

## RENFORCEMENT DE LA STABILITÉ DES PENTES ET PRÉVENTION DE L'ÉROSION PAR L'UTILISATION DU VÉTIVER DANS LES TRAVAUX D'INGÉNIERIE

Diti Hengchaovanich, M. Eng., P.E.  
Director, Erocon Sdn Bhd  
Kuala Lumpur, Malaysia

**The Vetiver Network**

### RESUMÉ

*L'utilisation de la végétation arboricole et herbacée a, de tout temps, donné des résultats positifs dans la prévention de l'érosion et le renforcement de la stabilité des pentes. Cependant, c'est ces dix dernières années, que la popularité de l'approche "douce" par utilisation de la végétation pour la stabilisation des pentes l'emporte sur l'approche "dure" qui utilise des dispositifs de stabilité mécanique. Ainsi à ce souci pour l'environnement s'ajoute une meilleure connaissance et la disponibilité de plus d'informations relatives à la végétation dans les travaux d'ingénierie. Encore inconnu il y a peu de temps, le vétiver renferme des caractéristiques uniques aux arbres et aux plantes, celles de se multiplier abondamment, d'avoir des racines pénétrantes en profondeur dans le sol, et ainsi permettre de contrôler le glissement en surface de la masse de terre qui est l'indicateur de stabilité du sol. Les données obtenues des expériences récentes ont permis de constater que les racines de vétiver sont très puissantes et ont une résistance élastique de 75 Mpa, soit 1/6 de la résistance élastique de l'acier doux. Le système d'enracinement massif permet également d'améliorer la résistance du sol et renforce considérablement la stabilité des pentes. Les ingénieurs et les responsables de l'aménagement des terrains disposent actuellement de données quantitatives relatives à l'utilisation du vétiver pour la stabilisation du sol. Les passages ci-après relatent les mesures de prévention de l'érosion et du renforcement des pentes pour les projets d'autoroute en Malaisie.*

### 1. INTRODUCTION

L'érosion, notamment celle provoquée par la pluie, avec les sédiments qui en découlent, est devenue aujourd'hui un des plus grands problèmes du monde. Certains la considèrent même comme un mal insidieux provoqué par l'homme et qui est actuellement en profusion, comme un cancer de la terre.

L'érosion a d'impact sur l'économie et l'environnement. Les impacts immédiats sur l'environnement sont esthétiques, et à long terme, peuvent s'étendre sur la flore et la faune du milieu aquatique. Les impacts sur l'économie se situent au niveau de la capacité de rétention des courants d'eau, convergeant aux problèmes d'inondation et nécessitent par la suite des dragages ou d'autres mesures.

On estime que 200 milliards de tonnes de sol sont emportés par la pluie chaque année, dont 10% en Chine (réf. 1). Les causes de ces érosions sont généralement liées aux pratiques en agriculture, à la sylviculture (bucheronnage), aux mines et aux constructions. L'agriculture provoque certainement le plus d'érosion et par conséquent le plus de sédimentation, mais le bucheronnage et les constructions ne sont pas à exclure. Des études entreprises aux États-Unis il y a quelques années (réf.2) montrent que les constructions endommagent en moyenne vingt fois plus que les autres formes d'érosion provoquées par l'utilisation des terres.

Dans les pays d'Asie de l'Est qui sont généralement sous l'influence des moussons, deux phénomènes se présentent. En effet, la mousson du Sud-Ouest entre Avril et Octobre apporte la précipitation dont l'agriculture et les autres activités ont besoin. La mousson du Nord-Est, entre Novembre et Mars, apporte des vents froids provenant du plateau du nord de l'Asie et qui donnent lieu à un climat hivernal. Cette mousson provoque également des nuages chargés de pluie qui, une fois passés la Mer de la Chine du Sud, provoquent une autre pluie dans la zone équatoriale, notamment dans le sud de la Thaïlande, en Malaisie et en Indonésie (Cf. figure 1).

La figure 2 montre la région sujette à des conditions climatiques moussonneuses, tandis que la figure 3 montre la précipitation moyenne compilée sur plusieurs dizaines d'années pour les Hautes Terres de Malaisie, Singapour et Hong Kong. Ces précipitations intenses, conjuguées à des caractéristiques intrinsèques du sol font que la ceinture d'Asie qui est sous l'influence du mousson est une des régions les plus érodées du monde.

Les problèmes de stabilité sont, entre autres, relatifs à la géologie, à la géométrie des pentes, à la résistance du sol, aux conditions climatiques, aux infiltrations d'eau, etc... auxquelles s'ajoute l'érosion. Mais le plus souvent ces problèmes sont le résultat des érosions permanentes dues à l'absence de mesures de prévention ou

d'atténuation à long terme (figures 4a et 4b). Les accidents commenceront par des glissements superficiels du sol, ou des éboulements localisés, avant que des catastrophes plus graves n'aient lieu (Cf figures 5a et 5b).

Des solutions connues parfois comme "dures" ou "inertes" (mécaniques) doivent être identifiées pour pallier à ces problèmes de stabilité, solutions qui permettent de s'assurer que les travaux d'ingénierie ont prévu des mesures de sécurité adéquates, et ne représentent aucun danger, surtout humain. D'autre part, le glissement de sol et les problèmes d'érosion peuvent être traités par la bioingénierie ou écoingénierie, qui non seulement apportera des solutions, mais produira également un résultat plus esthétique qui est la tendance prédominante des environmentalistes d'aujourd'hui.

## **2. LA VÉGÉTATION EN TANT QUE MESURE DE RENFORCEMENT DES PENTES ET DE PRÉVENTION DE L'ÉROSION**

L'utilisation de la végétation (morte ou vivante) pour renforcer la stabilité des pentes remonte à des temps anciens. On sait par exemple que la Muraille de Chine et le Ziggourat de Bagdad ont utilisé des roseaux pour maintenir le sol. Sous la Dynastie Ming il y a quelques 400 années, un certain ingénieur nommé Pan a utilisé le saule pour stabiliser les remblais. Dans les années 30, suite à la dépression économique, les pays germanophones comme l'Autriche, l'Allemagne et la Suisse ont ravivé l'ancienne pratique, qui s'est par la suite étendue vers les États-Unis et le Canada dans les années 70/80.

L'Europe et les États-Unis ont été les pionniers de l'utilisation de la végétation et des plantes herbacées pour limiter l'érosion et stabiliser les pentes. Leurs expériences ne s'appliquent toutefois qu'à leurs conditions climatiques qui sont généralement clémentes. Comme il a été mentionné dans l'introduction précédente, la ceinture de mousson provoque généralement des périodes de pluies intenses prolongées pour les pays voisins de l'Equateur comme le sud de Thaïlande, Malaisie et l'Indonésie qui se partagent les pluies diluviennes. Ces conditions climatiques font que mêmes les pentes les mieux stables ayant réuni le maximum de sécurité sont parfois sujettes à des glissements superficiels en masse.

Confronté à de tels problèmes, l'auteur a, depuis 1983, poursuivi l'idée de renforcer la stabilité des pentes déjà bien conçues en utilisant des arbres. Les arbres sélectionnés appartiennent généralement à des espèces se développant rapidement, notamment *Acacia mangium*, *acacia auriculiformis*, *Eucalyptus spp*, etc originaires d'Australie. Le nombre d'arbres plantés jusqu'à présent dépasse 120.000. Les résultats des cultures faites entre 1983 et 1986 sont fournis à la réf.3.

Aucune donnée théorique ou numérique ne sera toutefois fournie pour confirmer les résultats.

Les figures 6 et 7 présentent les rôles et attributions de la végétation sur les pentes.

Ces dernières années, un certain nombre de chercheurs ont identifié les facteurs qui contribuent à la stabilité des pentes et ont conclu que ces facteurs se situent aux niveaux hydrologique et mécanique. Les facteurs hydrologiques comprennent l'interception de la précipitation et l'évapotranspiration, d'où réduction de la pression et augmentation de l'infiltration et de la perméabilité. Les facteurs mécaniques comprennent la surcharge pondérale de la végétation des pentes et la résistance au vent et à l'enracinement. Les données ne sont pas encore précises, mais toutefois assez suffisantes pour permettre de conclure que :

- 1) la végétation réduit l'entassement du sol
- 2) la résistance du sol peut être améliorée grâce à l'inclusion ou la présence de racines qui contribuent à la cohésion apparente au même titre que le concept de "sol renforcé".

La Référence 6 et la Figure 8 illustrent l'augmentation des facteurs de sécurité en présence de racines par comparaison au scénario absence de racines.

## **3. LE VETIVER EN TANT QUE VEGETATION UNIQUE POUR LE RENFORCEMENT DE LA STABILITE DES PENTES ET LA PREVENTION DE L'EROSION**

Depuis longtemps en Inde, les agriculteurs locaux ont utilisé le vétiver (qui est originaire de ce pays) pour consolider le sol. Le vétiver forme des frontières pour les champs de paddy et renforce les bords des rivières, des canaux et des étangs en retenant la terre contre les effondrements. Les agriculteurs savaient que la méthode allait réussir, mais n'ont pas pu expliquer pourquoi ni comment. Quand les Indiens ont immigré à l'étranger, ils ont apparemment emporté la plante avec eux, et l'utilisation a recommencé dans les nouvelles terres. On

retrouvera alors le vétiver dans la vie quotidienne partout où les Indiens habitent, et où la culture et l'influence indienne prédominent.

Après la "redécouverte" du vétiver en Inde et dans les Iles Fidji par Dick Grimshaw et John Greenfield de la Banque Mondiale, l'utilisation du vétiver a gagné de l'ampleur depuis les années 80. L'utilisation s'est toutefois réduite à la conservation de sol et de l'eau dans le secteur agricole avec des succès importants. On a cependant pu noter que les terres en pente plantées de vétiver sont moins sujettes à des glissements et sont moins confrontées à des problèmes d'érosion encore contrôlables.

Bien qu'appartenant à la famille des herbacées (Graminae), le vétiver (*vetiveria zizanioides*) n'est pas une plante herbacée ordinaire, et doit être dans la même catégorie que le bambou qui est considéré comme une plante herbacée spéciale.

Du point de vue morphologique, le vétiver ressemble à la citronnelle, et garde ses feuilles au-dessus du sol et de la grande partie inférieure. Ses feuilles ressemblent quelque peu à celles de la canne à sucre mais en taille réduite. Les racines servent d'ossature au contrôle de l'érosion car sont très résistantes, dures et lignifiées, similaires au bambou. Elles agissent comme une palissade en bois plantée en contour à travers les pentes des collines (Réf. 7).

La Référence 1 propose plusieurs caractéristiques propres au vétiver. Deux propriétés se distinguent toutefois qui font que le vétiver est un élément idéal pour la prévention de l'érosion et la stabilisation des pentes :

a) La plante pousse verticalement, et grâce à ses racines, peut former une haie dense en 3-4 mois. Cette propriété lui permet de retenir le sol contre les courants, distribue celui-ci de façon uniforme, filtre et retient les sédiments érodés au niveau des haies. La hauteur de la haie s'ajuste automatiquement et proportionnellement aux sédiments retenus.

b) Les racines sont vigoureuses, résistantes et massives, et peuvent pénétrer généralement jusqu'à 2-3 m par an dans le sol selon les conditions de celui-ci (Figures 9 et 10). (La pénétration la plus profonde répertoriée jusqu'à ce jour est de 5,2 m en Thaïlande).

L'auteur serait tenté d'ajouter une troisième caractéristique au vétiver. Il faudrait cependant plus de recherches pour confirmer les expériences préliminaires qu'il a entreprises, selon lesquelles le réseau de racines et les longues feuilles feraient que le vétiver renforcerait la stabilité des pentes grâce à l'augmentation de l'humidité du sol par évapotranspiration (phénomène de succion).

En ce qui concerne la prévention de l'érosion, plusieurs travailleurs Malaysiens ont effectué des études (Drs K.F. Kon et F.W. Lim, Réf. 8) qui ont permis de constater les faits suivants : en comparaison à un sol dénudé, la capacité de rétention du vétiver est de 73% contre 98% sur un sol totalement érodé. Des études (Réf. 9) entreprises récemment à l'Université Kebangsaan en Malaisie (UKM) ont révélé que le vétiver peut retenir 600g/m<sup>2</sup> de sol perdu en surface, contre 18g/m<sup>2</sup> par les COW GRASS.

L'utilisation du vétiver dans le domaine de l'ingénierie, notamment pour stabiliser les pentes, doit tenir compte des pratiques agricoles. Jusqu'à présent, on a pu noter ici et là des utilisations de la plante, avec quelques cas bénéfiques basés sur des résultats antérieurs. A titre d'exemple, la référence 7 rapporte que le vétiver a été planté en 1908 à côté de Kuala Lumpur pour retenir les éboulements. La raison pour laquelle son utilisation n'a pas été répandue est probablement le manque ou l'insuffisance de données quantitatives que l'on peut transformer en formules mathématiques et avancer des paramètres qui puissent réellement convaincre les ingénieurs.

La section suivante relate certaines expériences faites pour obtenir ces paramètres.

#### **4. EXPERIENCES ENTREPRISES POUR DETERMINER LES CARACTERISTIQUES DU VETIVER COMPATIBLES AUX TRAVAUX D'INGENIERIE**

Les racines des arbres et des autres espèces végétales ont un pouvoir de renforcement grâce à leur résistance élastique et à leurs propriétés frictionnelles ou adhésives. L'effet de renforcement ou l'accroissement de la résistance du sol grâce aux racines peut être quantifiable par la conduction des tests directs sur des sols saturés de racines et sols dénudés de racines sur un même site. La différence entre les valeurs de la résistance de sol saturé de racines et celles relatives au sol dénudé de racines donne la valeur de la résistance des racines. Pour déterminer l'effet de la capacité de rétention des racines du vétiver, des tests à grande échelle ont été effectués sur des remblais plantés de vétiver (figure 11). A chaque niveau de coupe, le profil de sol sans racines adjacent au profil de sol saturé de racines a été coupé sous les mêmes conditions. Les résultats ont permis de constater que la pénétration des racines de vétiver dans le sol augmente de façon significative la résistance du sol à la coupe et la section diagonale avec la profondeur de pénétration des racines.

Il est également important de déterminer les propriétés de résistance élastique des racines lors de l'évaluation des plantes à utiliser pour la stabilisation des pentes. En effet, quand une racine pénètre à travers une partie coupée du sol, la distorsion de cette zone augmente la torsion de la racine. La composante de cette tension tangentielle à la zone de coupe résiste directement à la coupe tandis que la composante normale augmente l'entassement du plan de coupe.

Afin de déterminer la résistance élastique des racines, des spécimens mûres ont été échantillonnés sur des vétivers de 2 ans plantés sur des remblais. Les spécimens ont été testés dans des conditions pour lesquelles l'intervalle entre l'échantillonnage et le test a été limité à un maximum de deux heures. Le bout des racines sans tiges d'environ 15-20 cm a été suspendu à une balance par une mâchoire en bois. L'autre bout a été fixé par un teneur tiré manuellement jusqu'à ce que la racine tombe (figure 13a). La charge maximale est mesurée à la casse de la racine. La résistance élastique est définie comme étant l'ultime force élastique divisée par la section diagonale de la racine nue (sans écorce due à la faible résistance élastique de celle-ci). La figure 13b démontre la relation entre la résistance élastique et le diamètre de la racine. On peut constater que la résistance élastique des racines de vétiver varie entre 180 à 40 mpa pour un diamètre de 0,2-2,2mm. La résistance élastique moyenne est d'environ 75 mpa pour un diamètre de 0,7-0,8mm qui est le diamètre le plus commun pour les racines de vétiver (figure 14b). Ceci est équivalent à 1/6 de la résistance élastique maximale de l'acier doux. La résistance élastique moyenne des racines de vétiver est extrêmement élevée comparée aux autres espèces ligneuses dures. Certaines racines d'espèces ligneuse dures ont une résistance élastiques plus élevée que la résistance moyenne des racines de vétiver de diamètre 0,7-0,8mm. Leur résistance élastique moyenne est toutefois inférieure puisque le diamètre moyen de la racine est supérieure à celui des racines de vétiver.

**Tableau 1**  
**Résistance élastique des racines**

Nom botanique	Nom commun	Résistance élastique (mpa)
Salix	Saule	9-36*
Populus	Peuplier	5-38*
Alnus	Aulne	4-74*
Pseudotsuga	Sapin de Douglas	19-61*
Acer sacharinum	Erable d'or	15-30*
Tsuga heterophylla	Ciguë Occidentale	27*
Vaccinium	Myrtille	16*
Hordeum vulgare	Orge Herbe Mousse	15-31* 2-20* 2-7kPa*
Vetiveria zizanioides	Vétiver	40-120 (Moyenne 75**)

\* Après WU (1995), Réf. 10

\*\* Après HENGCHAOVANICH ET NILAWEERA (1996), Réf. 11

En outre, les racines de vétiver ont un système dense et massif. Cette propriété leur permet d'avoir une augmentation de la résistance à la coupe pour une concentration par unité de fibre. Cette concentration est de 6 - 10 kPa par kilo de racine par mètre cube de sol, tandis que celle des racines des arbres ont une concentration de 3,2 - 3,7 kPa par kilo de racine et par mètre cube de sol (Réf. 10 et 11).

Le vétiver peut pousser verticalement sur des pentes abruptes de plus de 150%. La plante se développe rapidement et contribue à renforcer le sol. Ces propriétés lui confèrent l'avantage d'être choisies parmi d'autres plantes pour la stabilisation des pentes. Une autre caractéristique qui distingue le vétiver des autres plantes c'est celle de son pouvoir de pénétration. En effet, la force "innée" et la vigueur de la plante lui permettent de pénétrer dans des sédiments épais, entre les blocs de pierre, dans les espaces entre les couches de rochers. La plante peut également se faufler entre les trottoirs en béton asphalté (Figure 14).

On peut dire que les racines de vétiver agissent comme des vers "vivants" ou des armatures de 2-3m de profondeur que l'on utilise généralement comme "approche dure" pour les travaux de stabilisation.

## 5. QUELQUES EXEMPLES D'UTILISATION DU VÉTIVER DANS LES TRAVAUX D'INGENIERIE

\*

Le vétiver, comme l'indique la Figure 15, a été planté sur le bord des remblais lors d'un projet de réhabilitation de l'autoroute Est-Ouest en Malaisie. Les remblais se sont affaissés suite à l'altération du granite qui compose le remblai. Le vétiver planté à intervalle vertical de 1m sert à de protection à l'éventuelle érosion, prévisible pour ce genre d'élément. Entre les haies, on a planté Arachis pintoi, une légumineuse à croissance lente. Le but était de couvrir les petits rigoles malsains qui se sont formés avant l'installation de la haie. Cette espèce fixe l'azote et sert également à nourrir le vétiver. Il a été également observé pour un projet avoisinant que le vétiver avait la capacité de retenir le sol dans les baies et de stabiliser les remblais. Au début, le client voulait utiliser des gravillons pour couvrir la surface de la pente, qui est coûteux et manque d'esthétique.

La Figure 16 montre comment les courants multi-directionnels normalement à l'origine de l'érosion peuvent être arrêtés à Jalan Gunung Raya dans l'île balnéaire de Langkawi, sur la côte nord-ouest de Malaisie.

Les figures 17 (a), (b), (c) et (d) sur la même page montrent la possibilité de stabiliser les pentes abruptes (40-60 degrés) et longues (40m) sans banquettes, ni terrasses ni structures de drainage.

La figure 18 montre la méthode de stabilisation des bordures d'un canal situé entre le niveau de chaussée et un verger en amont de la pente. Le niveau de chaussée lui-même est renforcé par des haies vives de vétiver, étant donné que les chaussées ont été surexploitées avant la réhabilitation.

On peut voir sur la figure 19, l'utilisation de vétiver le long des bords de rivière, afin de retenir les sédiments en provenance des travaux de terrassement. Cette méthode, préconisée par le Département de l'Environnement, vise à empêcher la pollution de la rivière par les sédiments déversés.

La figure 20 compare de l'état d'une pente AVANT et APRES, située sur les flancs de l'autoroute Kuala Lumpur-Karak, et à la sortie de cette même autoroute. La pente a été assez érodée avant l'introduction du vétiver. Après 16 mois, toute la pente est devenue luxuriante de verdure d'acacia dont les graines ont été emportées par le vent. Après l'introduction de vétiver, la pente a également été envahi par des grains.

Les passages précédents permettent d'avoir un aperçu du programme vétiver jusqu'à présent entrepris par nos soins (environ 148.000 mètres linéaires de vétiver plantée). Le vétiver est utilisé à la fois pour stabiliser les pentes et prévenir les érosions. Dans le cas où il faut recourir au vétiver pour contrôler l'érosion, c'est que le sol accuse une érosion avancée et l'envahissement par des plantes herbacées courantes (gazon) ne suffiraient pas pour le retenir.

Nous avons opté pour le vétiver dans les zones situées entre les affaissements ou les éboulements d'une pente et le profil original des versants de collines qui sont stabilisés par les arbres. Le profil de ces zones fait que ces dernières sont plus abruptes que les pentes artificielles et ont besoin d'être "renforcées". Ces pentes sont trop abruptes pour la plantation des arbres, ou bien ces derniers ne poussent pas assez rapidement pour avoir des effets immédiats.

De nombreuses crevasses dues aux excavations doivent également être renforcées, notamment celles qui se trouvent sur les bordures des lits des rivières. Pour empêcher les sédiments d'être emportés par la rivière et ainsi la polluer, on a utilisé le vétiver avec le GEOJUTE. Le vétiver permet également de stabiliser les versants fragiles et de les empêcher de se déverser dans les courants des rivières.

Le vétiver est également utilisé pour retenir les sédiments dans des canaux de conduite souterraine pour garder leur propreté et réduire les travaux de maintenance nécessaires.

En tout, le vétiver peut retenir les sédiments pendant environ 3 - 4 mois et peut renforcer le sol en 6 - 8 mois quand les racines deviennent plus denses et plus longues.

## 6. RESUME ET CONCLUSIONS

L'adoption de l'approche "verte" ou "douce" par l'utilisation de la végétation pour empêcher et contrôler l'érosion date de très longtemps. Cette méthode de stabilisation des pentes par les arbres et les arbustes, utilisée durant ces dix dernières années, résulte de la prise de conscience de l'environnement. Des données scientifiques relatives à l'ingénierie ont apporté lumière par la suite. Le vétiver, une plante rare, avec ses racines longues et vigoureuses qui s'enfoncent abondamment dans le sol, peut renforcer le sol aussi bien que n'importe quelle racine. En plus, il a l'avantage de pousser plus vite ce qui lui a permis de prédominer et d'être accepté. De plus amples données sont maintenant disponibles pour aider les ingénieurs dans les travaux de stabilisation des pentes. Pour les sols extrêmement érodables, le vétiver peut prendre place aux solutions dures, sans esthétiques

et coûteuses de stabilisation. Le vétiver, étant un élément vivant, sa réussite dépend des techniques de plantation pour pouvoir exploiter son potentiel.

## 7. REFERENCES

1. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1993), **Vetiver Grass: A Thin Green Line Against Erosion**, National Academy Press, Washington, D.C.
2. GOLDMAN, S.J. et al (1986), **Erosion and Sediment Control Handbook**. McGraw-Hill, Inc., New York.
3. NARAYANAN, A and HENGCHAOVANICH, D (1986), **Slope Stabilisation and Protection for Roads in Mountainous Area with High Rainfall**, Proc. 13th ARRB-5th REAAA Combined Conference, Road Engineering Association for Asia and Australasia / Australian Road Research Board, Adelaide, Australia.
4. GREEWAY, D.R. (1978), **Vegetation and Slope Stability**, in Slope Stability, ed. By Anderson and Richards, John Wiley and Sons, New York.
5. COPPIN, N.J. and RICHARDS, I.G. (1990), **Use of Vegetation in Civil Engineering**, Construction Industry Research and Information Association / Butterworths, London.
6. GRAY, D.H. (1994), **Influence of Vegetation on the Stability of Slopes**, in Vegetation and Slope, edited by Barker, D.H., Institution of Civil Engineers, London.
7. IBRD (1995), **Vetiver Grass for Soil and Water Conservation**, IBRD/World Bank Technical Paper N° 273, ed. by GRIMSHAW, R.G., Washington, D.C.
8. KON, K.F. and LIM, F.W. (1991), **Vetiver Research in Malaysia - Some Preliminary Results on Soil Loss, Runoff and Yield**, in VETIVER NEWSLETTER N°5, March 1991, Vetiver Information Network, ASTG, World Bank, Washington, D.D.
9. SHARIFAH, Abdullah and SHAMSUDDIN, Mohd Nor (1996), **Techniques in Soil Erosion Control**, Supplemental EIA Study, Projek Jalan Raya Pos Selim ke Ladang Blue Valley, Biro Rundingan dan Kembangan, Univerisiti Kebangsaan Malaysia (UKM), Appendix 4.
10. HENGCHAOVANICH, D and NILAWEERA, N.S (1996), **An Assessment of Strength Properties of Vetiver Grass Roots in Relation to Slope Stabilisation**, Proc. 1st International Conference on Vetiver, Chiang Rai, Thailand (in press).
11. WU, T.H (1995), **Slope Stabilisation**, in Slope Stabilisation and Erosion Control: A Bioengineering Approach, ed. by MORGAN, P.C and RICKSON, R.J., E&F.N.Spon/Chapman and Hall, London.

\*\*\*\*\*

VISITEZ [WWW.VETIVER.ORG](http://WWW.VETIVER.ORG)