

Validation du modèle d'érosion à l'origine physique -E2D- dans la zone de marnes de l'Oued Mina au nord de l'Algérie

D. Gomer *, M. Schramm *, J. Schmidt **, B. Touaibia ***

Introduction

Pratiquement tous les réservoirs du Maghreb s'envasent très vite. Ce phénomène provoque une réduction remarquable de la capacité utile avec des effets négatifs sur l'approvisionnement en eau potable, industrielle et d'irrigation.

Un scénario pareil a été redouté de différents côtés pour le barrage de Sidi Mohamed Benaouda situé au nord-ouest de l'Algérie (Paschen 1989). Le projet pilote d'aménagement intégré du bassin versant de l'Oued Mina est exécuté en coopération technique Algéro-Allemande entre le Ministère de l'Agriculture de la République Démocratique et Populaire Algérienne et la "Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, GmbH (GTZ)". Le projet a comme but le développement de mesures adaptés à l'amélioration de la protection des ressources naturelles comme l'eau et le sol dans la région montagneuse du Tell Algérien. Entre autre le développement et le test de mesures antiérosives sont compris comme buts essentiels.

Dans ce cadre le Institut für Wasserbau und Kulturtechnik, Université de Karlsruhe, en coopération avec l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques, Alger, est chargé de quantifier et décrire l'érosion par mesures sur place.

Etudes de la sédimentation d'une retenue demandent des bilans de matières longue à moyen terme. Des mises en équation de modèle appropriées simples pour cela sont: USLE (Wischmeier & Smith 1978), MUSLE (Williams, J.R. 1975), et d'autres. Cependant toutes ces mises en équation nécessitent une série de paramètres à l'origine non physique, qu'il faut déterminer par de longues séries d'expériences naturelles ou bien par simulation. Depuis peu de temps seulement des efforts pareils sont fait en Algérie et par conséquent il n'y a pas encore de résultats disponibles.

Dans le Projet Oued Mina la description du bilan solide se fait donc à partir de mises en équation de modèles déterministes à la base physique. Ces mises en équations sont très proches du processus physique. Une extrapolation des résultats sur des périodes longues serait donc possible.

La recherche de paramètres des modèles d'érosion déterministes requiert une quantité de données suffisante à haute résolution temporaire. Souvent les données acquises par parcelles expérimentales continues ne répondent pas à ces exigences à cause de la faible quantité de pluies érosives et l'acquisition dispendieuse des conditions secondaires. Fréquemment des simulateurs de pluie sont utilisés pour la génération de données de calibrage suffisamment fiable. Dans le cadre de l'étude décrit ci-joint un simulateur de pluie était donc appliqué. Ce simulateur a été procuré du Institut für Wasserbau und Kulturtechnik (IWK) par le projet de recherche interdisciplinaire "Prognosemodell für die Gewässerbelastung landwirtschaftlicher Einzugsgebiete".

L'utilisation d'un simulateur de pluie offre les avantages suivants: disponibilité rapide de données, conditions secondaires contrôlées, meilleure transmissibilité des résultats par rapport aux événements d'érosion naturels, étude isochrone de différents états de couverture végétale et de sol, évaluation indépendant du temps de différents mesures de façon culturale, haute résolution du ruissellement de surface, du taux d'infiltration et de la concentration de sédiment.

* Institut für Wasserbau und Kulturtechnik, Universität Karlsruhe, Kaiserstr.12, D-7500 Karlsruhe, RFA

** Institut für Geographische Wissenschaften der Freien Universität Berlin, Grunewaldstr. 35, D-1000 Berlin 41

*** Institut Nationale d'Enseignement Supérieur, INES, Agronomie, B.P. 167, Chlef, Algérie

La mise en équation de modèle déterministe à l'origine physique (E2D - Schmidt 1990) est donc appliqué pour la description de l'érosion sur des segments de pentes, après avoir précisé les paramètres nécessaires à l'aide d'un grand simulateur de pluie moderne. Par Alignement avec mesures naturelles de plusieurs années dans la zone du projet une vérification des calculs de modèle est possible.

Description du grand simulateur de pluie

Le Simulateur de pluie de l'IWK consiste de 10 unités identiques, chacune capable d'arroser une superficie de 2,0x4,5 m. Par agencement de deux unités dans un groupe des parcelles expérimentales large de 4 m et longue de 22,5 m peuvent être arrosées. Cependant la composition modulaire de l'installation permet aussi l'utilisation sur des parcelles à dimensions différentes. Sur la construction de support de chaque unité 3 modules de gicleurs sont placés. La distance entre les modules individuels est de 1,5 m. Les unités et modules individuels peuvent être mises en service indépendamment l'un de l'autre comme infiltromètre à gicleur, ou dans un laboratoire.

Un module se compose d'un bassin d'eau avec vanne à flotteur, de la buse, d'un électroréducteur pour agiter la buse et de collecteurs pour recycler l'eau d'arrosage excédentaire, au moment quand les buses restent dans les points d'arrêt du dispositif de pivotement. Comme buses on utilise des Veejet 80/100, qui à cause de la comparabilité du spectre de gouttes et du contenu énergétique avec des pluies naturelles sont devenus un quasi-standard pour la simulation de pluie (Foster, et al. 1982). Vu qu'il s'agit d'une buse à jet laminaire il la faut pivoter au-dessus de la surface d'arrosage afin d'atteindre une répartition égale de la pluie. Les gicleurs sont situés à 3 m d'altitude au-dessus de la surface d'arrosage. La pression des buses ne se règle pas, comme pour la plupart des simulateurs de pluie, par des vannes de détente, mais par la pression d'air dans les réservoirs d'eau. La pression est assurée par un petit compresseur, le réglage se fait par un détendeur central à la partie base de l'installation. Par conséquent la pression des buses est indépendante de la hauteur géodésique différente sur des pentes très raides. En plus la pression peut être variée pour l'adaptation du spectre de gouttes. Les mouvements oscillants des électroréducteurs sont contrôlés par une unité de commande. L'intensité de la pluie peut être variée par changement de la vitesse de rotation, ainsi que du temps de séjour dans les points d'arrêt.

Des recherches préalables importantes ont été effectuées pour la détermination de la répartition de la pluie pour des pressions, des vitesses de rotation et des temps de séjour dans les points d'arrêt variés. Pour cela toute l'installation a été montée dans le laboratoire de l'Institut. La quantité de pluie a été déterminée à l'aide de récepteurs installés tous les 0,5 m. Le spectre, la répartition de la taille et la vitesse de chute des gouttes du gicleur Veejet 80/100 ont été analysés avec un minisimulateur de pluie du Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft, Karlsruhe. A partir de ces valeurs le contenu énergétique de la pluie simulée a été calculé.

L'homogénéité de la répartition de la pluie ainsi que des contenus énergétiques comparable des pluies naturelles et simulées sont des facteurs importants en cours de la réalisation des expériences d'arrosage pour la détermination des paramètres de modèles de simulation. Une relation établie par BRANDT 1989 montre une bonne cohérence des contenus énergétiques des pluies naturelles en fonction de l'intensité de la précipitation.

Cette formule, établie sur la base d'une répartition d'après MARSHALL - PALMER, montre une bonne cohérence des résultats de calcul avec les observations longue terme, non seulement pour la région de Karlsruhe mais aussi pour la région tropicale (BRANDT 1989). La validation de cette relation pour la région maghrébine reste à faire, mais vu la bonne adaptation aux conditions européennes et aussi tropicales cette démarche paraît justifiée.

Une comparaison de l'énergie cinétique de la pluie simulée et naturelle montre une concordance satisfaisante avec les résultats d'après WISCHMEIER et SMITH pour des pluies avec $I > 30$ mm/h et une pression du gicleur de 0,5 bar. Une meilleure concordance avec la relation de d'après BRANDT pourrait être atteint par une augmentation de la pression du gicleur. L'augmentation de la pression livre une forme de gouttes plus fine. A cause du rendement des tuyères augmenté il faut pour une même intensité augmenter la durée de rotation des gicleurs, ce qui mène à une pause indésirablement grande entre les cycles d'arrosage.

Mise en équation du modèle E2D

L'érosion apparaît uniquement, quand les forces extérieures surmontent la résistance contre le cisaillement du sol. La dernière est composée de cohésion, frottement intérieur et gravitation, les forces de cisaillement résultent du ruissellement de surface et de la chute des gouttes.

Le ruissellement et la précipitation ont en même temps des effets solvants et de transport. Schmidt (1990) introduit le courant d'impulsion comme grandeur significative pour l'érosivité du ruissellement de surface et de la précipitation.

Une distinction théorique ou par technique de mesure des différents composants est impossible à cause de l'hétérogénéité de la surface du sol et l'influence mutuelle. Pour cette raison et en simplifiant on additionnait le courant d'impulsion du ruissellement φ_q et celui des gouttes tombant φ_r . Ensuite on comparait cette valeur avec le courant d'impulsion critique φ_{crit} au début de l'érosion.

Le courant d'impulsion exigé par le ruissellement de surface φ_q est défini comme:

$$\varphi_q = q \rho_q \Delta y v_q \quad (1)$$

avec q = ruissellement par unité de largeur [$m^3/(m s)$]
 ρ_q = densité du liquide [kg/m^3]
 Δy = largeur du segment de la pente [m]
 v_q = vitesse moyenne apparente dans le versant [m/s]

Le ruissellement q d'un versant est égale à la somme du ruissellement du versant considéré et l'afflux de celui situé au-dessus:

$$q = (r \cos\alpha - i) \Delta x + q_{in} \quad (2)$$

avec r = intensité de la précipitation [m/s]
 α = inclinaison de la pente [-]
 i = taux d'infiltration [m/s]
 Δx = longueur du segment [m]
 q_{in} = afflux du segment supérieur [$m^3/(m s)$]

La vitesse apparente moyenne v_q dans l'équation (2) est dérivée de l'équation du ruissellement de MANNING/STRICKLER pour canaux rectangulaires d'une grande extension:

$$v_q = \frac{1}{n} \delta^{2/3} S^{1/2} \quad (3)$$

avec n = coefficient de rugosité d'après MANNING [s/m^{1/3}]
 S = inclinaison de la pente [m/m]
 δ = hauteur du ruissellement [m] de:

$$\delta = \left(\frac{q n}{S^{1/2}} \right)^{3/5} \quad (4)$$

Cette formule n'est strictement valable que pour un ruissellement homogène de rigoles. Sa validité pour le calcul du ruissellement à la surface de versants a cependant été prouvée par le biais de différents essais (EMMETT 1970, PEARCE 1976 dans SCHMIDT 1991).

Analogue à l'équation (1) le courant d'impulsion provoqué par les gouttes de pluie φ_r est défini comme:

$$\varphi_r = r \cos\alpha \Delta x \Delta y \rho_r v_r \quad (5)$$

avec v_r = vitesse moyenne de chute des gouttes [m/s]

L'influence du recouvrement du sol, qui sert de protection contre l'impact des gouttes de pluie, est prise en compte grâce au degré de recouvrement du sol L . Il est exprimé comme la part de la surface recouverte de plantes A_{leaf} par rapport à la surface totale A .

On obtient donc finalement:

$$\varphi_r = r \cos\alpha \Delta x \Delta y \rho_r v_r (1 - L) \quad (6)$$

D'après LAW et PARSONS (1943) on peut déterminer la vitesse moyenne de chute des gouttes en fonction de l'intensité de la précipitation avec l'équation suivante:

$$v_r = 4.5 r^{0.12} \quad (7)$$

Le transport des particules de sol détachés nécessite un écoulement minimal q_{crit} . Pour l'état-limite du début de l'érosion on peut de même déterminer le courant d'impulsion φ_{crit} .

$$\varphi_{crit} = q_{crit} \rho_q \Delta y v_q \quad (8)$$

Il faut évaluer le ruissellement q_{crit} des sols considérés par expériences. v_q peut être calculé avec équation (3).

Le coefficient d'érosion E déterminé par comparaison des courants d'impulsions extérieurs et du courant d'impulsion critique:

$$E = \frac{\varphi_q + \varphi_r}{\varphi_{crit}} \quad (9)$$

indique, s'il y a ou pas d'arrachement de matières solides. Pour $E > 1$ il y a arrachement de sol. Les forces extérieures dues à l'impact des gouttes de pluie et au ruissellement de surface surmontent la résistance contre l'érosion du sol. Il n'y a pas d'érosion pour $E \leq 1$. Pour un état sans écoulement ($\varphi_q = 0$) on définit $E < 1$, car l'érosion provoquée par la chute des gouttes seulement est considérée comme négligeable.

SCHMIDT (1988) déterminait par expériences au laboratoire une relation entre le transport solide q_s et le coefficient d'érosion E , qui peut être représentée par l'équation empirique suivante:

$$q_s = (1.5 E - 1.5) 10^{-4} \quad (10)$$

Par l'influence de la gravité les particules détachés descendent. Un composant vertical du courant doit diminuer ou empêcher ce mouvement afin de pouvoir transporter ce matériel de sol détaché. La vitesse de descente d'une particule seul peut être exprimé par l'équation de STOKES:

$$v_p = \frac{1}{18} g \frac{(\rho_p - \rho_q)}{\eta} D^2 \quad (11)$$

avec v_p = vitesse de descente des particules [m/s]
 D = diamètre des particules [m]
 ρ_p = densité des particules [kg/m³]
 ρ_q = densité du liquide [kg/m³]
 η = viscosité dynamique du liquide [m²/s]

Analogue au courant d'impulsion critique du ruissellement de surface on obtient donc le courant d'impulsion critique des particules suspendus $\varphi_{p,crit}$.
On estime le composant du courant d'impulsion $\varphi_{q,vert}$, qui s'oppose au mouvement de descente, comme partie du courant d'impulsion total du ruissellement de surface et de la chute des gouttes:

$$\varphi_{q,vert} = \frac{1}{\kappa} (\varphi_q + \varphi_r) \quad (12)$$

avec κ = coefficient de dépôt [-]

κ est un coefficient à détermination empirique, qui dépend largement de la taille des particules du matériel dissolu. D'après (SCHMIDT 1990) les valeurs pour κ ont l'ordre de grandeur de $1,5 \cdot 10^{3,2}$.

La capacité de transport atteinte, on obtient par la condition

$$\varphi_{p,crit} = \varphi_{q,vertical} \quad (13)$$

la concentration de particules maximale

$$c_{max} = \frac{1}{\kappa} \frac{(\varphi_q + \varphi_r)}{\rho \Delta x \Delta y v_p^2}$$

La capacité de transport se calcule donc à:

$$q_{s,max} = c_{max} \rho_p q \quad (15)$$

avec c_{max} = concentration des particules pour capacité de transport [-]

L'érosion et le dépôt pour un segment de versant sont alors exprimés par le bilan suivant:

$$e = \left(\frac{q_{s,in} - q_{s,out}}{\Delta x \Delta y} \right) \Delta y T \quad (16)$$

Si la capacité de transport du ruissellement en surface est inférieure à la quantité de sédiments présents $q_{s,max} \leq q_s$, ce qui suit est valable:

$$\varepsilon = \left(\frac{q_{s,max,in} - q_{s,max,out}}{\Delta x \Delta y} \right) \Delta y T \quad (17)$$

avec ε = érosion ($\varepsilon < 0$) ou dépôt ($\varepsilon > 0$) [kg/m²]
 $q_{s,in}$ = transport de solide du segment supérieur au segment considéré [kg/(m s)]
 $q_{s,out}$ = transport de solide du segment considéré [kg/(m s)]
 T = intervalle de temps [s]

Pour $q_{s,max,in} > q_{s,max,out}$, la quantité de matière apportée dans le segment considéré est supérieure à la quantité enlevée. Le segment du versant est une surface d'accumulation.

Calibrage de modèle pour la parcelle de mesure de Mehallet

De février à mars 1991 trois expériences de simulation de pluie et une de ruissellement ont été réalisées sur la parcelle expérimentale de Mehallet. La parcelle de mesure de Mehallet est installée sur un espace utilitaire agricole. Le sol consiste de sol brun calcaire vertique à marne avec une teneur en argile d'environ 50%.

Pendant la période des expériences la parcelle était ^{hve} /sauf quelques paillis en jachère. Le sol a été travaillé (biné) la dernière fois quelques semaines avant la période des expériences. A cause du grand nombre de macropores le ruissellement restait relativement faible pendant la première expérience de simulation de pluie le 26.02.1991. Avec la deuxième séance le 03.03.1991 seulement, on atteignait le taux d'infiltration final à environ 6 mm/h. Avant le troisième arrosage le 08.03.1991 la parcelle était binée de nouveau et on a arrangé quatre rainures dans le sens de la pente avec une distance de 1,0 m entre eux. Pendant l'expérience suivante le taux d'infiltration surmontait l'intensité de simulation de pluie de 26,5 mm/h pendant une heure. Même après 75 minutes d'arrosage le ruissellement restait si faible qu'il n'était impossible de mesurer aucune érosion. La série d'expérimentation était terminée le lendemain par un essai de ruissellement.

Les mesures de ruissellement se faisaient avec un déversoir - type HS-Flume d'après BOS. Pendant l'expérience on mesurait le débit et prélevait des échantillons des eaux de ruissellement à la sortie du déversoir dans des intervalles de temps préfixées. Les différentes valeurs étaient contrôlées par le débit total retenu dans les réservoirs collecteurs. L'intensité était contrôlée par pluviomètre et considérée comme constante pendant la durée de l'essai.

Les paramètres d'entrée du modèle sont décrits dans l'annexe.

Pour la détermination de la résistance à l'érosion φ_{crit} des expériences de simulation de pluie, on variait la valeur de φ_{crit} pour une rugosité fixe, jusqu'à ce que l'érosion calculée par E2D correspondait au courant de masses q_s mesuré.

Pour les expériences de ruissellement on a donné quatre rainures dans le sens de la pente. Un afflux constant de 4*0,125l/s était conduit sur le bord supérieur de la parcelle. Par laquage du sol dans la zone d'afflux on empêchait l'érosion de cette partie. Au contraire des essais de simulation de pluie le ruissellement de surface diminuait continuellement dans le sens de la pente. L'observation du courant d'impulsion critique φ_{crit} se fait donc uniquement pour les conditions à la fin de la parcelle (longueur du segment = 1,0m, largeur du segment = largeur de la parcelle = 4,0m). Ce segment pourrait être considéré, dans le sens figuré, comme tronçon de contrôle pour l'érosion.

En appliquant les hypothèses de modèle décrit en haut, on peut déterminer φ_{crit} à partir des valeurs du ruissellement q , de la vitesse apparente v , du courant des masses q_s , et du coefficient d'érosion E .

En faisant le rapport du courant des masses des 4 rainures sur une largeur de chaque fois 1,0m, on obtient des valeurs pour le courant d'impulsion critique correspondant à celles des expériences d'arrosage. Cela démontre la validité de la démarche. Apparemment la simulation de fortes pluies est imitée par l'installation des quatre rainures. La densité d'une rainure par mètre coïncide avec les mesures en cours des expériences d'arrosage pour la détermination des paramètres de modèle de WEPP (Gilley, J.E. et al. 1990). Là on a mesuré des densités de 0,7 à 1,5 rainures par mètre à la fin de la parcelle. Comme densité moyenne de toutes les expériences on a déterminé la valeur de 1,0 rainures par mètre.

Discussion des résultats et perspective sur travaux ultérieurs:

Le changement du courant d'impulsion critique φ_{crit} de valeurs autour de $0,25 \cdot 10^{-3}$ N à des valeurs autour de $0,70 \cdot 10^{-3}$ N jusqu'à $0,75 \cdot 10^{-3}$ N pour les expériences suivantes, s'explique probablement par l'augmentation de la cohésion suite à l'augmentation de la teneur en eau (voir SCHMIDT 1990). Sans doute cette hypothèse reste à être justifiée par des expérimentations adaptées (Essai avec minisimulateur de pluie).

Une calibration du coefficient de dépôt κ pour les marnes reste à faire, car jusqu'à présent l'arrangement des expériences n'est pas apte à obtenir la capacité de transport $q_{s,max}$ à la sortie de la parcelle. Ici, la capacité de transport d'après YALIN (1963, dans SCHMIDT 1990) revient à $q_{s,max} = 2,5 \text{ kg/(m s)}$, ceci étant supérieur de 10^3 par rapport aux valeurs obtenues jusqu'à présent. Il faut donc encore réaliser des expériences adéquates, sur des pentes à faible inclinaison en rajoutant de l'afflux chargé, pour la validation du coefficient de dépôt κ .

L'importance de la façon culturale pour l'augmentation de l'infiltration et ensuite pour la diminution de l'érosion est démontrée par les résultats de l'expérience d'arrosage Mehallet_3 du 08.03.1991. Sous les conditions prédominantes le labourage pourrait avoir, aussi ici, une grande importance pour la conservation du paysage, ce qui n'était pas encore suffisamment pris en compte pour cette région.

Des expériences ultérieures de simulation de pluie pour la détermination des paramètres de sol, sur les sols prédominants de la région sont prévues. En plus, la variabilité spatiale des paramètres de modèle sera recherchée à partir d'expériences d'arrosage avec des mini-simulateurs modifiés type ORSTOM et d'autres expériences de ruissellement.

Bibliographie

- ASTALOSCH, R. (1991): Berechnungsversuche zur Parameterbestimmung zeitlich differenzierter Erosionsmodelle. Unveröffentlichte Vertiefungsarbeit; Institut für Wasserbau und Kulturtechnik; Universität Karlsruhe.
- BRANDT, C. J. (1989). Simulation of kinetic energy of rainfall under vegetation. Paper presented to Brit.Geom. Res. Group Symp. on Vegetation and Geomorphology. Bristol, UK.
- FOSTER, G. R.; NEIBLING, W. H., NATTERMANN, R. A. (1982): A programmable rainfall simulator. ASAE paper No. 82-2570. St. Joseph, MI.
- GILLEY, J.E., KOTTWITZ, E.R., SIMANTON, J.R. (1990): Hydraulic Characteristics of Rills, Transactions of the ASAE, Vol. 33(6).
- MARSHALL, J.S.; PALMER, W. (1948): The distribution of raindrops with size. J. Meteorol. 5.165.
- PASCHEN, H. (1989): Vom integrierten Erosionsschutz zur Bewirtschaftung eines Wassereinzugsgebietes am Beispiel des Oued Mina - Entwicklung einer algerisch-deutschen Zusammenarbeit, Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, Vol. 30(5), 1989, Parey, Berlin und Hamburg.
- SCHMIDT, J. (1988): Wasserhaushalt und Feststofftransport an geneigten, landwirtschaftlich bearbeiteten Nutzflächen, Diss. FU Berlin.
- SCHMIDT, J. (1989): EROSION-2D; Computer-gestützte Simulation der Bodenerosion auf landwirtschaftlichen Nutzflächen; Bedienungs-Handbuch, Fachbereich Geowissenschaften, FU Berlin.
- SCHMIDT, J. (1991): A mathematical model to simulate rainfall erosion, Catena Suppl. 19, Braunschweig.
- SCHMIDT, J. (1991): Modelling long-term soil loss and landform change. Workshop on the Hydraulics and Erosion Mechanics of Overland Flow, University of Keele, Keele, Staffordshire, England, 8-12 July, 1991, University College London Press (à paraître).
- SCHRAMM, M. (1990): Feldversuche zur Validierung von Ansätzen zur Modellierung der Bodenerosion, BMFT-Verbundprojekt "Prognosemodell für die Gewässerbelastung durch Stofftransport aus einem kleinen ländlichen Einzugsgebiet", Erste Zwischenpräsentation am 15./16. November 1990, Karlsruhe.
- WILLIAMS, J.R. (1975): Sediment Routing for Agricultural Watersheds, in: Water Resources Bulletin, Vol.11, No.5, October 1975.
- WISCHMEIER, W.H.; SMITH, D.D. (1978): Predicting rainfall erosion losses; A guide to conservation planning, U.S. Dept. of Agriculture, Agriculture Handbook, No. 537, Washington, 1978.

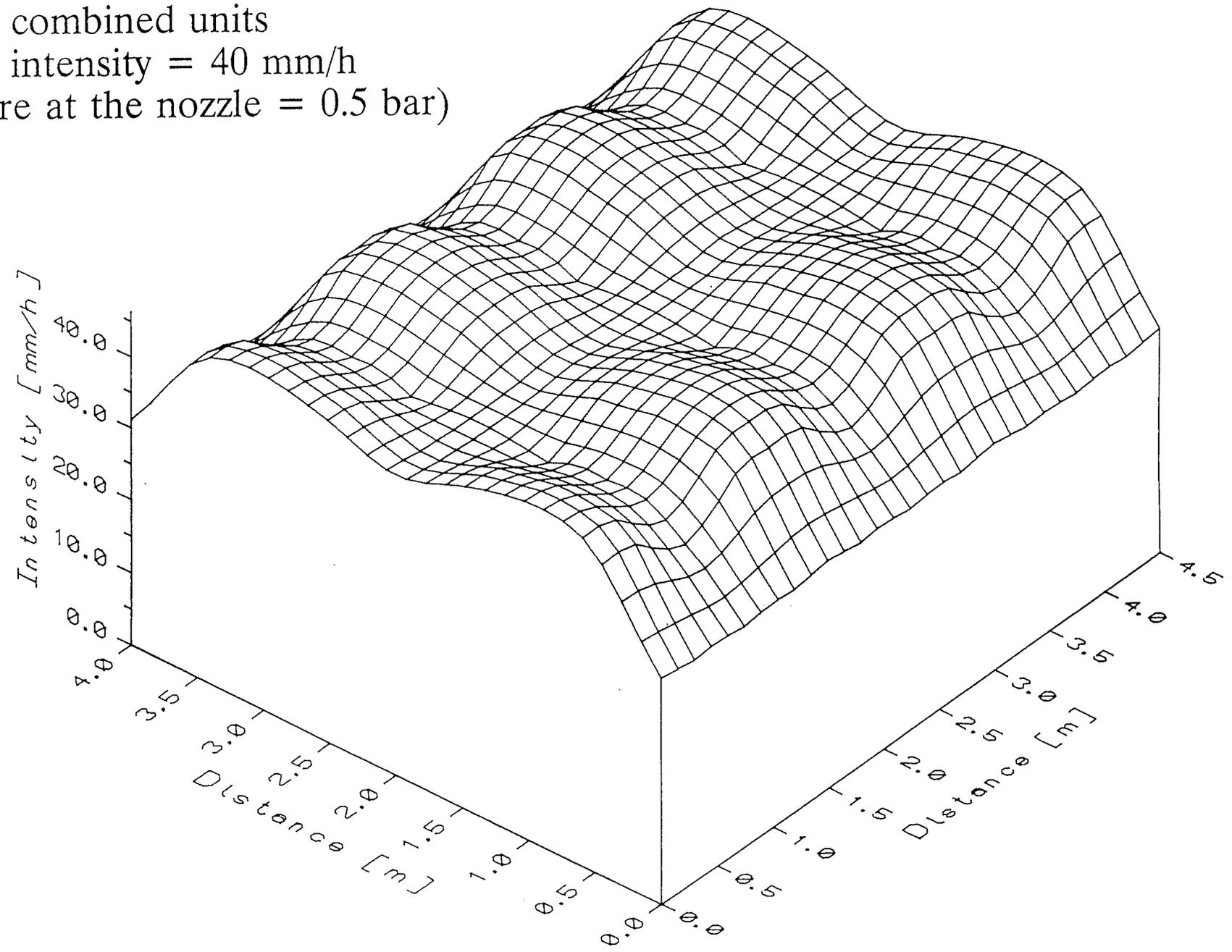
Validation du modèle d'érosion à l'origine physique -E2D- dans la zone de marnes de l'Oued Mina au nord de l'Algérie

Annexe 1: Le simulateur de pluie de l'IWK sur la parcelle MEHALLET

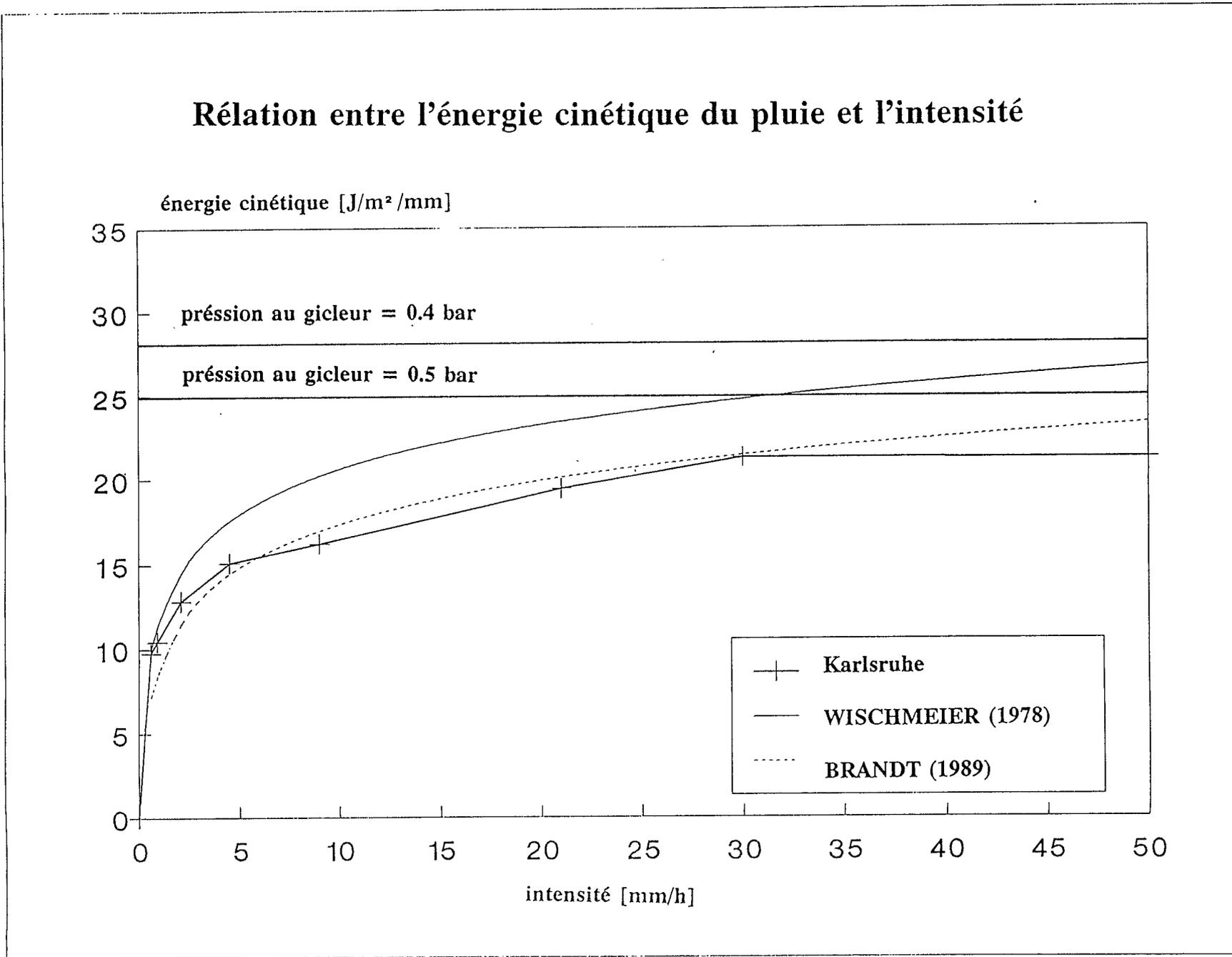


Annexe 2: La distribution de l'intensité avec deux modules de simulateur de pluie de l'IWK

Distribution of the intensity
of two combined units
(mean intensity = 40 mm/h
pressure at the nozzle = 0.5 bar)



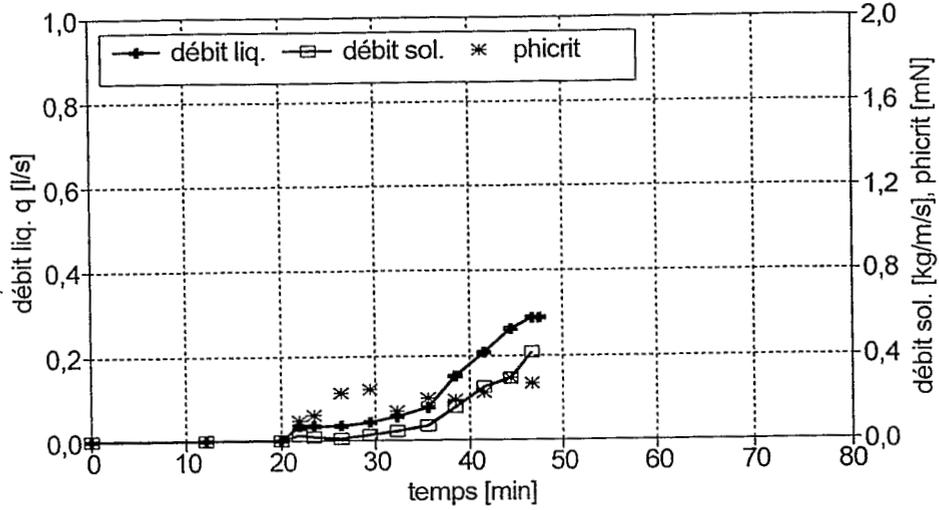
Annexe 3: Relation entre l'énergie cinétique du pluie et l'intensité



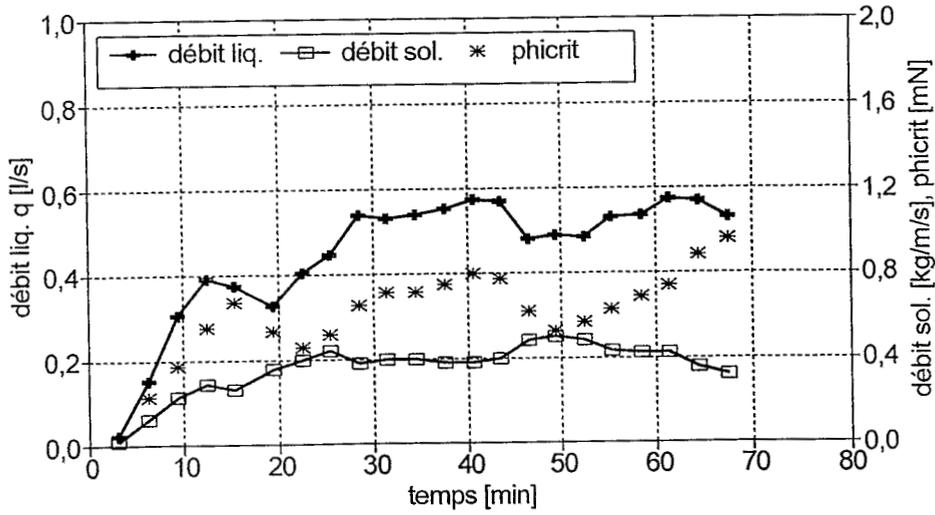
Validation du modèle d'érosion à l'origine physique -E2D- dans la zone de marnes de l'Oued Mina au nord de l'Algérie

Annexe 4: Les résultats de simulation de pluie sur la parcelle MEHALLET

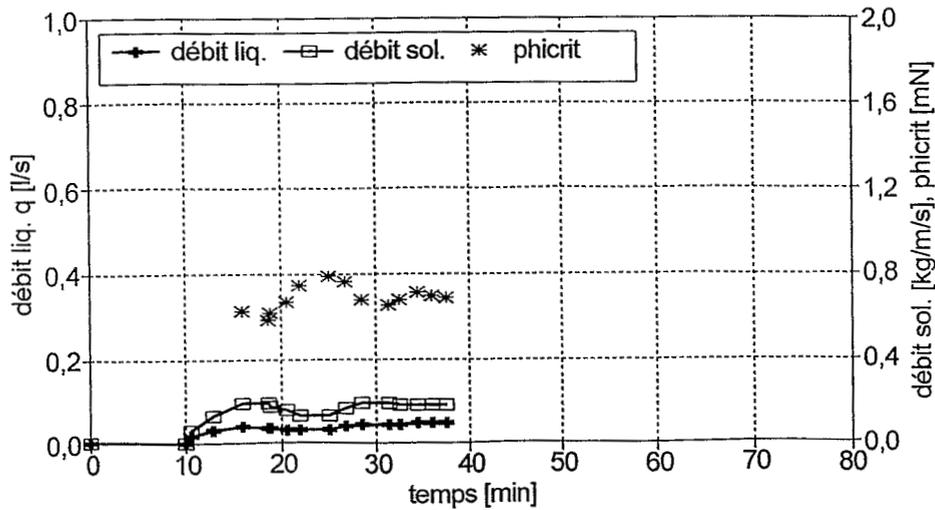
Mehallet 26.02.1991
I = 30,6 mm/h



Mehallet 3.03.1991
I = 30,8 mm/h



Mehallet 9.03.1991
afflux 4 * 0,125 l/s



**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Gomer, D.; Schramm, M.; Schmidt, J.; Touaibia, B. - Validation du modèle d'érosion à l'origine physique E2D dans la zone de marnes de l'Ouèd Mina au nord de l'Algérie, pp. 373-385, Bulletin du RESEAU EROSION n° 12, 1992.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr