

EVALUATION ET LOCALISATION DES RISQUES D'EROSION EN ZONE AGRICOLE DANS UNE RESERVE (MAKILING FOREST) AUX PHILIPPINES

Nicolas Anglès d'Ortoli

Céline Maurer

nicoao@mail.com

RESUME

Dans le cadre de la mise en place d'un Système d'Information pour la Gestion (MIS) dans une réserve aux Philippines, un modèle SIG d'évaluation des risques d'érosion d'origine agricole des sols a été élaboré, utilisant USLE (*Universal Soil Loss Equation*) (Wischmeier et Smith, 1960). Le modèle exploite des équations empiriques mises au point pour les Philippines pour calculer chacun des facteurs de USLE. Il permet de localiser relativement les zones exposées aux plus forts risques d'érosion.

Ainsi, couplé à une base de données géoréférencées sur les fermiers cultivant dans la réserve, ce modèle permet de désigner les fermes situées sur des zones à risque d'érosion important sur lesquelles des aménagements anti-érosifs doivent vraisemblablement être entrepris en priorité.

Mots Clés : Philippines, SIG, USLE

ABSTRACT

Part of a Management Information System (MIS) set up for the *Makiling Forest Reserve* in the Philippines, a GIS model has been built to assess erosion hazards using USLE (*Universal Soil Loss Equation*) (Wischmeier and Smith, 1960). The model uses empirical equations built up for the Philippines to calculate each factor of USLE. It gives the relative location of the zones exposed to a maximum erosion hazards.

Coupled with a georeferenced database gathering information about farmers tilling in the area, the model can be used to highlight the farms located in high erosion risks zones in order to prioritize the implementation of management work against erosion.

Key words : Philippines, GIS, USLE

INTRODUCTION : MILIEU D'ETUDE ET PROBLEMATIQUE

Dans la réserve de *Makiling Forest* (MFR – 14° de latitude Nord, 2100 mm de pluie par an) installée sur un cône volcanique à 65 km au Sud de Manille, seulement 50% est encore considérée comme de la forêt fermée. Cette “déforestation”, résultant de l’expansion des zones agricoles vers le centre de la réserve a pour conséquence une augmentation des risques d’érosion dans la Réserve. En effet, entre 1992 et 1997, les terres cultivées ont gagné plus de 415 hectares (près de 10 % de la surface de la réserve) sur le *Mont Makiling* et sur des pentes de plus en plus importante à mesure que l’on se rapproche du sommet.

Bien qu’aucune étude sérieuse n’ait été encore conduite, les risques d’érosion sont l’une des préoccupations principales des gestionnaires de la réserve (université des Philippines (UPLB)). En effet, cette érosion accrue, préjudiciable pour l’agriculture elle-même, pourrait aussi avoir pour conséquence une baisse de la qualité de l’eau pour les municipalités aux alentours (auxquelles le Mont Makiling sert de réserve aquifère), et entraîner le comblement accéléré du lac *Laguna de Bay* par les sédiments transportés par les ruisseaux descendant du Mont Makiling (MCME, 1997). Ce lac, l’un des plus grands lacs d’eau douce d’Asie, constitue une importante réserve d’eau potable pour les Philippines, et alimente une grande partie de la population du Sud de Luzon, dont Manille, en poissons, base de la nourriture.

Au vu de ces éléments, il existe un réel besoin de surveiller et de contrôler l’augmentation de l’érosion causée par la transformation des zones boisées en zones cultivées.

MATERIEL ET METHODES

L’ensemble des données utilisées résultent d’enquêtes et observations de terrain menées au cours de l’année 1999 en grande partie par l’université des Philippines (UPLB) et complété par des travaux de terrain en 2000. Les travaux de mesure de l’érosion ont été réalisés par l’université des Philippines.

Logiciels utilisés

La base de données du SIG a été construite sous *MS Excel™* 2000, et les fichiers ont été convertis en format *database* (.dbf IV) pour être compatible avec le logiciel SIG. *Excel™* permet une manipulation simple et efficace d’une importante quantité d’information, et des premières analyses des données grâce à ses outils de classification ou statistiques.

Arcview™ version 3.1 été choisi comme logiciel pour construire l’outil SIG. En effet, les cartes de bases, numérisées par le laboratoire SIG étaient disponible sous *Arcview™*, et ce logiciel SIG, couplé avec une base de données, constitue un outil de gestion puissant et facile d’utilisation. Les extensions *Image analyst* et *Spatial analyst* ont été utilisées pour analyser les cartes.

Définition des facteurs de l’équation USLE

L’équation USLE utilisée pour modéliser les risques d’érosion dans la zone d’étude a été développée à partir d’informations collectées pendant 40 ans sur l’érosion en divers sites aux Etats Unis (Brooks, 1992). Elle permet d’évaluer l’érosion à partir des 5 facteurs appliqués à la région des Philippines R, K, LS, C et P décrits ci-dessous.

Les risques d’érosion A peuvent alors être estimée en t/ha/an :

$$A = RK(LS)PC$$

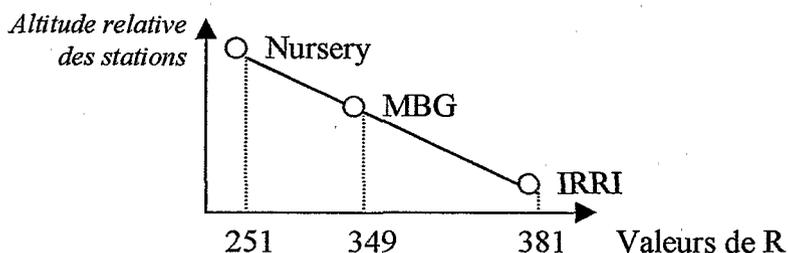
L’indice d’érosivité R

Cet indice représente la capacité de la pluie à désolidariser les éléments du sols. Plusieurs méthodes permettent d’évaluer ce facteur dont le cumul des précipitations annuelles et horaires des plus grosses pluies sont les principales composantes. Ici, ce facteur est estimé

selon une équation empirique développée pour les Philippines par Bayotlang (1986, cité par Bantayan, 1996) en utilisant des données de 41 stations météorologiques. Elle permet d'estimer R. à partir du cumul annuel des précipitations X (en centimètre) :

$$R = - 10.551 + 10.259X + 0.214X^2$$

Trois stations disponibles actuellement (IRRI, MBG et Nursery) ont été utilisées pour calculer R (les valeurs de R augmentent avec l'altitude).



Les tableaux des valeurs des précipitations de chaque station sont liés à un quatrième tableau sous Excel (et converti en format dbf) dans lequel R. est calculé pour chacune des stations associée aux coordonnées géographiques. En utilisant la fonction *Interpolate Grid*, une valeur moyenne de R. est calculée pour toute la zone.

Le facteur d'érodibilité K

L'érodibilité dépend de la texture, de la structure, de la teneur en matières organiques (MO), et de la composition en argile, sable et limon (ici silt). Un modèle linéaire, développé par Wischmeier et Mannering (1969), et réajusté pour les Philippines par David (1987) permet d'estimer la valeur de K.

$$K = \frac{0.043pH + (0.621/MO) + 0.0082S_a - 0.0062A}{S_i}$$

Où : K : facteur d'érodibilité

pH	Mesure de l'acidité du sol	A	Taux d'argile (% argile / % sable + % limon)
MO	% Matières Organiques	S _i	% Silt / 100 (10μ < Ø < 100μ)
S _a	% Sable		

Les valeurs de K ont été déterminées d'après les 9 échantillons de sol répartis dans MFR de l'étude de terrain de Encisa-Salamante (1999). K varie de 0.144 à 0.349.

De même que pour R la fonction *Interpolate Grid*, permet de calculer une valeur moyenné de K pour toute la zone.

Le facteur topographique LS

Il joue un rôle important avec la raideur et la longueur de la pente (à partir de l'endroit où les éléments du sol sont détachés jusqu'à l'endroit où ils sont déposés (Brooks, 1992)).

Une équation empirique a aussi été développée par David (1987) pour calculer les valeurs du facteur LS.

$$LS = 0.10 + 0.12S^{4/3}$$

Ce facteur est calculé à partir de la carte topographique en utilisant les fonctions *Derive slope* et *Map Calculator* (S est la pente en %). Les valeurs des pentes peuvent atteindre 100 %.

Le facteur couvert végétal C

Il est déterminé de façon empirique combinant le degré de fermeture de la canopée et le couvert du sol avec l'utilisation faite du sol (culture, construction...). Pour cette étude, des

valeurs de C fournies par Brooks (1992) ont été utilisées pour la plupart des types d'occupation des sols. Néanmoins aucune valeur de C n'était fournie en ce qui concerne les systèmes de production agroforestiers en zone tropicale humide. De nouvelles valeurs ont donc été choisies :

Une typologie des fermes pour évaluer l'érosion

Dans les dernières études traitant des risques d'érosion dans la zone (Bantayan, 1996 ; Encisa-Salamante, 1999), une valeur unique de C (fournie par Brooks, 1992) était attribuée pour l'ensemble de la zone agricole : soit 0,13 ou 0,16.

En fait, les observations sur le terrain et la bibliographie permettent de définir trois types d'utilisation des sols en termes de canopée, couvert du sol et labour. De nouveaux facteurs C sont définis pour chacun des types de fermes décrit ci-dessous :

Type I : Les agroforêts à plusieurs strates possèdent une fermeture de la canopée (70 %) et une couverture au niveau du sol (60 %) proche de celles de la forêt naturelle. Ces caractéristiques sont aussi observables sur la photographie aérienne où les agroforêts ne peuvent être distinguées de la forêt naturelle (seul le terrain le permet). Généralement 3 à 4 strates de végétation caractérisent ces systèmes, avec des arbres forestiers ou cocotiers pour le premier étage, puis Ipil-ipil, Lanzones, rambutan ou cocotiers pour le deuxième, et bananiers ou citronniers au-dessous desquelles poussent des plantes annuelles comme le gingembre, l'igname ou le manioc, et souvent un tapis herbacé.

Type II : Des parcelles de monoculture en ligne 3 mètres par 3 d'arbres fruitiers (essentiellement citronnier et cocotiers) sont aussi souvent rencontrées. Une autre valeur de C doit être assignée à ce système de production.

Type III : Des parcelles de **cultures annuelles** (Gingembre, manioc, igname, ananas) sont aussi rencontrées entre les deux zones des types précédents. Elles sont généralement de petites surfaces (0,1 à 0,3 ha)

Les zones des deux premiers types ont pu être délimités géographiquement grâce à la photographie aérienne de 1999 au 1 :15 000 et aux observations de terrain. Les critères de délimitation sont le couvert de la canopée, qui diffère bien entre les deux types.

De petites parcelles caractérisant le type III sont le plus souvent incluses dans les zones de type II. Etant donné que la photographie aérienne ne permet pas de définir ces zones, trop petites, une valeur moyenne de C sera attribuée pour la zone de ces deux types réunis.

De nouvelles valeurs de C définies

Afin d'obtenir une carte des risques d'érosion aussi proche que possible de la réalité, la spécificité de chacune des occupations des sols doit être prise en compte. Pour calculer le facteur C correspondant aux zones définies ci-dessus, il est possible de calculer le rapport entre l'érosion (*perte de sol*) en un lieu donné S avec la perte correspondante sur un sol nu, dans les mêmes conditions, continuellement désherbé F. Sur ce dernier sol, on considère que $C_F = 1$, c'est la pire des conditions (Ginting, 1988).

Dans les mêmes conditions de sol (K) et de précipitation (R.) avec des pratiques anti-érosives considérées comme nulles ($P = 1$), on a l'évaluation des risques d'érosion A sur chacun des types de sols :

$$A_S = KRC_S(LS_S)$$

Et $A_F = KRC_F(LS_F) = KR(LS_F)$ Avec $C_F = 1$

Alors :

$$C_S = \frac{A_S / LS_S}{A_F / LS_F}$$

On a en général :

$$C = \frac{\text{Taux dérosion dans une certaine condition de couvert végétal / LS correspondant}}{\text{Taux dérosion sur sol nu et désherbé dans les mêmes conditions / LS correspondant}}$$

Ginting (1988) a évalué l'érosion du sol pour différentes situations dans MFR, avec à peu près les mêmes conditions biophysiques (sol, précipitations) pour toute la réserve. Le taux d'érosion évalué par Ginting (1988), sur sol nu et désherbé, est de 63,8 tonnes par hectares (t/ha) pour 6 mois sur une pente à 22 %. On peut alors calculer C pour les différents types décrits :

Calcul de C pour les agroforêts à plusieurs strates (mu)

Les enregistrements du taux d'érosion dans la forêt par Ginting (1988) ont été réalisés dans une agroforêt à plusieurs strates (Tibig, Star apple et avocat sont les arbres prédominants). Ils donnent une valeur de 0,260 t/ha sur 6 mois sur une pente à 46 % :

$$C_{\text{mu}} = \frac{0.26 / [0.1 + 0.12 \times 46^{4/3}]}{63.8 / [0.1 + 0.12 \times 22^{4/3}]}$$

$$C_{\text{mu}} = 0.002$$

La valeur de ce facteur est très proche de celui de la forêt naturelle, mais ceci est confirmé par l'étude de Yadav (2000)¹. Les agroforêts à plusieurs strates se comportent, au moins en ce qui concerne l'érosion, comme la forêt naturelle : il obtient des valeurs du taux d'érosion très proches de 17,05 t/ha pour l'agroforêt et de 15,52 t/ha pour la forêt naturelle (sur 6 mois d'étude).

Calcul de C pour les " agroforêts " à un étage (mo)

En utilisant la même méthode que précédemment, avec un taux d'érosion évalué par Ginting (1988) pour une plantation de café de 0.667 t/ha sur une pente de 47 %, on a la valeur de C :

$$C_{\text{mo}} = \frac{0.667 / [0.1 + 0.12 \times 47^{4/3}]}{63.8 / [0.1 + 0.12 \times 22^{4/3}]}$$

$$C_{\text{mo}} = 0.004$$

Calcul de C pour les cultures annuelles (ac)

La valeur correspondante de C calculée avec le taux d'érosion mesuré par Ginting (1988) de 8,45 t/ha sur une pente de 51 %, est de :

$$C_{\text{ac}} = \frac{8.45 / [0.1 + 0.12 \times 51^{4/3}]}{63.8 / [0.1 + 0.12 \times 22^{4/3}]}$$

$$C_{\text{ac}} = 0.044$$

	Agroforêts à plusieurs strates (mu)	Agroforêts à un étage (mo)	Cultures annuelles (ac)
Valeur de C	0.002	0.004	0.044
Monoculture			
Valeur moyenne de C = 0.024*			

(*)Les parcelles de cultures annuelles étant restreintes à quelques dizaines de mètres carrés éparpillées essentiellement dans les agroforêts à un étage, une moyenne des valeurs de C permet de fournir un C globale cartographiable et donc utilisable dans le modèle SIG. (Cf. 4.1.4)

Définition de C pour toutes les occupations du sol

Les autres valeurs de C pour les autres occupations du sol ont été définies grâce aux recommandations de Brooks (1992). Les valeurs de C sont résumées dans le tableau suivant :

¹ 70 km au Sud de MFR dans des conditions biophysiques très proches.

Table 1 : Définition de C pour les occupations du sol dans MFR

Occupation du sol / Végétation	Valeur de C
Forêt d'altitude (Mossy forest)	0.001
Jardin botanique (MBG)	0.001
Broussaille Brush land	0.013
Logement universitaire	0.2
UPLB	0.04
Forêt naturelle	0.001
Rain forest park	0.001
Agroforêts à plusieurs strates (mu)	0.002
Monoculture	0.024

Source: adapté depuis Brooks (1992)

Les pratiques antiérosives P

Aucune étude n'a été faite sur une éventuelle modélisation de ce facteur. Pour l'instant seules des observations de terrain pourraient permettre de le calculer par comparaison de la perte de sol avec les pratiques anti-érosives et de la perte sur le même sol sans aucune pratique. Aucune comparaison n'a pu être faite durant le temps de l'étude, et ce dernier facteur n'ayant pas pu être évalué, il sera pris égale à 1.

En appliquant l'équation USLE aux valeurs obtenues, et en utilisant la fonction *Map Calculator*, on peut ainsi obtenir la carte de l'évaluation des risques d'érosion de la zone d'étude (carte 1).

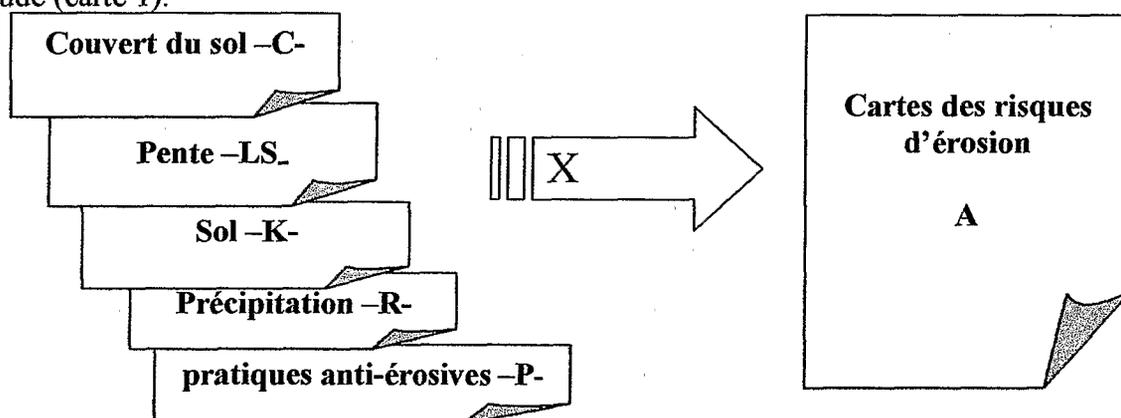


Figure 1 : Croisement des couches pour la construction de la carte des risques d'érosion

Il est à noter qu'il serait intéressant d'étalonner le modèle d'évaluation des risques d'érosion sur la zone d'étude avec des mesures de terrain, puis de l'étendre au reste de la réserve. Des photographies aériennes à une échelle précise (1/5000), pourraient aussi permettre d'identifier certaines zones découvertes à forte érosion.

On obtiendrait ainsi une carte précise avec un travail de terrain réduit (gain de temps et d'argent).

LOCALISATION DES FERMES EN ZONES D'ÉROSION CRITIQUES

L'objectif de ce paragraphe est de montrer aux gestionnaires de MFR l'utilité de l'outil pour lutter contre l'érosion. Il fait état des fermes localisées dans les zones d'érosion les plus critiques, et fournit des lignes de propositions techniques pour lutter contre l'érosion.

Des entretiens avec les fermiers concernés, et des observations de terrain devraient permettre d'obtenir des informations plus précises sur ces zones afin d'adopter les meilleurs aménagements possibles.

Les fermes sont groupées dans des classes de la zone à risque d'érosion la plus critique vers la moins critique.

Description des facteurs utilisés pour l'analyse

Afin de comprendre comment sont définies les zones d'érosion critique de l'analyse ci-dessous, ce paragraphe propose une description des facteurs utilisés dans leur caractérisation.

La bande d'extension des zones critiques

Puisque les fermes ne sont représentées sur la carte que par des points (sans surface), certains de ces points peuvent se retrouver en dehors des zones critiques, alors qu'une partie de la ferme sur le terrain est située dedans. Pour éviter ce problème, les zones critiques ont été étendues sur leur périphérie d'une bande de 70 mètres (une zone tampon). Cette valeur de 70 mètres correspond au rayon du cercle représentant la surface moyenne des fermes (1,5 ha) dans la zone d'étude.

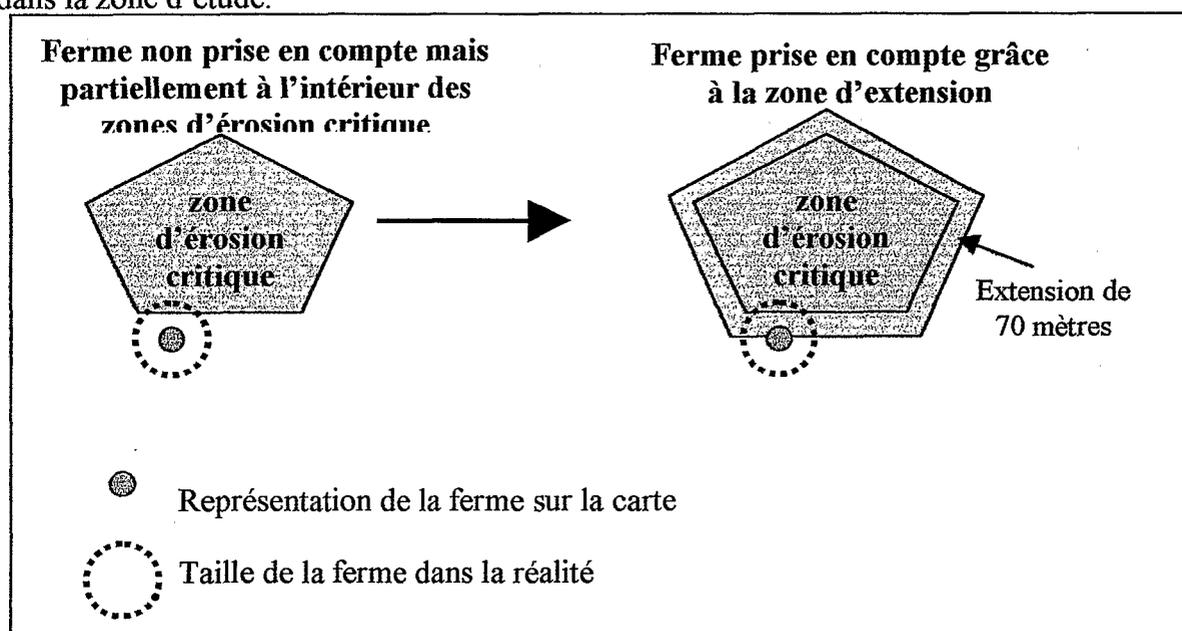


Figure 2 : Bande d'extension des zones critiques

La pente

Aux Philippines, les terres situées sur des pentes à plus de 18 % sont classées terres forestières par la loi, et ne peuvent donc être cultivées. Les terres sur des pentes inférieures à 18 % sont considérées comme aliénables et cessibles, c'est à dire allouées à des utilisations autres que forestières.

La durabilité de certains systèmes de production agricole aux Philippines (Les terrasses de riz au nord des Philippines existent depuis plus de 5000 ans) sur des pentes raides, parfois à plus de 50 %, prouve qu'une activité agricole peut perdurer sur de telles pentes. Il n'y a donc pas de raison que seule la forêt soit autorisée à croître dans ces zones. Le Bureau du Sol et de la Gestion de l'Eau (BSWM), cité par DOST (1999), propose des unités de gestion écologique basées sur les conditions environnementales de la zone. Pour les conditions rencontrées dans MFR, des pentes de plus de 30 % peuvent encore, sous certaines conditions, être cultivées en

agroforesterie. Cette valeur a donc été choisie pour une valeur de pente clé au-dessus de laquelle seuls des systèmes de production adaptés, et certifiés par des observations de terrain, pourront rester. Il est à noter que généralement pour il y a des risques de glissement de terrain pour des valeurs de pentes supérieures à 40 % (comm. pers. Roose E.).

Les valeurs de l'évaluation des risques d'érosion

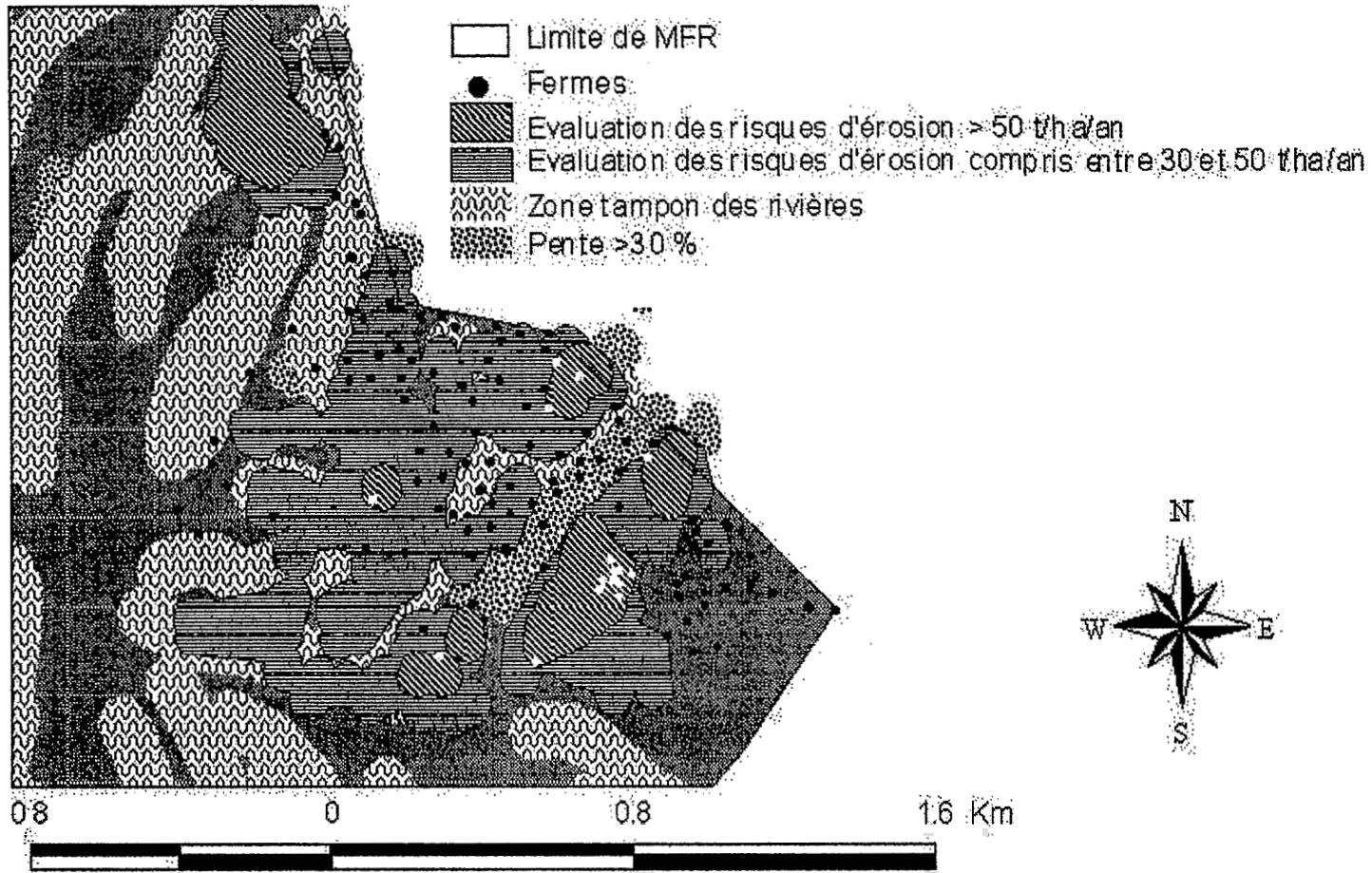
La carte d'érosion obtenue avec l'équation USLE, montre les différentes zones classées selon les risques d'érosion évalués. Les limites des classes d'érosion peuvent varier selon que l'on se place du point de vue de l'agriculteur, de l'agronome, du sédimentologue ou du forestier : l'importance portée à telle ou telle érosion n'est pas la même. Les limites prises ici permettent de définir des zones de priorité d'intervention ; les valeurs peuvent ne pas correspondre avec la réalité, mais elles donnent une idée relative de l'importance des risques d'érosion entre les zones.

Trois classes se sont détachées représentant des valeurs remarquables de l'érosion des sols : Les zones avec des risques d'érosion évalués inférieurs à $30 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$. Cette valeur représente l'érosion enregistrée par Yadav (2000) sur un sol de forêt dégradée. Elle peut être considérée comme la dernière valeur acceptable pour des sols cultivés.

Les zones avec des risques d'érosion compris entre 30 et $50 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$. Les fermes situées dans des zones avec à risques d'érosion supérieurs à $30 \text{ t.ha}^{-1}.\text{an}^{-1}$ doivent être parmi les prioritaires en termes d'aménagements anti-érosifs.

Les zones avec des risques d'érosion supérieurs à $50 \text{ t.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$. Cette valeur arbitraire a été choisi pour identifier les fermes situées sur des zones critiques qui doivent être aménagées de façon prioritaire. Elle permet de scinder la classe des fermes critiques en deux classes (de 30 à $50 \text{ t.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$ et $>50 \text{ t.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$), permettant de mettre en évidence les fermes les plus critiques nécessitant l'intervention la plus urgente.

Il est à noter que les zones avec des risques d'érosion évalués supérieurs à $12,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$ aurait pu aussi être classées en une autres zones critiques. En effet, l'érosion est acceptable quand la perte de sol n'est pas supérieure à la formation du sol. Selon Brooks (1992), le taux maximal d'érosion qui peut toujours permettre un rendement intéressant des cultures dans des conditions de durabilité économique et écologique, s'étend entre $2,5$ et $12,5 \text{ t.ha}^{-1}.\text{year}^{-1}$; cette dernière valeur représente la plus haute valeur acceptable pour un taux d'érosion. Pourtant dans les conditions des Philippines, on ne peut la considérer comme seuil d'intervention



Carte 1 : Localisation des fermes " critiques "

prioritaire. Il s'agit ici de mettre en évidence les fermes situées dans les zones le plus critiques en termes d'érosion.

Les zones tampons autour des rivières

Une zone tampon de 30 mètres (étendue à 70 mètres comme décrit au-dessus) a été délimitée autour des rivières. Selon la loi, ces zones ne doivent pas être cultivées et doivent être plantées avec des arbres forestiers. Des aménagements spéciaux doivent être mis en œuvre. Les berges des rivières peuvent être considérées comme les zones les plus critiques puisqu'elles collectent toutes les eaux de ruissellement responsables de l'érosion. Cette érosion entraîne aussi une diminution de la qualité des eaux domestiques des populations aux alentours.

La carte 1 permet de distinguer les différentes zones d'érosion critique et de repérer les fermes situées dans les zones à risque d'érosion important.

Carte 1 : Localisation des fermes " critiques "

Description des fermes situées en zone d'érosion critique

Grâce à la carte, il est possible de repérer des fermes appartenant à chacune des classes d'érosion critique décrites ci-dessous. A chaque ferme correspond un tableau de données (issu de la base de données du SIG) qui permet de connaître ses caractéristiques, comme le montre l'exemple ci-dessous, afin de proposer une intervention sur le terrain appropriée.

Degré de priorité	N° de la ferme	Latitude Nord	Longitude Est	Lieu dit	Revenu principal	Surface de la ferme	Système de culture	Principales cultures	Proximité de cours d'eau
Classe II-20	378	1563940.10	310723.10	Pintong Gubat	Emploi université	0,50 ha	Agroforêt	rambutan	Oui

Source: MCME & Analyse sur Arcview™
(La liste des caractéristiques n'est pas exhaustive)

Les fermes sont classées en fonction du degré de priorité d'intervention sur le terrain pour évaluer l'érosion et mettre en place des aménagements pour lutter contre. Elles sont groupées en 3 classes :

Classe I : les zones à risque d'érosion les plus critiques

Cette zone reprend tous les facteurs décrit plus haut, et peut donc être considérée comme la classe regroupant les zones les plus critiques :

Culture sur des zones à risques d'érosion supérieurs à $50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$;

Culture sur des pentes supérieure à 30 % ;

Et culture près des berges des rivières.

En fait, une seule ferme, recensée avec le numéro 411 est présente dans cette classe. Le système de production appliqué ici est, de plus, l'agroforesterie à un étage, qui protège moins bien le sol contre l'érosion que le multi-étage. La ferme 411 doit être visitée en premier afin de se rendre compte réellement de l'érosion sur place et éventuellement de proposer des aménagement adaptés.

10 autres fermes correspondant aux deux premiers critères, suivent le système de mono-plantation, et représentent aussi les fermes à visiter en priorité. Les activités de mise en place des aménagements doivent concerner en premier lieu les fermes dans lesquelles l'agriculture est la principale source de revenu du fermier. En effet, ces fermiers seront probablement plus présents dans leur ferme, et donc plus disposés à appliquer les recommandations. Ils peuvent aussi déjà posséder des pratiques de lutttes contre l'érosion dont on peut s'inspirer et qui seront peut être mieux acceptées par les autres fermiers par simple imitation.

Classe II : des zones à forts risques d'érosion sur pentes raides

Cette classe correspond aux critères suivant :

Culture sur des zones à risques d'érosion compris ente 30 et 50 t.ha⁻¹.year⁻¹;

Culture sur des pentes supérieure à 30 % ;

Et culture près des berges des rivières.

Les 15 fermes groupées dans cette classe devraient être la seconde priorité des gestionnaires après la classe I. Cependant, les 5 premières fermes qui sont situées en partie dans la zone tampon des rivières, et la ferme 347 qui cultive en mono plantation, doivent être visitées en premier dans ce groupe.

Classe III : des pentes raides en bordure des cours d'eau

Cette classe correspond aux critères suivant :

Culture sur des pentes supérieure à 30 % ;

Et culture près des berges des rivières.

Parmi les 10 fermes situées en partie dans les zones tampon des rivières et sur les pentes de plus de 30 %, 2 suivent le système de mono plantation et doivent être visitées en premier lieu. D'autre part, 14 fermes sont situées sur des pentes raides (> 30 %) dans des zones qui ne sont pas classées en zone à haut risque d'érosion. Toutes suivent le système de culture à multi-étage, qui peut expliquer pourquoi la zone n'est pas classée à forts risques d'érosion. Des études de terrain sont ici nécessaire afin de contrôler quel est réellement le système de production et d'évaluer l'érosion. Ces études peuvent aussi fournir des informations concernant d'éventuelles pratiques de lutte contre l'érosion. La limite des 30 % comme pente maximale au-delà de laquelle l'agriculture est restreinte, pourrait alors être revue ou confirmée pour les conditions spécifiques de MFR.

Tableau 1 : les fermes critiques en résumé

	Classe I	Classe II	Classe III		Fermes considérées comme non critiques	Nombre total de fermes
Nombre de fermes	16 (13 %)	15 (12 %)	11 (9%)	14 (11%)	68 (55 %)	124 (100 %)

LIMITES ET CONTRAINTES DU MODELE D'EVALUATION DE L'EROSION

Limites du modèle USLE appliqué à la zone d'étude

L'équation USLE elle-même ne s'applique pas tout à fait à la zone, puisqu'elle ne permet d'évaluer que les risques d'érosion en nappe. Pourtant, elle reste l'un des seules modèles fiables aujourd'hui pour estimer ces risques d'érosion.

De plus, les formules utilisées ici pour le calcul des différents facteurs de l'équation sont parfois très discutables, mais restent la seule possibilité de l'évaluation du risque d'érosion dans la zone d'étude. Il est intéressant de connaître leurs limites.

L'indice d'érosivité R

Afin d'avoir la meilleure représentation spatiale possible des précipitations sur la zone, les trois stations disponibles actuellement (IRRI, MBG et Nursery) ont été utilisées pour calculer R. Cependant, d'autres stations mieux réparties sur l'ensemble de la réserve pourraient permettre d'avoir une meilleure estimation de R et d'être plus proche de la réalité.

De plus il serait intéressant de réaliser des mesures précises sur ces stations permettant de donner une vraie valeur de R sans passer par cette estimation empirique.

Le facteur d'érodibilité K

Bien que cette équation empirique doive refléter la réalité, il semble qu'il y ait quelques contradictions avec la réalité de terrain observée.

$$K = \frac{0.043pH + (0.621 / MO) + 0.0082S_a - 0.0062A}{S_i}$$

		Remarques sur l'énoncé de la formule (Roose, 1994)
pH	Mesure de l'acidité du sol	<i>Généralement l'érodibilité n'est pas linéaire à faible pH (<4.5)</i>
MO	% Matières Organiques	<i>MO stabilise le sol, or ici cela semble le contraire</i>
S _a	% Sable	
A	Taux d'argile (% argile / % sable + % limon)	<i>L'érodibilité dépend aussi de la garniture cationique et du type d'argile</i>
S _i	% Silt / 100 (10μ < Ø < 100μ)	<i>Généralement + un sol est riche en silt, + il est instable et érodible, or ici K diminue quand S_i augmente.</i>

Malgré ces contradictions, c'est la seule formule disponible qui nous permette de calculer K.

Le facteur topographique

En plus de la pente et de sa longueur, il dépend aussi beaucoup de la position topographique (Roose, 1994) non prise en compte dans cette équation. De plus, l'équation USLE n'est valable que pour des pentes inférieures à 25-30 %, et de nombreuses pentes dans la zone d'étude dépassent cette valeur. Cela permet néanmoins de mettre ces zones où le risque d'érosion est plus important en évidence.

Le facteur couvert végétal

Il faut noter que la valeur de C pour les cultures annuelles est très faible par rapport à ce que l'on peut trouver généralement : de 0,1 < C < 0,6 (Brooks, 1992). Cela ne semble donc pas refléter la réalité. Néanmoins cela permet d'avoir une valeur globale pour C qui permet tout de même de mettre en évidence les zones à risques d'érosion plus important.

Un manque de données de terrain

Le potentiel du SIG dépend vraiment de la qualité et de la précision des données qu'il contient. Il y a une nécessité de vérifier les données numérisées par des observations de

terrain ou d'autres documents, sans quoi le SIG perd sa valeur d'interprétation cartographique utile pour faciliter la gestion de la réserve en termes d'érosion.

De même les propositions d'aménagement qui seront faites par la suite nécessitent d'être validées (ou invalidées) par des observations de terrain. Ceci permettra d'adapter au mieux les propositions, et le modèle, à la réalité de terrain.

Enfin, la gestion de ces zones ne peut être efficace que faite avec la participation des fermiers, premiers concernés par l'érosion. Des solutions non seulement écologiques mais aussi économiques doivent être trouvées afin que les aménagements préconisés soient appliqués et gérées de façon durable.

Des ateliers de travail utilisant des aires de démonstration de l'université ou des comparaisons entre les différentes pratiques des fermiers devaient se tenir entre l'université et les fermiers. En effet, aujourd'hui les connaissances des stratégies traditionnelles gagnent de plus en plus d'importance dans les domaines qui touchent le développement durable (PCARRD, 1998). Enfin ces aires de démonstration doivent servir à évaluer au mieux l'érosion afin de réaliser un modèle de suivi efficace proche de la réalité.

CONCLUSION

Le modèle USLE possède des limites intrinsèques qui doivent nuancer encore la classification des fermes réalisée ici. En effet, ce modèle ne s'applique que pour un certain type d'érosion (l'érosion en nappe), il ne s'applique pas à l'érosion linéaire créant les ravines, ou à l'érosion en masse (glissement de terrain) que l'on peut rencontrer ici aussi. Ensuite, le modèle ne prend pas en compte l'interaction entre les différents facteurs de l'équation afin de distinguer les effets de chacun des facteurs (Roose, 1994).

Il permet seulement d'avoir une vision globale et relative de l'érosion dans MFR afin de mieux gérer la conduite des aménagements antiérosifs en donnant la priorité aux zones qui apparaissent les plus critiques. Plus qu'un simple outil d'évaluation des risques d'érosion (qui reste contestable vu les conditions d'utilisation), il permet de visualiser rapidement les zones où les interventions semblent nécessaires.

Il constitue par ce fait un outil utile pour tout gestionnaire qui doit faire face à des problèmes d'érosion sur une surface agricole importante, en présence de nombreux fermiers.

BIBLIOGRAPHIE

BANTAYAN C.N., 1996. Participatory decision support systems: the case of the Makiling Forest Reserve, Philippines. Doctor of Philosophy Thesis, University of Melbourne, 156 pp.

BAYOTLANG E.L., 1986. Evaluation of erosivity, erodibility and crop management factors of the universal soil loss equation. Ph. D., University of the Philippines.

BROOKS K.N., FFOLIOTT P.F., GREGERSEN H.M., THOMAS J.L., 1992. Hydrology and the management of watersheds. First edition ed. Ames, Iowa State University Press.

DAVID W.P., 1987. Soil and water conservation planning. Policies, Issues and recommendations. DENR Quezon City.

DOST, DENR, DA, UPLB, 1999. Guidelines for Watershed Management and development in The Philippines. Los Baños. Department Of Science and Technology, Department of Environment and Natural Resources, Department of Agriculture and University of the Philippines Los Baños. 241 pp.

ENCISA-SALAMANTE E., 1999. Assessment of climate change impact on land capability of the Makiling Forest Reserve. Master of Science Thesis, University of the Philippines-Los Baños, 118 pp.

GINTING A.N., 1988. Surface runoff, Soil erosion and Nutrient status under some vegetation covers in Mt Makiling, Laguna, Philippines. Ph.D. diss., UPLB.

MCME, 1997. The Mt. Makiling Forest Reserve Development Initiatives and Management Experiences. Makiling Center for Mountain Ecosystems, College of Forestry and Natural Resources, University of the Philippines Los Baños.

PCARRD, NCCA, 1998. People Earth and Culture, Indigenous knowledge systems on biodiversity management and utilization. Los Baños. Philippines Council for Agriculture, Forestry and Natural Resources Research and Development, National Commission For culture and the Arts. 287 pp.

ROOSE E., 1994. Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES). FAO Bulletin pédologique. N° 070, 438 p.

WISCHMEIER W.H., AND MANNERING J.V., 1969. Relation of soil properties to its erodibility. Soil Science Society of America 33: 131-137.

WISCHMEIER W.H. & SMITH D.D., 1960. A universal soil loss estimating equation to guide conservation farm planning. Proc. 7th ISSS. Vol. 1 : 418-425.

YADAV R.D., 2000. Ecological impact of agroforestry systems at Dela Paz Pulot Itaas watershed, Batangas City, Philippines. Master of Science Thesis, University of the Philippines-Los Baños, 167 pp.

**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

D'Ortoli, N. A.; Maurer, C. - Evaluation et localisation des risques d'érosion en zone agricole dans une réserve (Makiling forest) aux Philippines, pp. 357-370, Bulletin du RESEAU EROSION n° 20, 2000.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr