%	[12;24]%	[2;9]%	[1;6]%

3.2.5. Risques environnementaux liés à l'application des produits phytosanitaires

Les produits phytosanitaires sont des substances chimiques minérales ou organiques destinées à protéger les cultures contre les organismes nuisibles. Leur application se fait à l'aide des pulvérisateurs à dos pendant les phases de végétation. Bien qu'ils aient des effets plus ou moins rapides sur les agresseurs des cultures, ils ne sont pas sélectifs. Ils agissent sur les agents pathogènes, les vecteurs des maladies ou les ravageurs, mais agissent aussi sur les prédateurs naturels des espèces dangereuses aux cultures ou sur d'autres espèces très utiles pour l'environnement. Lors de la pulvérisation, les pertes en diverses directions varient suivant l'état de développement des cultures, le réglage du pulvérisateur, la composition du produit utilisé et les conditions météorologiques. Les eaux de pluie, la vitesse et la direction du vent jouent un rôle important dans la propagation des pesticides à l'échelle de la surface cultivée mais aussi sur les habitats naturels voisins non visés par les traitements. La pulvérisation des pesticides en riziculture dans un monde qui ne contrôle pas l'eau d'irrigation constitue une source importante de pollution de l'eau, de l'air et du sol, ce qui occasionne des effets indésirables pour l'homme et pour l'environnement.

Le niveau d'utilisation des pesticides dans les sites d'études diffère d'un endroit à un autre, et d'un fermier à un autre. En effet, sur un total de 70 cas d'utilisation des pesticides, la plaine de l'Imbo en compte 57, soit 81,4% (périmètre de Mugerero avec 57,1% et périmètre de Gatakwa avec 24,3%). Ces produits sont plus utilisés dans les aires aménagées qu'ailleurs. Le Kitazin (16,7%), Benlate (11,1%) et Dithane (5,6%) sont les pesticides les plus utilisés en riziculture (tableau 9). Le traitement des plantules avant repiquage ne se fait qu'à Gihanga et à Rumonge. Il consiste en habillage et en utilisation des pesticides comme le kitazin à Mugerero ; le benlate, dithane, simicidine et l'agro-malon à Gatakwa pour tuer les ravageurs et lutter contre les maladies.

Il est aussi important de remarquer que les riziculteurs enquêtés utilisent des pesticides au hasard et sans se soucier des doses adéquates. Un exemple éloquent a été observé dans les périmètres rizières de Mugerero où le benlate et le kitazin sont les principaux produits pulvérisés. Ils servent à éviter la fonte de semis ou en cas de fanaison des feuilles. Cependant, 40% des agriculteurs utilisent aussi le benlate pour lutter contre les rats et les oiseaux ravageurs du riz.

Au site de Gatakwa, alors que le kitazin est utilisé pour lutter contre la pyriculariose, le dithane y est utilisé pour tuer les ravageurs du riz. Ce cas apparaît aussi dans les périmètres aménagés de Ngozi où 2/5 d'utilisations de dithane se font en cas d'attaques aux chenilles qui ravagent les feuilles. Les autres l'utilisent en cas de fanaison en pleine floraison ou en cas de stérilité des épillets. Dans les périmètres non aménagés de Ngozi, le seul agriculteur qui applique le benlate l'utilise en cas de toute attaque de son riz sans distinction aucune. De même à Gisuru, tous les quatre utilisateurs du kitazin l'utilisent en n'importe quelle type d'attaque du

riz et 50% d'entre-eux précisent qu'ils l'utilisent aussi pour tuer les insectes du riz.

Le non respect de la dose, du moment favorable d'application et du type de produit qui répond mieux à l'attaque des cultures montre que même si ces pesticides ne sont pas encore utilisés de façon intensive dans la production rizicole, des dégâts sur l'environnement existent déjà. Les résidus de ces pesticides dans les récoltes, dans l'eau, dans le sol et dans l'air sont très néfastes. Ce cas qui mérite une attention particulière semble être généralisé même pour d'autres cultures autres que le riz.

Tableau 9: Fréquence d'utilisation de différents types produits phytosanitaires en riziculture

Produits	DDT	Dithane	Diméthoate	Benlate	Kitazin	Dursuban	Cotalm	Orthène	Agromalon	Simicidine
Gihanga	0	0	1	16	18	2	2	1	0	0
Rumonge	0	5	0	2	7	1	0	0	1	1
Ngozi aménagé	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Ngozi non aménagé	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Gisuru aménagé	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0
Gisuru non aménagé	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Effectif total	1	10	1	20	30	3	2	1	1	1
Proportion/180	1%	6%	1%	11%	17%	2%	1%	1%	1%	1%
IC 95%	[0;3]%	[3;10]%	[0;3]%	[7;17]%	[12;23]%	[0;5]%	[0;4]%	[0;3]%	[0;3]%	[0;3]%

3.2.6. Problèmes environnementaux en rapport avec la pratique de gardiennage

Les animaux les plus observables dans les périmètres rizicoles et qui sont visés par les gardiens du riz sont les oiseaux et les petits mammifères de la famille des Muridae.

Lors du gardiennage contre les oiseaux, on se sert des cordes vibrantes, des objets sonores et/ou des épouvantails en tissus fabriqués à l'image d'une personne pour faire peur aux oiseaux. Des cailloux et des lance-pierres s'utilisent aussi pour les éloigner du champ ou même pour les tuer à cause des dommages qu'ils occasionnent. En effet, *Quelea quelea* qui est l'oiseau résident et sporadiquement migrateur de l'Est et Afrique centrale surtout en période de maturation du riz, est une espèce causant beaucoup de dégâts dans les cultures du riz (Ntakimazi *et al.* 2000) et qui est chassé pour ce fait. D'autres espèces d'oiseaux qui jouent un rôle majeur dans la chasse des insectes du sol ravageurs du riz sont actuellement menacées par des chasseurs et par les gardiens qui les tuent par des pièges installés dans les rizières afin d'avoir cette manne naturelle. L'exemple est celui des oiseaux de l'espèce *Bubulcus ibis* (inyange) qui tendent à disparaître suite à leur viande qui est actuellement consommée.

Les mammifères visés par les gardiens sont principalement l'aulacode (inkezi: *Thryonomys swinderianus*), la souris rayée (imênde: *Lemniscomys striatus*) et le rat des champs (imbeba: *Aethomys hindai*).

Ils rongent les plantes de riz à leurs passages et les gardiens les tuent en mettant de part et d'autre du champ des pièges constitués par des appâts contenant du poison sec ou frais. Ce poison peut contaminer les eaux et les sols et causer l'intoxication de diverses espèces animales et des hommes.

3.2.7. Exportation des matières nutritives après la récolte

Bien que le niveau de réalisation des activités rizicoles diffère d'un site à un autre, elles se font presque au même moment dans tous les sites, excepté Rumonge où ces activités se font un peu avant. La récolte est faite en coupant les plants quand le champ atteint la maturité (au moins 90% des plantes sont à ce stade), sauf dans le marais d'Akagoma où la récolte est sélective et progressive: on trie les épillets à maturité et on les récolte pour limiter les cas de vol en champs. En général, au moment de la récolte, les agriculteurs coupent toutes les plantes avec des serpettes et/ou faucilles, puis font le battage au champ sur des bâches et enfin, transportent le paddy frais dans des sacs et/ou dans des paniers sur la tête et/ou sur vélo. La paille quant à elle est par après utilisée dans le paillage des tomates ou vendue à ceux qui les utilisent dans les étables. Sachant que dans le champ, les plantes prélèvent une quantité importante d'éléments minéraux pour produire des substances organiques, il revient à dire qu'à la récolte différents éléments fertilisants sont exportés hors de la parcelle avec le paddy et la pailles, et cela contribue dans l'appauvrissement du sol, étant donné que la fertilisation des champs rizicoles n'est pas très courante au Burundi.

3.3. Atouts environnementaux de certaines pratiques culturelles

Les pratiques culturelles qui peuvent contribuer à la protection de l'environnement des périmètres rizicoles sont constituées par la jachère, la rotation, l'association des cultures et les précédents culturels. Les résultats relatifs à ces pratiques sont synthétisés dans le tableau 10.

- **Mise en jachère de la terre**

Dans l'ensemble des sites étudiés, la jachère est pratiquée par 26 % des agriculteurs. D'énormes disparités existent entre les différents sites: dans les périmètres rizicoles de Gisuru, situé dans la région du Kumoso, la fréquence de mise en jachère des terres est supérieure à 50 %, alors qu'elle est inférieure à 10 dans les périmètres de Ngozi et de Gihanga, la jachère est plus pratiquée dans le Kumoso parce que des terres agricoles inexploitées y sont encore disponibles.

La jachère favorise la prolifération de la faune et de la flore sauvage qui y tirent de la nourriture et constitue ainsi un véritable abri (Floret et Pontanier 2000). Elle permet ainsi de lutter contre l'érosion et de reconstituer des éléments nutritifs du sol après une culture. Contrairement à la fertilisation organique, la jachère restaure la fertilité du sol sans le polluer et sans causer de dégâts.

- **Association des cultures**

L'association de la culture de riz avec les autres cultures concerne 13 % des agriculteurs enquêtés. C'est une pratique faite dans le cas de la riziculture pluviale, à Rumonge et dans le Kumoso (à Gisuru). Dans les marais, le riz est généralement cultivé en pure.

- **Rotation culturale, précédents culturels et assolement**

La rotation des cultures est une pratique courante dans les périmètres rizicoles. Elle a été signalée par 70% des agriculteurs enquêtés. Elle est le plus rencontrée dans les sites de Ngozi et de Gihanga. Les riziculteurs font généralement un seul cycle de production de riz qui couvre normalement la saison culturale B. La culture de riz est alors suivie, en saison C par des légumes et des Céréales telles que le maïs, des légumineuses telles que le haricot et des tubercules tels que la patate douce.

Mais dans certaines parties des marais inondées en permanence, la riziculture est pratiquée au cours de la saison C, à partir de juillet puisqu'ils sont trop submergés durant la saison B. Ces endroits ne peuvent comporter que la culture de riz, en saison C, lorsque la hauteur d'eau diminue.

Pour bien jouer le rôle de protection contre la dégradation du sol et limiter le développement des agents pathogènes, la rotation doit prendre en considération les précédents culturels et être combinée à un système d'assolement approprié. Signalons cependant que, généralement, les mêmes cultures succèdent à la culture de riz de façon répétitive sur une même parcelle, sans assolement sans tenir compte des précédents culturels.

- **Gestion intégrée des intrants**

Le type de gestion intégrée connue dans les sites enquêtés est la combinaison des fertilisants minéraux et du fumier qui a été rapportée par 13% des agriculteurs.

Tableau 10: La fréquence de certaines pratiques culturelles et les cultures concernées

Site	Association culturale		Rotation culturale et précédents culturels		Jachère	Combinaison des intrants dans le temps	
	Fréq.	Cultures	Fréq.	Cultures	Fréq.	Fréq.	Intrants
Gihanga	16,7	-	86,7	riz/maïs, patate douce	10	40	-
Rumonge	3,3	Riz+ manioc+ maïs	46,7	riz/maïs, patate douce, tomate	26,7	16,7	Pesticides+ engrais + fumier
Ngozi aménagé	0	-	100	riz/maïs, haricot, pomme de terre	6,7	10	engrais+ fumier
Ngozi non aménagé	0	-	100	riz/maïs, haricot, pomme de terre	0	13,3	engrais+ fumier
Gisuru aménagé	13,3	Riz+ niébé, maïs	26,7	riz/maïs, haricot, pomme de terre, patate douce, éleusine	56,7	0	-
Gisuru non aménagé	46,7	Riz+ manioc, banane, patate douce	60	Riz/haricot, manioc, patate douce, choux, bananes, amarante	53,3	0	-
Tous les sites	Fréq. IC 95%	13% [9;19]%	70% [63;77]%	-	26%- [19;33]%	13% [9;19]%	-

Fréq. = Fréquence

4. CONCLUSION

La culture du riz exige une série d'activités qui doivent être maîtrisées afin de garantir un bon rendement. Cependant, la plupart des pratiques rizicoles en vigueur en basse et en moyenne altitude du Burundi présentent sur le plan environnemental des dangers dont on ne peut pas faire fi, au moment où le pays vit dans la nécessité d'intensifier cette culture. Signalons d'abord que la mise en valeur des terres rizicoles s'accompagne généralement des déboisements (cas de Mugerero) ou déforestation mettant en danger les espèces animales et végétales qui y tiraient profit.

Le manque de contrôle de l'eau d'irrigation et de drainage fait que certains agriculteurs canalisent l'eau d'irrigation dans leurs parcelles sans aucun suivi. Cela constitue un gaspillage de cette ressource occasionnant ainsi l'érosion des éléments nutritifs et des pesticides qui vont polluer le milieu aquatique et environnant. D'autres riziculteurs se servent de l'eau de drainage pour irriguer leurs parcelles, même dans les périmètres de Mugerero qui souffrent de la salinité. Cela conduit à la chute de rendement suite non seulement à la transmission des maladies et ravageurs, mais aussi à l'accumulation rapide des sels en surface.

L'application des engrais minéraux en riziculture se fait principalement dans les périmètres rizicoles de Mugerero, tandis que la fertilisation organique se fait principalement à Ngozi. Dans tous les cas, l'épandage à la main est le mode d'application le plus utilisé. Sachant que la gestion de l'eau n'est pas correctement assurée dans les périmètres rizicoles, ce mode d'application augmente des pertes en fertilisants. Une partie très soluble constituée surtout des nitrates et phosphates est emportée par l'eau vers la nappe souterraine ou vers les rivières et lacs, exposant au danger tous les êtres vivants utilisant cette eau (y compris l'homme). Une autre partie (surtout d'azote) pollue l'air en se volatilisant sous forme de composés à savoir l'ammoniac (NH_3), le méthane (CH_4) ou le protoxyde d'oxygène (N_2O). Ces produits sont parmi les principaux gaz à effet de serre, responsables des réchauffements climatiques.

Après la récolte, la paille du riz est utilisée dans d'autres parcelles pour pailler des tomates ou dans les étables. Tenant compte que la fertilisation des terres rizicoles n'est pas très courante dans certaines zones, cette exportation d'éléments nutritifs s'ajoutant aux pertes dues à l'érosion affecte négativement la fertilité du sol.

Les riziculteurs ne sont pas assez informés sur l'utilisation des produits phytosanitaires. En effet, des cas d'application des pesticides qui ne correspondent pas à l'attaque et sans suivre les règles de dosage ont été enregistrés dans tous les sites.

Etant donné que la gestion de l'eau d'irrigation et de pluies n'est pas encore maîtrisée et que la pulvérisation reste le seul mode d'application connu de ces produits, la lutte chimique constitue une source importante de pollution de l'eau, de l'air et du sol, ce qui représente une menace pour l'homme et pour l'environnement en général. De plus, les pesticides utilisés ne sont pas sélectifs. Ils agissent non seulement sur les organismes visés par le traitement, mais aussi sur les organismes très utiles non visés par le traitement. Nous avons aussi constaté que les produits utilisés dans les appâts lors du gardiennage. S'agissant du gardiennage sont des poisons qui occasionnent la mort de pas mal d'espèces animales, les bons et les mauvais.

Un nombre très restreint de riziculteurs utilisent des pratiques culturales, qui, une fois appliquées correctement, contribueraient à la restauration de la fertilité du sol et à la lutte contre les maladies sans faire recours aux engrais et pesticides. Il s'agit de la jachère améliorée, l'assolement, la rotation culturale, l'association culturale, la combinaison des fertilisants organiques, etc.

Les pratiques destinées à protéger les bassins versants autour des périmètres rizicoles, constituées par les fossés et les haies antiérosives, sont insuffisantes étant données l'état de délabrement des collines.

Les pratiques rizicoles défectueuses rencontrées dans les six zones d'études—reflètent un besoin urgent d'améliorer le niveau de formation et d'encadrement des riziculteurs. Les riziculteurs ont besoins d'être formés sur la gestion intégrée des intrants agricoles tels que l'eau d'irrigation, les fertilisants organiques, les engrais chimiques et les produits phytosanitaires: les types de produits appropriés, les bonnes combinaisons à effectuer, le bon moment et la bonne localisation de l'application ainsi que les doses recommandées. Ils doivent aussi savoir que l'épandage des fertilisants en surface occasionnent beaucoup de risques sur l'environnement et que l'enfouissement serait le plus recommandé. Par ailleurs, une personne qui fait l'épandage du fumier à la main est exposé aux microorganismes pathogènes surtout si ce fumier est encore frais. Elle devrait porter des gants, se laver les mains régulièrement et utiliser du fumier bien décomposé.

Les capacités des riziculteurs doivent être renforcées en matière de gestion durable de l'eau dans et autour des périmètres rizicoles. Dans les périmètres souffrant de salinité, il faut prévoir un drainage adapté réduisant des remontées capillaires. Dans tous les périmètres rizicoles, la pratique d'irrigation avec les eaux des drains est à éradiquer. Il serait aussi intéressant de tester les techniques de labour zéro ou quasi-zéro là où c'est nécessaire et possible.

Enfin, des méthodes efficaces de protection des collines autour des périmètres rizicoles doivent être adoptées notamment la pratique d'agroforesterie et le reboisement de certains espaces.

Pour limiter certaines pratiques dangereuses pour la santé humaine, une réglementation sera indispensable notamment l'instauration du principe pollueur-payeur et le paiement des droits à la pollution. Les instances communales peuvent se charger de l'application des mesures réglementaires et du contrôle.

REMERCIEMENTS

Le présent document est le fruit d'un travail réalisé par l'équipe de la Faculté d'Agronomie (FACAGRO) de l'Université du Burundi grâce à un financement du Centre Canadien de Recherche pour le Développement International (CRDI).

BIBLIOGRAPHIE

Brink, M. & Belay, G. (2006) *Les céréales et les légumes secs*. Fondation PROT/Back Huys Publishers/CTA, Wageningen, Pays Bas, 328 pp.

Courtois, B. (2007) *Une brève histoire du riz et de son amélioration génétique*, Cirad, France, 13 pp.

FAO (2001) *Labour zéro: lorsque moins veut dire plus*. Focus 2001, 2 pp.

FAO (2005) *L'irrigation en Afrique en Chiffres*. Enquête AQUASTAT 2005, Rome, 93 pp.

Floret, C. & Pontanier, R. (eds.) (2000) *La jachère en Afrique tropicale: rôles, aménagement, alternatives*. Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999, Paris (FRA) ; Montrouge, IRD ; J. Libbey, 803 pp.

Juliano, B.O. (1994) *Le riz dans l'alimentation humaine*. Publié en collaboration avec l'IRRI, FAO, Rome, 180 pp.

Marsily (de), G. (2008) Eau, Changements climatiques, alimentation et évolution démographique. *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 21:2, 111-128.

McCouch, S.R. ; McNally, K.L. ; Wang W. & Hamilton, R.S. (2012). Genomics of gene banks: A case study in rice, *American journal of Botanic*, 99, 407-423.

McNally K.L., 2010, *Rice genetic diversity, gene flow and population structure*, IRRI, Laguna, Philippines, [Online], [14.07.2010] available from Internet: <URL : http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/basmati/rice_genet_divers_mcnally_en.pdf

MINAGRIE, Direction Générale de Planification de l'Agriculture et de l'élevage (2006) *Données sur l'évolution de la production et la superficie des cultures vivrières*, Bujumbura.

Ntakimazi, G.; Nzigidahera, B.; Nicayenzi, F. & West, K. (2000). *L'état de la diversité biologique dans les milieux aquatiques et terrestres du delta de la Rusizi*. Rapport sur l'étude spéciale de biodiversité (ESBIO), 51 pp.

OAG (Observatoire de l'Action Gouvernementale) (2004). *Etude sur les conflits liés à la gestion foncière du marais de Gatakwa*. Bujumbura, 80 pp.

République du Burundi (2011). *Loi N°1/13 DU 9 août 2011 portant révision du code foncier du Burundi*. Bujumbura, 96 pp.

République du Burundi, Ministère de la Santé Publique (2009). *Plan stratégique de la réponse du secteur de la santé face au VIH/SIDA et aux IST au Burundi pour la période 2010-2015*. Bujumbura, 96 pp.

Rieul, L. (1996). L'irrigation et gestion de la ressource eau. *Ingénieries – EAC*, 5, pp. 33-42

Rieul, L. & Ruelle, P. (Coord.) (2003). *Guide pratique de l'irrigation*, Ouvrage collectif, 3^{ème} Edition, Cemagref Editions, 344 pp.

Roose, E. (1990). *Un programme national de gestion conservatoire de l'Eau et de la fertilité des sols (G.C.E.S.) au Burundi*. Rapport de mission au Burundi du 26/2 au 16/3/1990, Bujumbura, 26 pp (+ annexes).

Sie, M. (1989). *Analyse de la diversité génétique des variétés traditionnelles du riz du Burkina Faso*. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'études approfondies en biotechnologie et amélioration végétale, Université nationale de Côte d'Ivoire, Faculté des Sciences et techniques, année académique 1988-1989, 64 pp.

Trébuil, G. & Hossain, M. (2004) *Le riz : enjeux écologiques et économiques*. Belin, Paris, 265 pp.