

# **INTEGRATION DU SYSTEME VETIVER DANS LA LUTTE ANTIEROSIVE CONVENTIONNELLE A BRAZZAVILLE, REPUBLIQUE DU CONGO**

## **1. INTRODUCTION**

Plusieurs publications sur le changement climatique à l'échelle mondiale rapportent que la sécheresse, les inondations et les érosions constituent quelques signes probants du changement climatique en Afrique sub-saharienne. A Brazzaville la capitale de la République du Congo, on enregistre depuis plus d'une décennie, des pluies de fortes intensités. Ces dernières, ont causé et continuent à causer plusieurs érosions et d'énormes dégâts matériels, entre autres la destruction des routes, des maisons d'habitation etc.

Depuis ces temps, les efforts d'ingénierie conventionnelle pour stopper la progression de ces érosions sont restés inefficaces. En effet, les ouvrages d'ingénierie conventionnelle tels que les collecteurs, les murs terramesh, le soutènement en gabions, les sacs de terre etc. se dégradent rapidement et n'ont souvent, pas une longue vie, du fait des ruissellements excessifs des eaux de pluies. Ces derniers rendent ces ouvrages vulnérables, suite au manque de mesures de protection végétale pendant leur mise en œuvre.

Suite à ces difficultés, Egis-International, un bureau d'étude et de conseil en ingénierie, a proposé aux autorités congolaises en charge des travaux publics, l'idée d'intégrer la bio-ingénierie, notamment le système vétiver, aux techniques d'ingénierie conventionnelle. Cette proposition est une nouvelle approche très efficace dans les conditions de Brazzaville, car elle permettra non seulement de stopper la progression de ces érosions, mais aussi d'assurer la protection et la durabilité des ouvrages conventionnels à construire, comme l'affirme aussi Truong et al.,(2008a).

Pour ce faire, trois sites érosifs dans la partie nord de la ville de Brazzaville (érosion Pylône, érosion Boukeni et érosion Casis) ont été choisis pour mettre en œuvre cette nouvelle approche intégrée de lutte anti érosive, notamment la combinaison des techniques de bio-ingénierie (plantation des vétivers) et les méthodes conventionnelles de lutte anti érosives (construction de collecteur, de murs de soutènement terramesh, remodelage de talus et empilement de sacs de terre).

A l'issue des plantations de vétiver, les observations sur ces trois sites ont porté sur la couverture du sol par le vétiver et le niveau des dégâts enregistrés après des pluies susceptibles de provoquer un minimum des dégâts.

## **2. MATERIELS ET METHODE**

### **2.1. Sites érosifs**

Trois sites érosifs ont été choisis dans le nord de Brazzaville, compte tenu de la gravité de leurs menaces aussi bien sur les infrastructures publiques, que sur les maisons d'habitations. Le site

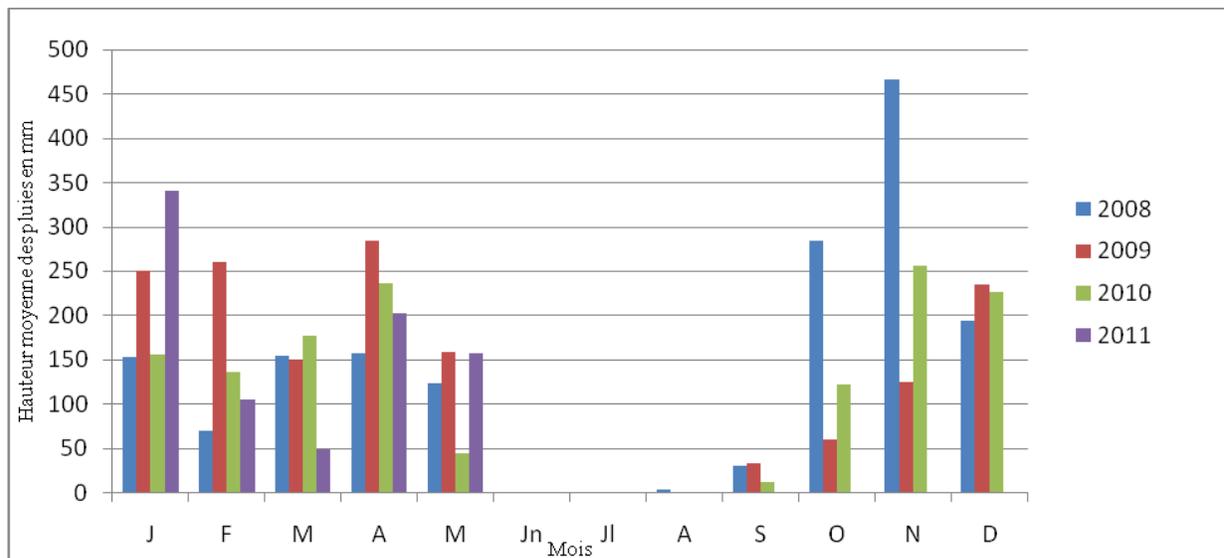
de Pylône avait une érosion qui menaçait le pylône de transport de courant de moyenne tension entre la Brazzaville et la partie nord du Congo, d'où l'urgence pour stopper la progression de ce ravin. L'érosion de Boukeni a détruit plus de 300 maisons d'habitations dans l'arrondissement de Mongali. Par contre, la plus dévastatrice de toutes les deux est l'érosion de Casis qui, hormis près d'un millier de maisons détruites, elle est arrivée à 2 m de la NR2, la seule route qui reliait en ce temps, la capitale Brazzaville, de toute la partie nord de la République du Congo.

Sur le plan géomorphologique et géologique, tous ces sites se ressemblent car, situés à moins de 3 km les uns des autres, aux limites de petits plateaux de la ville de Brazzaville, qui eux-mêmes font partie de grands plateau Batékés.

Les Plateaux Batékés forment un immense plateau atteignant parfois 700 m d'altitude à certains endroits et subdivisés en plusieurs petits plateaux par des rivières profondes montrant une orientation parallèle aux failles. La stratification de cette zone donne au niveau inférieur, des argilites riches en fossiles lagunaires. Au niveau moyen de cette stratification, les matériaux sont constitués des grès fins blancs feldspathiques, formant les « dalles de Makélékélé ». En fin, le niveau supérieur de la stratification est formé par des grès blancs très tendres, grès blancs lités, friables ou blanc-jaunâtre.

Du point de vu régime des pluies, la figure 1 ci-dessous donne la pluviométrie moyenne mensuelle de Brazzaville, de 2008 à mai 2011(ANAC, 2008, 2009, 2010 et 2011)

**Figure1. Diagramme des pluies mensuelles, de 2008 à janvier 2011**



La hauteur moyenne des pluies telle que montrée dans ce graphique ne donne pas l'idée claire sur l'intensité de chaque pluie susceptible de causer un minimum de dégâts. Pour cette raison, le tableau I ci-dessous donne pour chaque année, le nombre des pluies selon leurs différentes hauteurs en mm.

**Tableau I. Nombre des pluies par an, réparties en classe de hauteur tombée**

	hauteur des pluies en mm		
	< 30	30-50	>50
2009	94	12	7
2010	71	9	8
2011, jusqu'en mai	33	8	3
TOTAL	198	29	18

Il est important de noter que partant de nos observations, les pluies inférieures à 30mm ont un faible pouvoir érosif si elles sont étalées dans la journée. Cependant il est aussi remarqué que bien étant considérées moins érosives, la succession de ces pluies en deux ou trois jours de suites, ou si elle tombe en deux ou trois heures, peuvent dans ce cas causer quelques dégâts dans certains endroits du fait de la saturation de l'humidité du sol et de l'augmentation de la fraction des eaux de ruissellement ou de leur intensité.

## 2.2. Le vétiver

Les matériels végétaux utilisés est le vétiver (*Chrysopogon zizanioides*, autrefois appelé *Vetiveria zizanioides*). Ces vétivers provenaient d'une part des pépinières initiales, établies par quelques associations à l'issue de la formation organisée en février 2004 à Kinshasa en République Démocratique du Congo, par TVNI (The Vetiver Network International) avec l'appui de l'USAID (United States Agency for International Development).

D'autre part, les vétivers plantés sur ces sites érosifs provenaient des anciens matériels plantés depuis les années 60, pour la délimitation de certaines parcelles et pour la protection des berges de périmètres piscicoles et rizicoles le long du fleuve Congo.

Le vétiver (*Chrysopogon zizanioides*), est une herbe vivace de la famille des graminées, sous famille de panicoideae ou andropogonideae, tribu de andropogoneae et sous tribu de sorghinae. Il est originaire du Nord de l'Inde (National Research Council, 1993). Comparée à d'autres graminées, le vétiver a l'avantage d'avoir les caractéristiques très intéressantes dans la lutte contre les érosions. Le vétiver a des racines rigides, denses et longues, pouvant pénétrer jusqu'à 3 et 4 m de profondeur, ce qui permet de stabiliser le sol contre les aux érosions (Rachmeler, 2003, Truong, 2000).

Les tiges de vétiver sont raides et dressées. Quand elles sont plantées très rapprochées, elles forment une haie dense et épaisse. Cette haie résiste à des vents de sables et joue le rôle d'un filtre de rétention des sols ou de tous autres sédiments. Elle permet aussi de dissiper et de ralentir la vitesse des eaux de ruissellement, et favorisant ainsi leur infiltration (National Research Council, 1993, Julliard et al, 2001; et Truong, 2004). Le vétiver tolère les conditions climatiques très variées, à l'exception de l'absence de lumière car il se développe de façon optimale en plein soleil et support mal l'ombrage (Goudiaby, 2003).

Avant la plantation, les touffes de vétiver étaient divisées en éclats de 2 à 3 plants, les racines taillées à 10cm et les feuilles à 20 cm de la base, afin de faciliter la plantation et de favoriser une bonne reprise. Ces éclats sont en suite plantés dans des sillons préalablement remplis de

terre végétale ou de l'humus pour améliorer la fertilité du sol et accélérer la reprise des éclats de vétiver. Ces sillons forment des rangées successives sur les talus et les remblais en suivant les lignes de courbe de niveau. Les éclats de vétiver sont écartés de 10 cm les uns des autres dans les rangées de plantation, ce qui donne une densité de 20 à 30 plants par mètre linéaire. Ces rangées successives sont elles mêmes distancées de 1 mètre les unes des autres.

Afin d'obtenir un développement rapide de vétiver, un mélange des engrais minéraux NPK 17-17-17 ou 15-15-15 et Urée 46% a été appliqué en deux répétitions. La première application a eu lieu à partir de 90 jours après la plantation et la deuxième entre 4 et 5 mois après la première application.

Les arrosages partiels ont été assurés, en cas d'absence de pluies dans la semaine de plantation, surtout pour le vétiver récemment plantés, pour réduire la mortalité. Pendant la saison sèche, les plantations et arrosages étaient suspendus suite aux contraintes logistiques et financières.

### **2.3. Détermination de la couverture du sol**

Selon Musée-Nature de la prairie, (2005), la couverture du sol correspondant à la surface du quadrat qui est recouverte par une espèce végétale donnée. Dans le cadre de ce travail, pour apprécier la couverture de talus et des remblais par le vétiver, une vingtaine de quadrats de 2 m<sup>2</sup> chacun, ont été désignés de façon aléatoire et pris comme unité d'échantillonnage sur chaque site d'observation.

Cette couverture est exprimée en pourcentage de la surface occupée par la biomasse foliaire de vétiver par rapport à la surface du quadrat (2 m<sup>2</sup>). Elle a été estimée sur base des observations réalisées directement dans chaque zone plantée, tous les trois mois depuis les plantations jusqu'au mois de mai 2011, quand le développement de cette couverture a atteint son maximum, c'est-à-dire ne laissant voir aucune surface dénudée.

### **2.4. Observations des dégâts en temps de pluie**

Il existe plusieurs méthodes pour déterminer les pertes de sol dues l'érosion hydrique. Parmi ces méthodes, l'équation universelle de perte de sol (USLE) est très connue. Cependant, Zaher, (2011) indique que le recourt à l'une ou l'autre de ces méthodes dépend des objectifs fixés et des moyens techniques consentis par le projet. Dans le cadre de ce travail, les moyens techniques n'ont pas permis de quantifier les pertes de sol dues à l'érosion pluviale. C'est pourquoi, nous nous sommes limités à observer et à relever les signes et effets physiques visibles de dégradations causées les différentes pluies sur les talus et remblais protégés par les haies de vétiver. Après chaque événement pluvieux les signes ci-après et leurs catégories respectives, orientaient nos observations:

A= pluies sans ruissellement sur les talus et remblais

B= pluies ayant provoqué les ruissellements, sans décapages des matériaux superficiels

C= pluies ayant provoqué les ruissellements et décapages des matériaux superficiels du sol

D= pluies ayant provoqué la création des rigoles

E= pluies ayant provoqué la création des rigoles et des ravinements  $\geq$  1m de profondeur

Les fréquences des pluies ayant provoquées ces signes et effets physiques visibles de dégradations ont été régulièrement, pour les pluies annuelles de 30mm ou plus, considérée dans le cadre de ce travail, comme seuil susceptible de causer un minimum des dégâts visibles.

### 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### 3.1. Couverture Végétale

Le tableau II ci-dessous présente l'évolution de la couverture (en %) pour chaque site, tous les trois mois depuis les plantations de vétiver jusqu'au mois de mai 2011. Ces valeurs constituent la moyenne trimestrielle des quadrats de chaque site.

**Tableau II. Evolution de la couverture des talus et remblais des 3 sites par le vétiver (en%)**

	1 <sup>ère</sup> année 2009				2 <sup>ème</sup> année 2010				3 <sup>ème</sup> année 2011			
	1 <sup>er</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	1 <sup>er</sup>	2 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>
	Trim	Trim	Trim	Trim	Trim	Trim	Trim	Trim	Trim	Trim	Trim	Trim
Casis	0	0	0	2	20	60	60	90	100	100	-	-
Boukeni	2	30	30	100	100	100	100	100	100	100	-	-
Pylône	0	10	10	40	60	70	70	80	100	100	-	-

Il ressort du tableau II que la couverture des talus et des remblais par le vétiver a sensiblement augmenté de 0 à 100% sur tous les 3 sites depuis le premier trimestre de la première année (2009) jusqu'au premier trimestre de la troisième année (2011). Pour le site de Boukeni, le développement de la couverture végétale est très rapide depuis la plantation (2%) au premier trimestre 2009 jusqu'à atteindre 100%, au terme du 4<sup>ème</sup> trimestre de la même année, comme le montre les photos 2, 3 et 4 ci-dessous.



Photo 1. Etat initial du ravin boukeni, avant mise en place des sacs des sables et plantation de vétiver



Photo 2. Mise en place des sacs de terre végétale et plantation de vétiver sur le site Boukeni (février 2009)



Photo 3. Site de Boukeni 2 mois après la plantation de vétiver sur les sacs (avril 2009)



Photo 4. Développement de la couverture végétale sur Boukeni 10 mois après la plantation (nov. 2009)

Ce développement rapide par rapport aux deux autres sites est attribué non seulement du fait que la plantation de vétiver sur le site de Boukeni est intervenue plus tôt (au milieu du premier trimestre de 2009) par rapport aux deux autres sites (2<sup>ème</sup> trimestre pour Pylone et 4<sup>ème</sup> trimestre pour Casis) mais aussi du fait de la présence de la terre végétale dans les sacs sur les quels était planté le vétiver et de la matière organique présente, après la décomposition des ordures ménagères qui étaient fréquemment jetées dans le ravin de Boukeni par les populations environnantes. La décomposition de ces ordures a permis la formation d'un humus de très bonne qualité sur le site Boukeni, contrairement la pauvreté remarquable des sols de Casis et de Pylônes en matière organique. En effet, le sol riche en matière organique et en azote permet le développement rapide de vétiver ( Ndong et al., 2006, Ndong, 2009).

Cependant, Malgré la pauvreté du sol des sites Casis et Pylone en matières organiques ou humus, le développement de la couverture végétale était amélioré sensiblement jusqu'à 100%, entre le 1<sup>er</sup> trimestre 2010 et le 1<sup>er</sup> trimestre 2011 comme le montrent les photos 5, 6 et 7 pour le Site Casis et entre le 4<sup>ème</sup> trimestre 2009 et le 1<sup>er</sup> trimestre 2011, illustré par les photos 8 et 9 pour le site de Pylône, suite à l'amélioration du sol par les apports en terre végétale et les applications des engrais minéraux (NPK 17 17 17) et urée (46% N). Ceci confirme encore les recommandations faites par Ndong et al., (2006) et Ndong, (2009) sur les fertilisations de vétiver pour obtenir un bon développement.



Photo 5. Plantation de végétation sur le site Casis en nov. 2009



Photo 6. Site de Casis 5 mois après les plantations partielles de végétation (Avril 2010)



Photo 7. Site de Casis 17 mois après les plantations partielles de végétation (mai 2011)



Photo 8. Site de Pylône 2 mois après les plantations partielles de vétiver (juin 2009)



Photo 9. Site de Pylône 23 mois après les plantations partielles de vétiver (mai 2011)

Par contre, quelque soit les sites et le niveau de fertilité de sol, le tableau II fait remarquer un arrêt de développement de la couverture végétale, entre la fin de 2<sup>ème</sup> et le début du 3<sup>ème</sup> trimestre à la première et à la deuxième année d'observation. Cette période d'arrêt de croissance correspond à la saison sèche dans la région de Brazzaville, où il ne pleut pas (ANAC, 2008, 2009 et 2010). Ainsi, en absence de l'eau, le vétiver connaît un arrêt de croissance, comme l'affirme Paul et al., (2008a).

C'est justement dans les premiers mois de plantation de vétiver sur ces sites et en absence des arrosages pendant la saison sèche entre le 2<sup>ème</sup> et le 3<sup>ème</sup> trimestre, que cet arrêt de développement de la couverture végétale est constaté, car les racines de vétiver n'étaient pas encore très développées pour atteindre l'humidité du sol de profondeur pendant cette saison aride.

### **3.2. Fréquences des pluies provoquant des dégâts sur les 3 sites**

Pour tous les trois sites d'observation, depuis la première année (2009) jusqu'à la troisième année (mai 2011), les fréquences des dégâts enregistrés après chaque événement pluvieux de 30mm ou plus, sont consignées dans le tableau III ci-dessous.

**Tableau III. Fréquence d'observation des signes et effets visibles des dégâts après un temps pluvieux sur les talus et les remblais**

Sites	Observations	Hauteur des pluies	1 <sup>ère</sup> Année (2009)		2 <sup>ème</sup> Année (2010)		3 <sup>ème</sup> Année(*) (jusqu'en mai 2011)	
			30-50 mm (N=12)	>50 mm (N=7)	30-50 mm (N=9)	>50 mm (N=8)	30-50 mm (N=8)	>50 mm (N=3)
<b>Casis</b>	A= aucun ruissellement sur les talus et remblais		0	0	4	2	8	3
	B= ruissellements, sans décapages des matériaux superficiels		0	0	0	3	0	0
	C= ruissellements avec décapages des matériaux superficiels du sol		4**	1**	3	5	0	0
	D= création des rigoles		4**	1**	3	2	0	0
	E= création des rigoles et des ravinements $\geq$ 1m de profondeur		3**	1**	1	2	0	0
<b>Boukeni</b>	A= aucun ruissellement sur les talus et remblais		2	0	9	8	8	3
	B= ruissellements, sans décapages des matériaux superficiels		10	7	0	0	0	0
	C= ruissellements avec décapages des matériaux superficiels du sol		0	0	0	0	0	0
	D= création des rigoles		0	0	0	0	0	0
	E= création des rigoles et des ravinements $\geq$ 1m de profondeur		0	0	0	0	0	0
<b>Pylône</b>	A= aucun ruissellement sur les talus et remblais		0	0	1	3	6	3
	B= ruissellements, sans décapages des matériaux superficiels		0	0	5	4	2	0
	C= ruissellements avec décapages des matériaux superficiels du sol		7	4	3	5	0	0
	D= création des rigoles		6	3	3	3	0	0
	E= création des rigoles et des ravinements $\geq$ 1m de profondeur		2	3	0	1	0	0

N= Nombre des pluies considérées durant l'année (voir Tableau I.)

\* : Pour la 3ème année (2011) les observations se sont arrêtées au mois de mai

\*\* : les observations n'ont porté que sur les pluies de Novembre et décembre car les plantations ont débuté au mois de novembre sur le site Casis

## Site de Casis

Il ressort des résultats obtenus dans le tableau III ci-dessus qu'en première année d'observation (2009), 12 pluies de 30 à 50 mm et 7 pluies de plus de 50mm sont tombées sur les 3 sites. Pour le site de Casis, en cette première année, nous ne considérons que les pluies tombées à partir du mois de novembre, qui est le début des plantations des vétivers sur les talus et les remblais. Selon ANAC, (2009), la ville de Brazzaville avait enregistré 4 pluies de 30 à 50 mm et une seule pluie de plus de 50mm en novembre et décembre 2009.

Au regard des observations faites dans le tableau III, toutes les 4 pluies de 30 à 50mm, avaient créé les ruissellements et décapages des matériaux superficiels du sol (C) ainsi que les créations des rigoles (D). Par contre, 3 pluies sur les 4 pluies de 30 à 50 mm tombées sur le site Casis entre novembre et décembre ont provoqué des rigoles et des ravinements supérieurs à 1m de profondeur (E). Pendant la même période (novembre et décembre 2009), il n'est tombé qu'une seule pluie de plus de 50 mm et cette pluie a causé elle seule, les 3 catégories des dégâts (C, D et E) observées ci-haut et illustrés par la photo 10 ci-dessous.



Photo 10. Dégâts sur les talus et les remblais contigus du collecteur du site Casis (Déc. 2009)

Ces dégâts étaient très nombreux et revenaient à chaque événement pluvieux sur le site de Casis, parce que la plantation de vétiver venait de débuter, la couverture végétale était presque

nulle (2%) comme le montre la photo 10 ci-dessus et cette couverture végétale n'était pas encore en mesure d'assurer une protection efficace des talus et des remblais sur le site Casis.

Cependant, durant la 2<sup>ème</sup> année (2010), il était tombé 9 pluies de 30 à 50 mm. Les observations faites sur le site Casis après ces pluies ont montré que sur ces 9 pluies de 30 à 50mm, 4 n'ont présenté aucun signe de ruissellement sur les talus et les remblais (A), 3 pluies ont provoqué les ruissellements et décapages des matériaux superficiels du sol (C) ainsi que les décapages et les créations des rigoles (D). Parmi ces 9 pluies, une seule a provoqué les créations des rigoles et ravinements supérieur ou égal à 1m de profondeur (E).

Pour la même 2<sup>ème</sup> année, 8 pluies de plus de 50 mm sont tombées parmi lesquelles, 2 n'ont montré aucun signe de ruissellement (A), 3 ont provoqué des ruissellements sans décapages des matériaux superficiels du sol (B), 5 pluies ont provoqué des ruissellements avec décapages des matériaux superficiels du sol (C) et 2 pluies ont provoqué des décapages et créations des rigoles (D) ainsi que les ravinements (E).

Il est cependant, important de noter que toutes les pluies ayant provoqué les dégâts de la catégorie C, D et E (comme cela est illustré par les photos 11 et 12 ci-dessous), sont tombées entre le 1<sup>er</sup> et le 2<sup>ème</sup> trimestre de l'année 2010, alors que la couverture végétale n'était pas suffisamment développée. Le tableau II montre qu'en cette période la couverture végétale était estimée entre 20 et 60% sur ce site; à ce stade, les haies de vétiver n'avaient pas encore formé une couverture végétale dense, capable de protéger efficacement les talus et les remblais de ce site contre les érosions. Car, pour être efficace pour la protection des sols et des ouvrages, Greenfield (2008) mentionne que les vétivers doivent former des haies très denses.



Photos 11 et 12. Dégâts sur les talus du site Casis (avril 2010)

En plus, malgré une pluie exceptionnelle de 96 mm et trois pluies de 48, 46 et 56 mm tombées en décembre 2010, aucun dégâts n'avait été enregistré, même pas dans des zones autrefois dégradées par des pluies de faible intensité. Ces 4 pluies n'ont même pas provoqué de ruissellement (voir photo 13), comme le montre encore le tableau III, grâce à l'amélioration de la couverture végétale sur ce site à partir de la fin du quatrième trimestre 2010, jusqu'en mai 2011, comme le montrent encore les photos 13 et 14 ci-dessous.



Photos 13 et 14. Mêmes talus des photos 11 et 12 (en mai 2011), ayant bien résisté contre les érosions en dépit des pluies exceptionnelles supérieures à 70mm

Les résultats spectaculaires de ces observations sont obtenus au premier et deuxième trimestre de la 3<sup>ème</sup> année (2011). En effet, comme nous l'indique le tableau III ci-dessus, malgré que ANAC (2011) ait déjà enregistré 8 pluies de 30 à 50 mm et 3 pluies de plus de 50mm au premier et deuxième trimestre 2011, aucun signe et effets visibles de dégâts n'a été enregistré sur le site Casis. Les racines profondes rigides et denses, ainsi que les feuilles de vétiver ont assuré la stabilité de ces talus et remblais (Ndona et al., 2006, Truong et al, 2008b, 2008c, Greenfield, 2008). Toutes ces pluies n'ont provoqué aucun ruissellement, suite au développement des haies de vétiver très denses, donnant une couverture végétal de talus et des remblais estimée à 100%, comme le montre la photo 16 ci dessous. En effet, la couverture végétale protège le sol de l'impact des gouttes des pluies (splash), elle ralentit et dissipe les ruissellements superficiels et favorise ainsi l'infiltration (Ndona et al., 2006, Truong et al, 2008b, 2008c, Greenfield, 2008, Zaher, 2011).



Photo 15. Site de Casis pendant les plantations en nov 2009



Photo 16. Même site 17 mois après, en mai 2011

Ainsi, la couverture végétale par le vétiver a réellement démontré son efficacité comme, aucun signe de n'a été observé car l'infiltration a été augmenté avec le développement abondant de la couverture végétale (Ndong et al., 2006, Paul Truong et al., 2008a).

### **Site Boukeni**

Sur le site Boukeni, en 1<sup>ère</sup> année d'observation (2009), ANAC a enregistré 12 pluies de 30 à 50 mm et 7 pluies de plus de 50 mm. Parmi les 12 pluies de 30 à 50 mm tombées sur ce site, 2 pluies seulement n'ont pas provoqué de ruissellement(A) et 10 pluies ont créé simplement des ruissellements, sans décapage des matériaux superficiels du sol (B). Par contre, toutes les 7 pluies de plus de 50 mm ont créé des ruissellements sans décapage des matériaux superficiels. Cette performance est due d'une part du fait que les plantations de vétiver sur ce site ont été réalisées plutôt et que la couverture végétale s'est rapidement développée (photo 4) grâce à la présence de l'humus et à la fertilité initiale du sol de ce site. A la fin du 4<sup>ème</sup> trimestre de cette première année, le développement rapide des haies de vétiver ont permis d'obtenir une couverture végétale dense, capable de stabiliser ce site contre la progression des érosions. Le rôle d'une bonne couverture végétale pour la protection contre les érosions est aussi confirmé par Ndong et al., (2006), Truong et al, (2008b et 2008c), Greenfield, (2008) et Zaher, (2011).

D'autre part, l'empilement des sacs de terre avait permis d'emprisonner les matériaux et empêcher de ce fait leur décapage par les eaux de ruissellement. Ces ruissellements étaient aussi limités par les interstices entre les sacs de terre qui augmentent les infiltrations en profondeur. Par contre, après quelques mois, ces sacs se décomposent ou se désintègrent facilement et les particules de ces sols étaient fixées par les racines denses, rigides et profondes de vétiver planté au dessus.

Durant la 2<sup>ème</sup> et la troisième année d'observation (2010 et 2011), toutes les pluies qui tombaient sur ce site, qu'elles soient de 30 à 50mm ou de plus de 50mm, n'ont montré aucun signe de ruissellement sur les talus et remblais du site Boukeni. Le développement des haies de vétiver ayant permis l'obtention de la couverture végétale estimée à 100% depuis le 4<sup>ème</sup> trimestre de la 1<sup>ère</sup> année (2009), cette couverture végétale bien installée n'a pas permis le ruissellement car l'infiltration a été augmenté, comme cela est plusieurs fois confirmé par Ndong et al., (2006), Truong et al, (2008b et 2008c), Greenfield, (2008) et Zaher, (2011).

### **Site de Pylône**

En 1<sup>ère</sup> année (2009), pour 12 pluies de 30 à 50 mm enregistrées, 7 pluies ont provoqué les ruissellements et décapages des matériaux superficiels du sol (C), 6 pluies ont provoqué en plus de ces dégâts, la création des rigoles (D) et 2 pluies ont généré les ravinements (E). Par contre, pour les 7 pluies de plus de 50mm de cette année, 4 pluies ont provoqué les dégâts (C) et 3 pluies ont provoqué les dégâts (D) et (E).

La plus grande partie des ces dégâts étaient enregistrés entre le 1<sup>ère</sup> et le 2<sup>ème</sup> trimestre, quand les haies de vétiver n'étaient pas encore capables d'assurer une protection efficace, car le vétiver était dans les premiers mois de son développement. Par contre à partir de la 2<sup>ème</sup> année, une pluie de 30 à 50mm n'a provoqué aucun ruissellement (A), 5 pluies ont donné des ruissellements sans décapages des matériaux (B) et 3 pluies ont provoqués les ruissellements

avec décapages des matériaux superficiels(C) et créations des rigoles (D). Comme pour la 1<sup>ère</sup> année, les dégâts C et D étaient en grande partie provoqués par les pluies du 1<sup>ère</sup> et 2<sup>ème</sup> trimestre.

Par contre, nous avons remarqué à partir de la 2<sup>ème</sup> année (2010) jusqu'à la 3<sup>ème</sup> année, une réduction des dégâts (D) et (E) des pluies de plus de 50mm et une augmentation des pluies qui ne provoquaient pas de ruissellement (A) et celles qui ne créaient que le ruissellement sans décapages de matériaux.

Ce résultat remarquable est attribué au développement des haies de vétiver, qui ont permis la formation de la couverture végétale, capable de protéger les talus et les remblais sur ce site, comme nous l'avons constaté aussi sur les deux autres sites.

#### **4. CONCLUSION**

Le travail présenté ci-dessus avait consisté à expérimenter dans les conditions de la ville de Brazzaville en République du Congo, une nouvelle approche de lutte contre les érosions pluviales, en intégrant le système vétiver dans les méthodes conventionnelles de lutte anti érosive.

Ces méthodes conventionnelles de lutte anti érosives ont montré leur limite depuis quelques décennies, car les érosions censées être combattues, continuent d'aggraver leurs dégâts, après avoir détruit en peu de temps, les ouvrages conventionnels de génie civil, dont la conception et la construction n'ont pas tenu compte de la protection végétale.

L'intégration de la technologie vétiver a consisté aux plantations des haies de vétiver suivant les courbes de niveau pour protéger les talus, les remblais et les ouvrages conventionnels de lutte anti érosive (collecteur, gabions, murs de soutènement terramesh), sur trois sites érosifs de la partie nord de la ville de Brazzaville, notamment les sites Casis, Boukeni et Pylône.

Les observations effectuées durant les 3 années (2009, 2010 et 2011) ont montré que le développement des haies de vétiver a permis l'obtention d'une couverture végétale dense et efficace sur ces trois sites. Cette couverture végétale de vétiver et la pénétration de ses racines denses et rigides en profondeur du sol, ont contribué énormément à la protection efficace des ouvrages conventionnels de lutte anti érosif, des talus et des remblais aménagés sur ces sites. Elles ont permis aussi de stopper la progression des érosions ou d'éviter l'apparition de nouvelles érosions, en dépit des pluies exceptionnelles tombées durant ces trois années d'observation, qui auraient pu créer davantage des dégâts, si les plantations de vétiver n'avaient pas été réalisées.

#### **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- ANAC 2011. Histogramme pluviométrique, Station d'observations synoptiques de Brazzaville, Agence Nationale de l'Aviation Civile, Brazzaville, République du Congo
- ANAC, 2009. Histogramme pluviométrique, Station d'observations synoptiques de Brazzaville, Agence Nationale de l'Aviation Civile, Brazzaville, République du Congo

- ANAC, 2010. Histogramme pluviométrique, Station d'observations synoptiques de Brazzaville, Agence Nationale de l'Aviation Civile, Brazzaville, République du Congo
- Goudiaby, V. 2003. Le Système Vétiver, une solution efficace pour protéger et pérenniser les bassins de rétention. DynaEntreprise, CEES, Dakar, Sénégal
- Greenfield, J.C. 2008. The vetiver system for soil and water conservation, 1<sup>st</sup> edition 2008, The vetiver Network International, Usa.
- Juliard, C., Truong, P., Diatta, M., et Goudiaby, V. 2001. Pourquoi le vétiver (espèce herbacée) utilisé avec succès dans une centaine de pays pour la reforestation ne pourrait pas jouer le même rôle au Sénégal ? Colloque International sur la désertification et la reforestation; Dakar.
- Musée-Nature de la prairie, 2005. Au fil des paysages. Consulté le 29 mai 2011, sur le site web [www.livingprairie.ca/fr/livinglandscape/quadrats/methology.html](http://www.livingprairie.ca/fr/livinglandscape/quadrats/methology.html)
- National Research Council. 1993. Vetiver Grass : A Thin Green Line Against Erosion. National Academy Press, Washington, D.C.
- Ndong, A. 2009. Vetiver system for highway batter and gully stabilisation in the Democratic Republic of the Congo. Extend abstract presented at National Workshop on the Vetiver System for soil and water conservation, environment protection and land rehabilitation, Addis Ababa, Ethiopia. [www.vetiver.com/ETH\\_WORKSHOP\\_09/ETH-S3a.pdf](http://www.vetiver.com/ETH_WORKSHOP_09/ETH-S3a.pdf)
- Ndong, A., Truong, P. and Rachmeler, D. 2006. Rehabilitation of ravines on the Congolese flood plain. PRVN Tech. Bull. N°2006/1, ORDPB, Bangkok, Thailand.
- Rachmeler, D. 2003. Le Système vétiver: Applications dans toutes les activités humaines. D'où son très grand intérêt. Communication à l'occasion de la session de formation organisée à Kinshasa du 9-12 février, dans le cadre du projet CLIFS.
- Truong, P. 2000. Vetiver Grass for Mine Site rehabilitation and Reclamation. Extended Abstract of the paper presented at the Remade Lands International Conference, Fremantle, WA, November 2000.
- Truong, P. 2004. Vetiver System. A Green and Clean Solution. Potential Applications and Benefits for The Democratic Republic of Congo. Veticon Consulting, Brisbane, Australia
- Truong, P., Van, T.T., Pinners, E. 2008a. The vetiver system for slope stabilization. An engineer's handbook, 1<sup>st</sup> Edition 2008, The vetiver Network International, Usa.
- Truong, P., Van, T.T., Pinners, E. 2008b. The vetiver system for agriculture, 1<sup>st</sup> Edition 2008, The vetiver Network International, Usa.
- Truong, P., Van, T.T., Pinners, E. 2008c., vetiver system applications. Technical reference manuel, 2<sup>nd</sup> edition 2008, The vetiver Network International, Usa.
- Zaher, H. 2011. Erosion. Campus numérique francophone de Rabat, Maroc.